



Data dan Informasi Dampak Perubahan Iklim Sektor Kesehatan Berbasis Bukti di Indonesia

Data dan Informasi Dampak Perubahan Iklim Sektor Kesehatan Berbasis Bukti di Indonesia

Desember 2021

Pengarah

1. Ir. Doddy Izwardy, M.A.
2. drg. Vensya Sitohang, M.Epid.
3. Dr. drh. Didik Budianto, M.Kes.
4. Joko Waluyo, S.T., M.Sc. P.H.
5. Dr. Dodo Gunawan, D.E.A.
6. Dr. Ardhasena Supaheluwakan
7. Prof. Dr. D. Anwar Musadad, M.Kes.

Penanggung Jawab

Dra. Athena, M.Si; Cahyorini, S.T, M.T

Data iklim dan cuaca

Dr. Dodo Gunawan, D.E.A.; Dr. Ardhasena Supaheluwakan; Kadarsah, M.Si.; Mamenun, M.Si.; M. Agung Fauzi, S.Si.; Yuni Kartika, S.Si; Sabilla Cahyaning Janna, S.Si.

Data demografi berbasis kelompok umur

Ikrom Mustofa, S.Si, M.Sc., Dra. Athena, M.Si., Dr. Ir. Bambang Setiaji, M.Kes.

Penyakit Tular Vektor (Dengue dan Malaria)

Pandji Dhewantara, S.Si, MIL, Ph.D.; Rina Marina, S.Si, M.K.M.; Jusniari Ariati, S.Si., M.Si.; Lulus Susanti, S.K.M., M.P.H.; Triwibowo A. Gardjito S.Si, M.Kes, Ph.D; Rita Ariyati, S.K.M., M.M.; Sri Budi Fajariyani, S.K.M.; Any Adelina Hutauruk, S.K.M., M.Sc.P.H.; Dr. Suwito, S.K.M., M.Kes.; Dr. drh. Sugiarto, M.Si.; drh. Siti Ganefa Pakki, M.Kes.; drh. Zainal Khoirudin; Syafararisa Dian Pratiwi, S.Si.; Edy Purwanto S.K.M., M.Kes.; Dr. dr. Teti Tejayanti, M.K.M.

Penyakit Tular Udara (Pneumonia dan Infeksi Saluran Pernapasan Akut)

Cahyorini, S.T, M.T.; Dra. Athena M.Si.; Eva Laelasari, S.Si, M.K.K.K.; M Edy Hariyanto, S.K.M., M.Epid.; Sabilla Cahyaning Janna, S.Si.; Itsnaeni Abbas, S.P., M.P.

Penyakit Tular Udara (Tuberkulosis)

Tities Puspita, S.Si, M.P.H.; dr. Anton Suryatama, M.K.M.; Oster Suriani Simarmata, S.K.M., M.K.M.; Fitri Yusti Andini, S.Si.; Sulisty, S.K.M., M.Epid; dr. Tiffany Tiara Pakasi, M.A.

Penyakit Tular Air (Diare)

Prof. Sri Irianti, S.K.M., M.Phil, Ph.D.; Puti Sari Hidayangsih, S.K.M., M.Sc.PH; Ika Dharmayanti, S.K.M., M.Env; Khadijah Azhar, S.K.M., M.Kes.; Dr. Dwi Hapsari, S.K.M., M.Kes.; drg. Antony Azarsyah, M.K.; Dr Miko Hananto, S.K.M., M.Kes.; Kristin Darundiyah, S.Si., M.Sc., P.H.; Kadarsah, M.Si.; Heny Lestary, S.K.M., M.K.M.; Dr. Joko Irianto, M.Kes.; Andre Yuniyanto, S.Si.; Ikrom Mustofa, S.Si., M.Sc.

Gizi dan Makanan

Dr. Agus Tri Winarto, SKM, MKM; Bunga Christita Rosha, S.Sos, M.Si; Rika Rachmalina, S.P, M.Gizi; Dra. Athena M.Si.; Revia Muharrami, S.Si.

Tim Pakar

Perdinan, Ph.D, M.N.R.E.; Pandji Dhewantara, S.Si., MIL, Ph.D.; Dra. Athena M.Si.; Cahyorini, S.T, M.T.; Tities Puspita, S.Si, M.P.H.; Puti Sari Hidayangsih, S.K.M., M.Sc.P.H.; Dr. Agus Tri Winarto, SKM, MKM

Editor

Drs. Bambang Wispriono, Apt., Ph.D; Dr. dr. Felly Philipus Senewe, M.Kes

Desain Cover dan Lay Out

Nowo Setiyo R, S.Sn.; Ginoga Veridona, S.Kom, M.K.M.

Foto Cover:

©UNICEF/UN0421878/Wilander



Data dan Informasi Dampak Perubahan Iklim Sektor Kesehatan Berbasis Bukti di Indonesia

KATA PENGANTAR



Kami panjatkan puji dan syukur kepada Allah Swt, karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya kami dapat menyelesaikan Buku **Data dan Informasi Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kesehatan di Indonesia**. Seperti kita ketahui bersama bahwa pemanasan global dan perubahan iklim telah terjadi baik di tingkat lokal, regional maupun global. Sektor kesehatan, merupakan sektor yang mendapat beban ganda, yaitu sebagai dampak langsung terhadap kesehatan maupun dampak tidak langsung melalui sektor lain. Jika dibiarkan, perubahan iklim akan berpengaruh terhadap kesehatan generasi sekarang dan pada masa yang akan datang, dan menjadi beban bagi sistem kesehatan, serta dapat menghambat pencapaian *Sustainable Development Goals (SDGs)* dan *Universal Health Coverage (UHC)*.

Buku ini menyajikan data dan informasi hasil analisis berbagai kasus (pola) penyakit terkait dampak perubahan iklim retrospektif (dalam kurun waktu 10 tahun) untuk mengidentifikasi dampak; yang dapat digunakan sebagai data dasar atau baseline bagi para pengambil keputusan di tingkat Pusat maupun Daerah dalam menetapkan Adaptasi Dampak Perubahan Iklim Bidang Kesehatan (APIK).

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada UNICEF Indonesia dan SPEAK Indonesia yang telah memfasilitasi persiapan buku ini. Tidak lupa, kami juga ingin menyampaikan terima kasih kepada Konsultan studi secara keseluruhan dan Tim pengembangan studi, yang telah bekerja dengan sungguh-sungguh, sehingga studi ini dapat diselesaikan tepat waktu.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dan kelemahan di dalam buku ini, sehingga dengan segala kerendahan hati kami menerima kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaannya. Bentuk *softcopy* buku ini juga dapat diunduh melalui website Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan dengan alamat : www.litbangkes.depkes.go.id

Billahitaufiq walhidayah, Wassalamualaikum Wr. Wb

Jakarta, Desember 2021
Kepala Puslitbang
Upaya Kesehatan Masyarakat

Ir. Doddy Izwardy, MA



DAFTAR ISI

BAB I: PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	2
1.2 TUJUAN DAN SASARAN	10
1.3 STRUKTUR DAN PEMANFAATAN	11
1.4 REFERENSI	12
BAB II: GAMBARAN PERUBAHAN IKLIM	14
2.1 KONDISI IKLIM DI INDONESIA	15
2.2 ANOMALI SUHU UDARA	15
2.3 INDIKASI PERUBAHAN IKLIM DI INDONESIA	19
2.4 FAKTOR PENYEBAB PERUBAHAN IKLIM	20
2.5 KETERKAITAN PERUBAHAN IKLIM	22
2.6 REFERENSI	23
BAB III: DEMOGRAFI DATA BERBASIS KELOMPOK UMUR	24
3.1 STRUKTUR DEMOGRAFI BERBASIS KELOMPOK UMUR	25
3.2 PEMETAAN SPASIAL PENDUDUK INDONESIA	26
3.3 KETERKAITAN DEMOGRAFI BERBASIS KELOMPOK UMUR	28
3.4 REFERENSI	29
BAB IV: PENYAKIT TULAR VEKTOR: MALARIA DAN DENGUE	30
4.1 PENDAHULUAN	31
4.2 DATA DAN METODE	35
4.3 HASIL DAN DISKUSI	38
4.4 KESIMPULAN	46
4.5 REFERENSI	48
BAB V: PENYAKIT TULAR UDARA: PNEUMONIA DAN ISPA	52
5.1 PENDAHULUAN	53
5.2 DATA DAN METODE	57
5.3 HASIL DAN DISKUSI	59
5.4 KESIMPULAN	69
5.5 REFERENSI	70
BAB VI: PENYAKIT TULAR UDARA: TUBERKULOSIS	72
6.1 PENDAHULUAN	73
6.2 DATA DAN METODE	79
6.3 HASIL DAN DISKUSI	82
6.4 KESIMPULAN	88
6.5 REFERENSI	89
BAB VII: PENYAKIT TULAR AIR: DIARE	92
7.1 PENDAHULUAN	93
7.2 DATA DAN METODE	100
7.3 HASIL DAN DISKUSI	103
7.4 KESIMPULAN	112
7.5 REFERENSI	113

CONTENT

BAB VIII: GIZI BALITA	116
8.1 PENDAHULUAN	117
8.2 DATA DAN METODE	124
8.3 HASIL DAN DISKUSI	127
8.4 KESIMPULAN	129
8.5 REFERENSI	130
BAB IX: KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	132
9.1 KERENTANAN SOSIAL-EKONOMI AKIBAT PERUBAHAN IKLIM DI INDONESIA	133
9.2 RINGKASAN KETERKAITAN RISIKO PENYAKIT AKIBAT PERUBAHAN IKLIM	133
9.3 ARAHAN DAN PRIORITAS	134

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1.1.1.	Dampak perubahan iklim terhadap kesehatan manusia	2
GAMBAR 1.1.2.	Diagram alir daya pemicu kejadian penyakit akibat perubahan iklim dan dampak fenomena tersebut terhadap kesehatan (Kemenkes, 2019)	3
GAMBAR 1.1.3.	Gambaran umum tentang risiko kesehatan yang sensitif terhadap iklim, jalur paparannya, dan faktor kerentanannya (WHO, 2021a)	4
GAMBAR 1.1.4.	Penyakit-penyakit yang teridentifikasi berhubungan dekat dengan fenomena perubahan iklim (HNAP, 2019)	4
GAMBAR 1.1.5.	Regulasi terkait penanggulangan dampak perubahan iklim pada sektor kesehatan	7
GAMBAR 1.1.6.	Visualisasi dari data resolusi temporal yang digunakan dalam penelitian ini	8
GAMBAR 2.1.1.	Tiga tipe pola curah hujan (Aldrian dan Susanto (2003))	15
GAMBAR 2.2.1.	Anomali dan suhu rata-rata tahunan Indonesia (BMKG)	16
GAMBAR 2.2.2.	Sebaran snomali suhu rata-rata tahunan 2020 terhadap periode 1981-2010	16
GAMBAR 2.2.3.	Sebaran selisih suhu rata-rata tahun 2020 dan tahun 2019	16
GAMBAR 2.2.4.	<i>Trend</i> peningkatan suhu global dan Indonesia tahun 1981-2020	17
GAMBAR 2.2.5.	<i>Trend</i> indeks ekstrem TX90P, TX10P, TN90P dan TN10P di Indonesia	17
GAMBAR 2.2.6.	<i>Trend</i> peningkatan indeks ekstrem Suhu Rata-rata maksimum tahunan (TXmean) dan suhu rata-rata minimum tahunan (TNmean) di Indonesia (Aldrian dan Susanto (2003))	18
GAMBAR 2.2.7.	<i>Trend</i> peningkatan indeks ekstrem TX90p (warm days) dan TN90p (warm night) di Indonesia (Sumber: Supari et al., (2016))	18
GAMBAR 2.3.1.	Laju perubahan jumlah hari hujan lebat dan laju perubahan jumlah deret hari basah periode 1981-2020 (iklim.bmkg.go.id)	19
GAMBAR 2.3.2.	Perubahan luas es total dan dampak El Niño 2015–2016 terhadap gletser Papua	20
GAMBAR 2.4.1.	Aktivitas manusia yang menghasilkan emisi CO ₂	20
GAMBAR 2.4.2.	<i>Trend</i> Konsentrasi CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O dan SF ₄ di Stasiun GAW Kototabang	21
GAMBAR 2.4.3.	Perbandingan trend Konsentrasi CO ₂ Stasiun GAW Kototabang, Mauna Loa dan Baring Head	22
GAMBAR 3.1.1.	Piramida penduduk indonesia berdasarkan sensus penduduk tahun 2000 (a), 2010 (b), dan 2020 (c)	25
GAMBAR 3.2.1.	Peta sebaran rasio jenis kelamin penduduk Indonesia tahun 2000, 2010, dan 2020	26
GAMBAR 3.2.2.	Peta kepadatan anak (0-17 tahun) tahun 2019	27
GAMBAR 3.2.3.	Peta kepadatan balita (0-4 tahun) tahun 2020	28
GAMBAR 4.2.1.	Kerangka konsep kejadian malaria dan faktor-faktor yang mempengaruhinya	35
GAMBAR 4.2.2.	Kerangka konsep kejadian dengue dan faktor-faktor yang mempengaruhinya	36
GAMBAR 4.2.3.	Tahapan pengolahan data malaria dan dengue	38
GAMBAR 4.3.1.	Jumlah kasus dan API malaria tahun 2015-2020 (per 1.000 penduduk)	38
GAMBAR 4.3.2.	<i>Annual Parasite Incidence</i> Malaria (per 1000 penduduk) kabupaten/kota di Indonesia tahun 2020	39
GAMBAR 4.3.3.	Sebaran kasus malaria tahun 2015-2020 berdasarkan kelompok usia	39
GAMBAR 4.3.4.	Persentase kasus malaria tahun 2015-2020 berdasarkan jenis kelamin	40
GAMBAR 4.3.5.	Peta sebaran incidence rate dengue tahun 2015, 2016, 2019 dan 2020	40
GAMBAR 4.3.6.	<i>Case Fatality Rate (CFR)</i> dan <i>Incidence Rate (IR)</i> dengue (per 100.000 penduduk) di Indonesia tahun 2007-2020	41
GAMBAR 4.3.7.	Sebaran rata-rata kasus dan incidence (per 100.000 penduduk) dengue bulanan tahun 2007-2020 di Indonesia	41

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 4.3.8. Peta sebaran total kasus malaria tahun 2015-2020 dan sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020	42
GAMBAR 4.3.9. Peta sebaran jumlah kasus malaria musim penghujan (DJF) tahun 2015-2020	42
GAMBAR 4.3.10. Peta sebaran jumlah kasus malaria musim peralihan (MAM) tahun 2015-2020	43
GAMBAR 4.3.11. Peta sebaran jumlah kasus malaria musim kemarau (JJA) tahun 2015-2020	43
GAMBAR 4.3.12. Peta sebaran jumlah kasus malaria musim peralihan (SON) tahun 2015-2020	43
GAMBAR 4.3.13. <i>Trend</i> bulanan kasus malaria tahun 2015-2020	44
GAMBAR 4.3.14. Peta sebaran total kasus dengue tahun 2007-2020 dan peta sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020	44
GAMBAR 4.3.15. Peta sebaran jumlah kasus dengue musim penghujan (DJF) tahun 2007-2020	45
GAMBAR 4.3.16. Peta sebaran jumlah kasus dengue musim peralihan (MAM) tahun 2007-2020	45
GAMBAR 4.3.17. Peta sebaran jumlah kasus dengue musim kemarau (JJA) tahun 2007-2020	45
GAMBAR 4.3.18. Peta sebaran jumlah kasus dengue musim peralihan (SON) tahun 2007-2020	46
GAMBAR 4.3.19. <i>Trend</i> musiman kasus dengue tahun 2007-2020	46
GAMBAR 5.2.1. Kerangka konsep pneumonia dan ISPA	58
GAMBAR 5.2.2. Tahapan pengolahan data pneumonia dan ISPA	59
GAMBAR 5.3.1. Proporsi kasus pneumonia berdasarkan jenis kelamin tahun 2015-2020	59
GAMBAR 5.3.2. <i>Incidence rate</i> kejadian pneumonia tahun 2011-2020	60
GAMBAR 5.3.3. Peta sebaran jumlah kasus pneumonia tahun 2015-2020 kategori usia anak 0-5 tahun	60
GAMBAR 5.3.4. Peta sebaran jumlah kasus pneumonia tahun 2015-2020 kategori usia > 5 tahun	61
GAMBAR 5.3.5. Proporsi kasus ISPA berdasarkan jenis kelamin tahun 2011-2020	61
GAMBAR 5.3.6. <i>Incidence rate</i> kejadian ISPA tahun 2011-2020	62
GAMBAR 5.3.7. Peta sebaran jumlah kasus ISPA tahun 2015-2020 kategori usia anak 0-5 tahun	62
GAMBAR 5.3.8. Peta sebaran jumlah kasus ISPA tahun 2015-2020 kategori usia > 5 tahun	63
GAMBAR 5.3.9. Peta sebaran total kasus pneumonia tahun 2015-2020 dan peta sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020	64
GAMBAR 5.3.10. Peta sebaran jumlah kasus pneumonia musim penghujan (DJF) tahun 2015-2020	64
GAMBAR 5.3.11. Peta sebaran jumlah kasus pneumonia musim peralihan (MAM) tahun 2015-2020	64
GAMBAR 5.3.12. Peta sebaran jumlah kasus pneumonia musim kemarau (JJA) tahun 2015-2020	65
GAMBAR 5.3.13. Peta sebaran jumlah kasus pneumonia musim peralihan (SON) tahun 2015-2020	65
GAMBAR 5.3.14. <i>Trend</i> bulanan kasus pneumonia tahun 2011-2020	66
GAMBAR 5.3.15. Peta sebaran total kasus ISPA tahun 2015-2020 dan peta sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020	66
GAMBAR 5.3.16. Peta sebaran jumlah kasus ISPA musim penghujan (DJF) tahun 2015-2020	67
GAMBAR 5.3.17. Peta sebaran jumlah kasus ISPA musim peralihan (MAM) tahun 2015-2020	67
GAMBAR 5.3.18. Peta sebaran jumlah kasus ISPA musim kemarau (JJA) tahun 2015-2020	68
GAMBAR 5.3.19. Peta sebaran jumlah kasus ISPA musim peralihan (SON) tahun 2015-2020	68
GAMBAR 5.3.20. <i>Trend</i> bulanan kasus ISPA tahun 2011-2020	69
GAMBAR 6.1.1. Situasi tuberkulosis Indonesia tahun 2020 (Dashboard TB Indonesia, 2021)	77
GAMBAR 6.2.1. Kerangka konsep TB	80
GAMBAR 6.2.2. Tahapan pengolahan data TB	82
GAMBAR 6.3.1. Jumlah kasus dan <i>case notification rate</i> TB Indonesia di tahun 2017-2020	82
GAMBAR 6.3.2. Proporsi kasus TB berdasarkan anatomi dan jenis kelamin tahun 2017-2020	83
GAMBAR 6.3.3. Proporsi jumlah kasus TB berdasarkan jenis kelamin dan usia tahun 2017-2020	83

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 6.3.4.	(a) <i>Case notification rate</i> TB tahun 2017, (b) <i>Case notification rate</i> TB tahun 2018, (c) <i>Case notification rate</i> TB tahun 2019, (d) <i>Case notification rate</i> TB tahun 2020	84
GAMBAR 6.3.5.	Sebaran total kejadian penyakit TB (2017-2020) dan rata-rata curah hujan, suhu dan kelembapan tahunan (2010-2020)	84
GAMBAR 6.3.6.	Sebaran total kejadian penyakit TB di Triwulan 1 (2017-2020) dan rata-rata curah hujan, suhu dan kelembapan di musim hujan (2010-2020)	85
GAMBAR 6.3.7.	Sebaran total kejadian penyakit TB di Triwulan 2 (2017-2020) dan rata-rata curah hujan, suhu dan kelembapan di musim peralihan hujan ke kemarau (2010-2020)	85
GAMBAR 6.3.8.	Sebaran total kejadian penyakit TB di Triwulan 3 (2017-2020) dan rata-rata curah hujan, suhu dan kelembapan di musim kemarau (2010-2020)	86
GAMBAR 6.3.9.	Sebaran total kejadian penyakit TB di Triwulan 4 (2017-2020) dan rata-rata curah hujan, suhu dan kelembapan di musim peralihan kemarau ke hujan (2010-2020)	86
GAMBAR 6.3.10.	<i>Trend</i> triwulan kasus TB tahun 2017-2020	87
GAMBAR 7.1.1.	F-diagram yang menunjukkan jalur transmisi fekal-oral, dalam menemukan inang baru	93
GAMBAR 7.2.1.	Kerangka konsep diare dan WASH	101
GAMBAR 7.2.2.	Tahapan pengolahan data Diare	103
GAMBAR 7.3.1.	Jumlah kasus dan <i>incidence rate</i> diare tahun 2017-2020	104
GAMBAR 7.3.2.	Variasi bulanan kasus diare	104
GAMBAR 7.3.3.	Variasi bulanan total kejadian diare per tahun	104
GAMBAR 7.3.4.	Peta sebaran jumlah kasus diare tahun 2017-2020	105
GAMBAR 7.3.5.	(a) Peta <i>incidence rate</i> diare tahun 2017, (b) Peta <i>incidence rate</i> diare tahun 2018, (c) Peta <i>incidence rate</i> diare tahun 2019, (d) Peta <i>incidence rate</i> diare tahun 2020	105
GAMBAR 7.3.6.	Peta sebaran jumlah kasus diare tahun 2017-2020 kategori usia 0-4 tahun	106
GAMBAR 7.3.7.	Peta sebaran total kasus diare tahun 2017-2020 dan peta sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020	107
GAMBAR 7.3.8.	Peta sebaran jumlah kasus diare musim penghujan (DJF) tahun 2017-2020	108
GAMBAR 7.3.9.	Peta sebaran jumlah kasus diare musim peralihan (MAM) tahun 2017-2020	108
GAMBAR 7.3.10.	Peta sebaran jumlah kasus diare musim kemarau (JJA) tahun 2017-2020	109
GAMBAR 7.3.11.	Peta sebaran jumlah kasus diare musim peralihan (SON) tahun 2017-2020	109
GAMBAR 7.3.12.	<i>Trend</i> bulanan kasus diare tahun 2017-2020	110
GAMBAR 7.3.13.	Variasi tahunan total kejadian penyakit diare dengan WASH tahun 2017-2020	111
GAMBAR 8.1.1.	Hubungan variabel iklim dengan status gizi (Johnson dan Brown, 2014)	117
GAMBAR 8.1.2.	Pengaruh kondisi iklim terhadap kelompok rentan gizi (Randell, Gray dan Grace (2020))	118
GAMBAR 8.1.3.	Kerangka konsep perubahan iklim (FAO dan NZFSSRC : Giulia et al., 2020)	120
GAMBAR 8.1.4.	Peta ketahanan dan kerentanan pangan di Indonesia (Kementan, 2018)	121
GAMBAR 8.2.1.	Kerangka konsep gizi	124
GAMBAR 8.2.2.	Tahapan pengolahan data status gizi	126
GAMBAR 8.3.1.	Status gizi Indonesia tahun 2007, 2013, 2018	127
GAMBAR 8.3.2.	Prevalensi status gizi tahun 2018	127
GAMBAR 8.3.3.	Peta sebaran proporsi status gizi tahun 2018 (WHO, 1995; de-Onis et al., 2019) dan sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020	128
GAMBAR 9.1.1.	Kerentanan di Indonesia tahun 2018	133

DAFTAR TABEL

TABEL 1.1.1.	Hasil identifikasi regulasi dan kebijakan terkait perubahan iklim, lingkungan dan kesehatan ..5
TABEL 1.1.2.	Prioritas analisis berdasarkan ketersediaan variabel dan format data9
TABEL 4.1.1.	Matriks deskripsi penyakit tular vektor34
TABEL 4.2.1.	Ketersediaan data36
TABEL 5.1.1.	Matriks deskripsi pneumonia dan ISPA56
TABEL 5.2.1.	Ketersediaan data pneumonia dan ISPA58
TABEL 6.1.1.	Matriks deskripsi TB79
TABEL 6.2.1.	Ketersediaan data TB80
TABEL 6.3.1.	Korelasi kejadian TB dengan faktor iklim dan faktor non-iklim89
TABEL 7.1.1.	Matriks deskripsi diare99
TABEL 7.2.1.	Ketersediaan data diare102
TABEL 7.3.1.	Hasil Analisis Korelasi112
TABEL 8.1.1.	Faktor pembentuk variabel gizi122
TABEL 8.2.1.	Ketersediaan data gizi125

DAFTAR SINGKATAN

ABJ	: Angka Bebas Jentik
AIDS	: Acquired Immunodeficiency Syndrome
API	: Annual Parasite Index
APIK	: Adaptasi Perubahan Iklim bidang Kesehatan
BABS	: Buang Air Besar Sembarangan
BBLR	: Bayi Berat Lahir Rendah
BI	: Breteau Index
BIG	: Badan Informasi Geospasial
BMKG	: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
BPCRC	: Byrd Polar and Climate Research Center
BTA	: Bakteri Tahan Asam
CDC	: Central of Disease Control
CFR	: Case Fatality Rate
CH	: Curah Hujan
CI	: Container Index
CNR	: Case Notification Rate
COP	: Conference of Parties
CTPS	: Cuci Tangan Pakai Sabun
DALYs	: Disability Adjusted Life Years
DBD	: Demam Berdarah Dengue
DENV	: Dengue Virus
DJF	: Desember Januari Februari
DM	: Diabetes Melitus
EIP	: Extrinsic Incubation Period
ENF	: European Nuclear Force
ENSO	: El Nino-Southern Oscillation
ETCCDI	: Expert Team on Climate Change Detection Indices
FAO	: Food and Agriculture Organization
G1R1J	: Gerakan Satu Rumah Satu Jumantik
GAKY	: Gangguan Akibat Kekurangan Yodium
GAW	: Global Atmosphere Watch
GRK	: Gas Rumah Kaca
HI	: House Index
HIV	: Human Immunodeficiency Virus
HNAP	: Health National Adaptation Plan
HRQoL	: Health Related Quality of Life
IDL	: Imunisasi Dasar Lengkap
IPCC	: Intergovernmental Panel Climate Change
IR	: Incidence Rate
IRS	: Indoor Residual Spraying
ISPA	: Infeksi Saluran Pernapasan Akut
JJA	: Juni Juli Agustus
JMD	: Juru Malaria Desa
KEK	: Kekurangan Energi Kronik
KLB	: Kejadian Luar Biasa
LDEO	: Lamont Doherty Earth Observatory

DAFTAR SINGKATAN

LMICs	: Low-Middle Income Countries
MAM	: Maret April Mei
MBR	: Man Biting Rate
MHD	: Man Hour Density
NDC	: Nationally Determined Contribution
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
NTD	: Neglected Tropical Diseases World Health Organization
NZFSSRC	: Zealand Food Safety Science and Research Centre
ODHA	: Orang Dengan HIV/AIDS
OM	: Organic Matter
OPT	: Organisme Pengganggu Tanaman
OSU	: The Ohio State University
PI	: Pupae Index
PM	: Particulate Matter
PMO	: Pengawas Minum Obat
PMT	: Pemberian Makanan Tambahan
PPLH	: Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan
PPOK	: Penyakit Paru Obstruktif Kronis
PSP	: Pengetahuan Sikap dan Perilaku
PTV	: Penyakit Tular Vektor
RAN-APIK	: Rencana Aksi Nasional-Adaptasi Perubahan Iklim bidang Kesehatan
RH	: Relative Humidity
RPJMN	: Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional
RPJP	: Rencana Pembangunan Jangka Panjang
SDGS	: Sustainable Development Goals
SKAM	: Survei Kualitas Air Minum
SON	: September Oktober November
TAC	: TaqMan Array Card
TB	: Tuberculosis
TNF-a	: Tumor Necrosis Factor Alpha
TPA	: Tempat Pembuangan Akhir
TW	: Triwulan
UMK	: Upah Minimum Kabupaten/Kota
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change
UNICEF	: United Nations International Children's Emergency Fund
WASH	: Water Sanitation and Hygiene
WHO	: World Health Organization
WMO	: World Meteorological Organization
WPWP	: West Pacific Warm Pool

BAB I

Pendahuluan

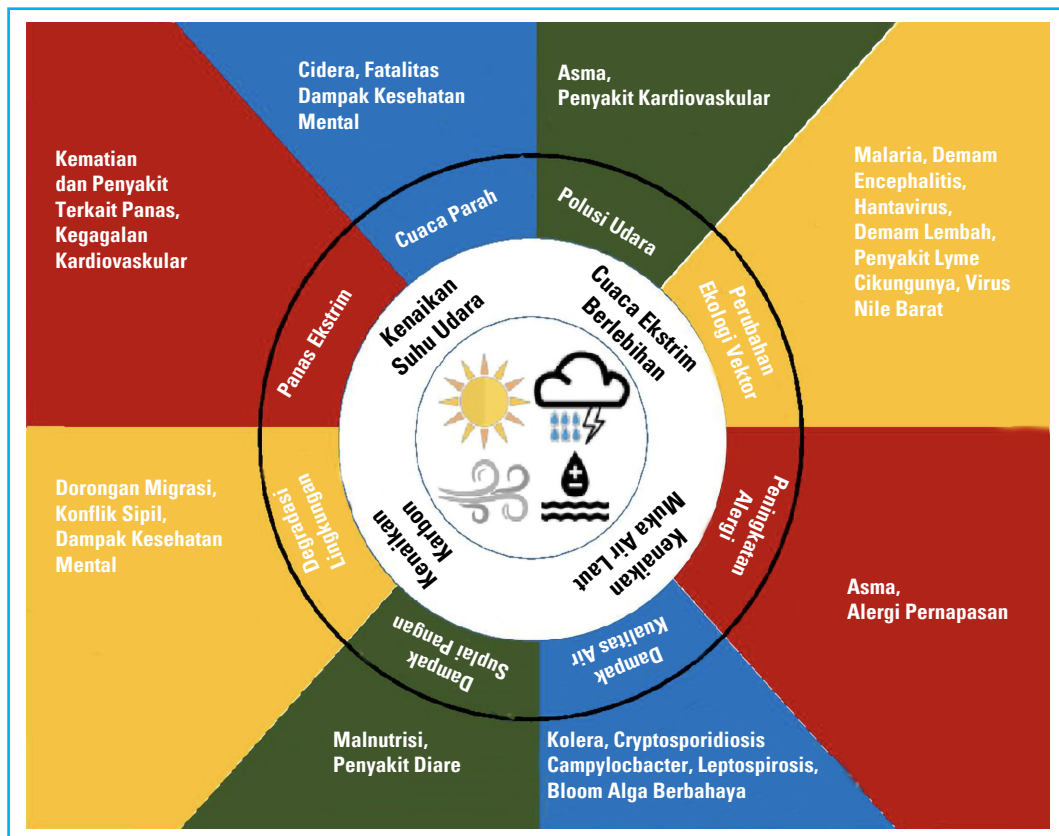
1.1 Latar Belakang

1.1.1 Arahan Kebutuhan

Laporan *intergovernmental panel on climate change* atau IPCC (AR5) menyebutkan, bahwa pada akhir abad ini suhu rata-rata permukaan bumi akan meningkat sebesar 3°C-5°C dibandingkan dengan era pra-industri, meningkatnya muka laut global 0,19 m selama periode 1901-2010, meningkatnya suhu air laut (sebagai akibat meningkatnya penyerapan CO₂) (IPCC, 2014). Pada laporan tersebut disebutkan bahwa tanpa tindakan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sampai dengan tahun 2100 perubahan suhu global dapat lebih dari 4°C di atas suhu sebelum revolusi industri, dan curah hujan akan mengalami peningkatan (baik intensitas maupun frekuensinya). Dalam dokumen IPCC tahun 2014 juga memproyeksikan bahwa pada abad 21 suhu permukaan bumi akan meningkat, lebih dari waktu sebelumnya. Hal ini sangat memungkinkan terjadinya gelombang panas yang lebih sering dan bertahan lebih lama, peristiwa curah hujan yang ekstrem akan menjadi lebih intens, lautan akan terus menghangat dan lebih bersifat asam, serta rata-rata permukaan laut global akan naik (IPCC, 2014). Bukti lain, hasil analisis suhu di darat dan laut dari tahun 1850 sampai dengan 2019 menunjukkan bahwa sejak tahun 1900 telah terjadi peningkatan rata-rata global suhu udara telah sekitar 1°C (1,8°F) (The Royal Society, 2020).

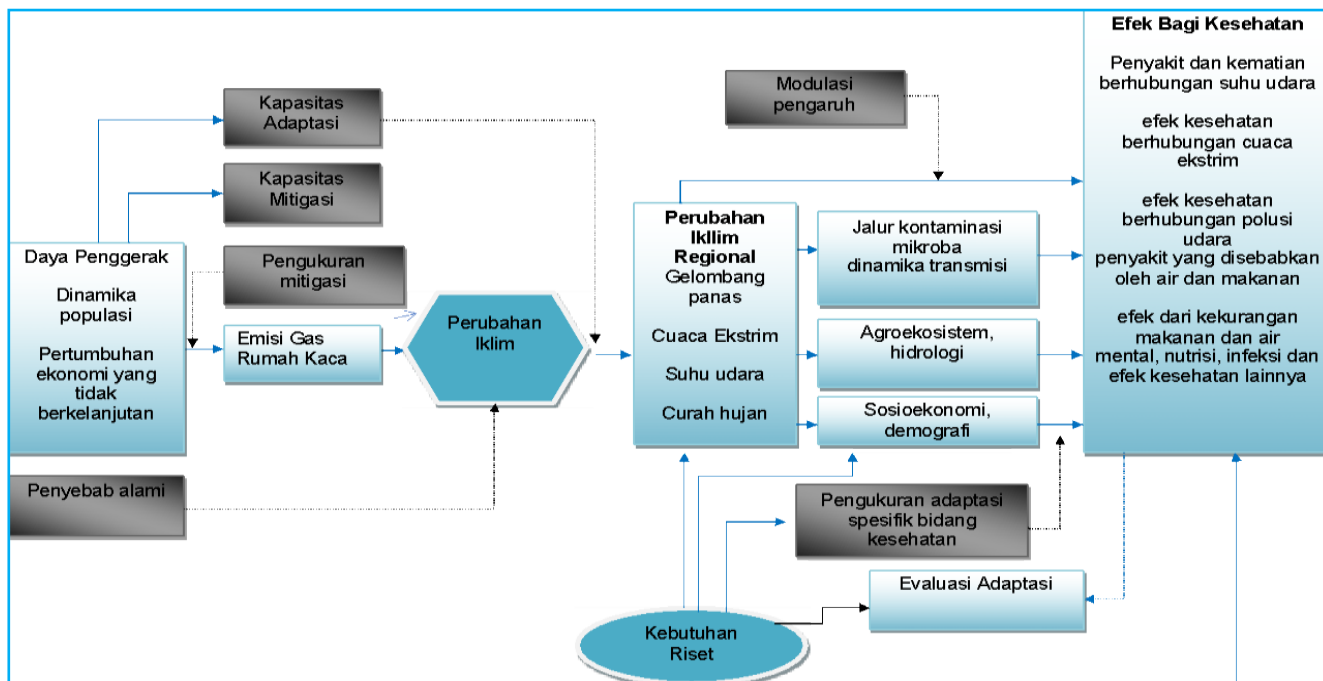
Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa terjadinya perubahan iklim terhadap berbagai sektor (pertanian, kelautan, kehutanan, dan lain-lain) (Attina dan Trasande, 2013; Melillo et al., 2014; Silva et al., 2016). Jika dibiarkan, perubahan iklim akan berpengaruh terhadap profil kesehatan generasi sekarang dan di masa yang akan datang, akan menjadi beban sistem kesehatan yang sudah kewalahan, dan menghambat program *Sustainable Development Goals (SDGs)* dan *Universal Health Coverage (UHC)* (Kirton dan Kickbusch, 2019; Pecl et al., 2017). Sektor kesehatan, merupakan sektor yang mendapat beban ganda, yaitu sebagai dampak langsung terhadap kesehatan maupun dampak tidak langsung yang sangat dipengaruhi oleh determinan lingkungan sosial dan kesehatan masyarakat.

Gambar 1.1.1 Dampak perubahan iklim terhadap kesehatan manusia (HNAP, 2019)



Perubahan Iklim dapat meningkatkan peluang risiko kejadian suatu penyakit akibat peningkatan suhu udara, kejadian curah hujan ekstrem, kenaikan muka air laut dan kenaikan konsentrasi polutan. Frekuensi kejadian suatu penyakit dan potensi peningkatan transmisi serta infeksi penyakit mengalami peningkatan, terutama pada penyakit yang berbasis lingkungan. Terjadi adaptasi agen penyakit terhadap peningkatan infeksi penyakit berdasarkan intensitas, cakupan dan besaran dampak yang ditimbulkan.

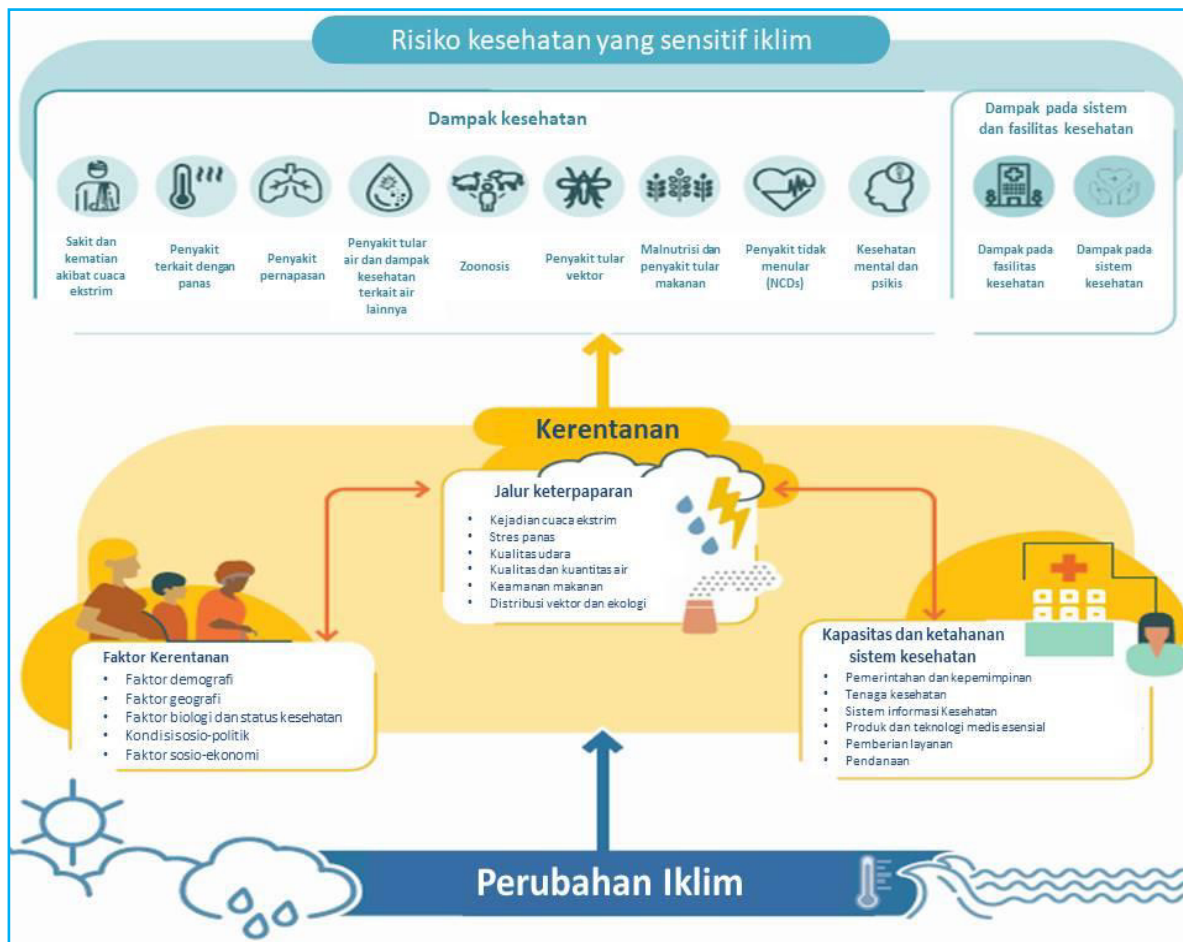
Gambar 1.1.2 Diagram alir daya pemicu kejadian penyakit akibat perubahan iklim dan dampak fenomena tersebut terhadap sektor kesehatan (Kemenkes, 2019)



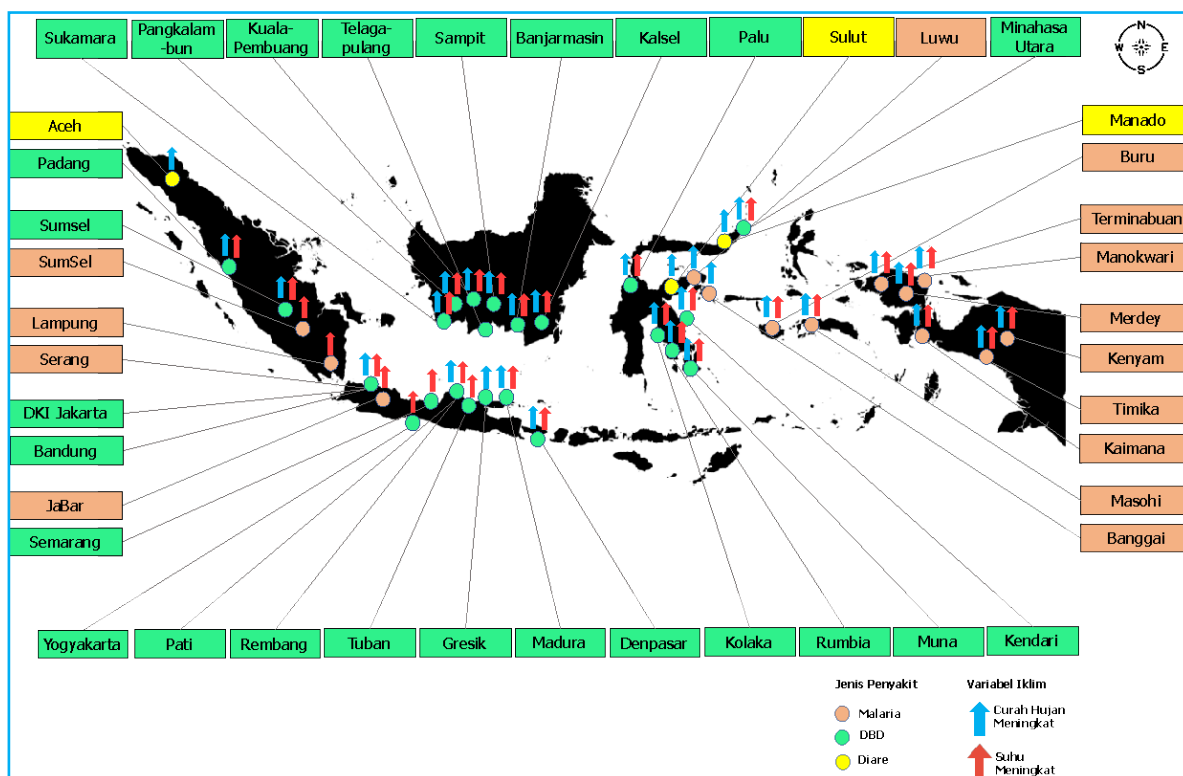
Conference of Parties (COP26) special report on climate change and health (WHO, 2021a) menyatakan bahwa perubahan iklim telah berdampak pada kesehatan yang menyebabkan kematian dan penyakit dalam berbagai cara, seperti peristiwa cuaca ekstrem yang semakin sering, seperti gelombang panas, badai dan banjir, gangguan sistem pangan, peningkatan zoonosis dan penyakit bawaan makanan, air, dan vektor, serta masalah kesehatan mental. Risiko kesehatan yang sensitif terhadap iklim ini secara tidak proporsional berdampak pada mereka yang paling rentan dan kurang beruntung, seperti perempuan, anak-anak, etnis minoritas, keluarga miskin, migran atau orang yang kehilangan tempat tinggal, lansia, dan mereka yang memiliki kondisi masalah kesehatan. Gambar 1.1.13 memberikan ulasan singkat tentang risiko-risiko kesehatan yang sensitif terhadap iklim, termasuk jalur pajanan, dan faktor kerentanan. Dampak perubahan iklim terhadap kesehatan ini dimediasi dengan kuat oleh determinan lingkungan, sosial, dan kesehatan masyarakat.

Dampak perubahan iklim yang telah teridentifikasi berupa stroke akibat panas, dehidrasi, penyakit kardiovaskular, pnapasan, dan serebrovaskular akibat gelombang panas yang ekstrem (CDC, 2020; Gamble et al., 2008; Simpson, 2011), banjir (Tabari, 2020), badai (Bengtsson et al., 2006), kebakaran dan kekeringan (Seidl et al., 2017; Trenberth et al., 2014), beban terhadap penyakit diare (Alexander, Carzolio et al., 2013; Ebi, 2021), dan berubahnya distribusi spasial beberapa vektor penyakit menular (Melillo et al., 2014). Dampak terhadap status gizi, merupakan dampak tidak langsung, sebagai akibat dari kerawanan pangan karena kekeringan/banjir. Sekitar 2 miliar orang di seluruh dunia pada 2017, lebih dari 150 juta anak mengalami stunting (Swinburn et al., 2019).

Gambar 1.1.3 Gambaran umum tentang risiko kesehatan yang sensitif terhadap iklim, jalur paparannya, dan faktor kerentanannya (WHO, 2021a)



Gambar 1.1.4 Penyakit-penyakit yang teridentifikasi berhubungan dekat dengan fenomena perubahan iklim (HNAP, 2019)



Dampak perubahan iklim pada masa depan akan berpengaruh pada sistem imun dan kelompok umur yang rentan serta berisiko tinggi pada kelompok anak-anak dan lanjut usia (lansia). Perubahan iklim memberi peluang meningkatnya risiko dampak kesehatan, dimana beberapa penyakit diprediksi akan mengalami peningkatan. Sebagai negara kepulauan yang terletak di antara dua benua (Asia dan Australia) dan dua samudera (Pasifik dan Atlantik) dan berada dalam wilayah iklim tropis, Indonesia rentan terhadap terjadinya perubahan iklim. Dilihat dari posisinya, wilayah Indonesia mempunyai karakteristik iklim yang khusus karena dipengaruhi pola monsun, ekuatorial dan lokal sehingga wilayah Indonesia memiliki pola hujan, suhu, maupun kelembapan yang tidak sama. Dampak perubahan iklim yang mungkin timbul cenderung berupa bencana dan penyakit-penyakit khas di wilayah tropis. Dampak kesehatan tersebut, kemungkinan akan menjadi lebih buruk saat terjadinya pandemi COVID-19, sehingga beban sektor kesehatan semakin bertambah.

Perjanjian *Paris Agreement* telah menetapkan target untuk menahan kenaikan suhu rata-rata global jauh di bawah 2°C di atas tingkat yang ditetapkan pada periode pra-industri dan mengupayakan untuk membatasi kenaikan suhu hingga 1,5°C (Horowitz, 2016). Dengan membatasi kenaikan suhu rata-rata global hingga jauh di bawah 2°C, diharapkan dampak yang timbul tidak terlalu berpengaruh buruk terhadap kesehatan terutama kesehatan anak.

1.1.2 Regulasi Terkait

Telah banyak regulasi dan kebijakan di Indonesia yang bersifat arahan dan dapat menjadi referensi untuk sektor kesehatan dalam mengatasi dampak negatif akibat perubahan iklim. Keseriusan Pemerintah Indonesia dalam menanggulangi dampak perubahan iklim, dibuktikan dengan meratifikasi *Paris Agreement* ke dalam Undang-Undang No. 16/2016. Spesifik pada sektor kesehatan, dalam *Paris Agreement*, para pihak sepakat untuk mengambil aksi untuk menangani perubahan iklim, dengan menghormati, mendorong, dan mempertimbangkan tanggung-jawabnya terhadap hak atas kesehatan. Kesepakatan ini sejalan dengan UU No. 32/2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH) dan UU No. 36/2009 tentang Kesehatan yang mencantumkan bahwa setiap orang berhak mendapatkan lingkungan yang sehat dan harus memperhatikan perubahan iklim. Turunan dari UU tersebut, telah diterbitkan PP 66/2014 tentang Kesehatan Lingkungan yang telah diterjemahkan secara operasional melalui PERMENKES No.1018/2011 tentang Strategi Adaptasi Sektor Kesehatan Terhadap Dampak Perubahan Iklim dan PERMENKES No.035/2012 tentang pedoman Identifikasi Faktor Risiko Kesehatan Akibat Perubahan Iklim. Untuk menunjang pelaksanaan Adaptasi Perubahan Iklim Bidang Kesehatan (APIK) telah dibentuk Tim Teknis Adaptasi Dampak Perubahan Iklim Bidang Kesehatan melalui KEPMENKES No. HK.01.07/Menkes/532/2019. Pada tahun 2020, Kementerian Kesehatan telah mengembangkan Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim pada sektor Kesehatan yang kemudian disebut RAN-APIK. Dokumen RAN-APIK berperan menjadi masukan untuk penyusunan RPJMN dan sebagai implementasi penjabaran dari target *Nationally Determined Contribution (NDC)* ke level sektoral/regional. Upaya penanggulangan dampak sektor kesehatan mendukung target NDC dalam mencapai masyarakat Indonesia yang resilien terhadap iklim.

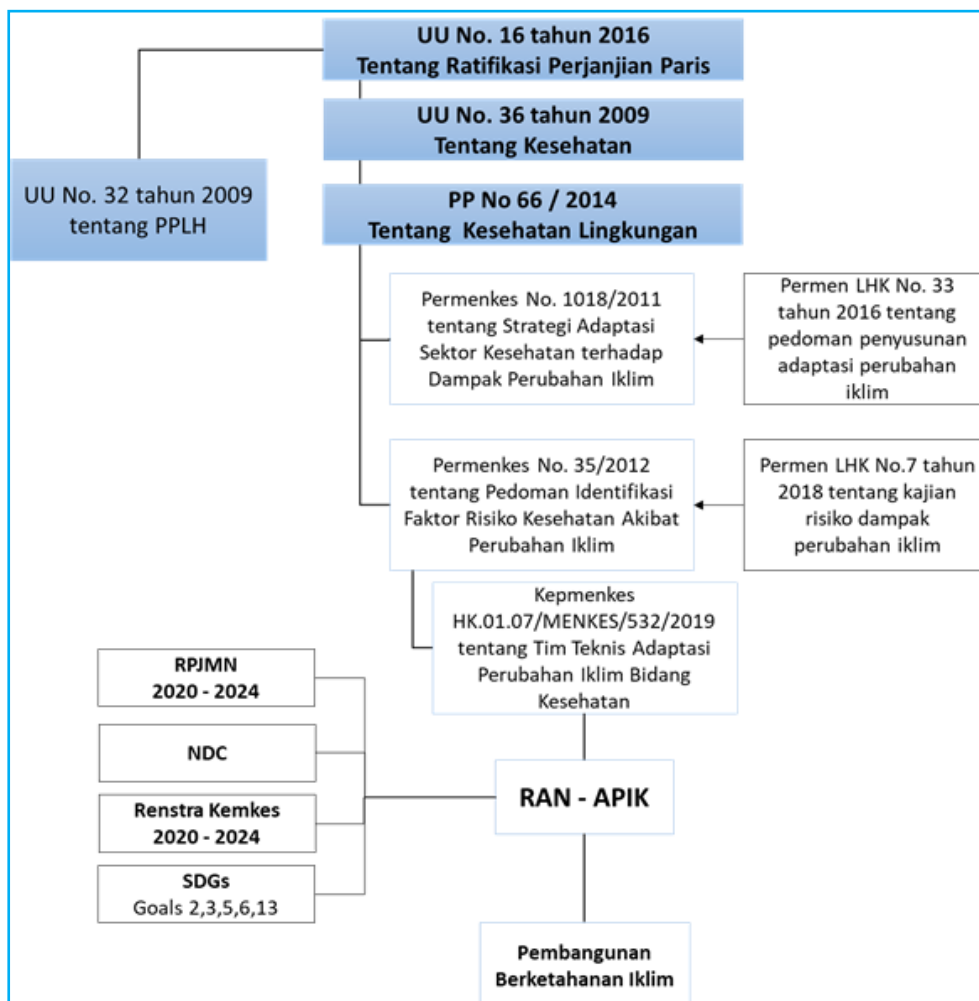
Tabel 1.1.1 Hasil identifikasi regulasi dan kebijakan terkait perubahan iklim, lingkungan dan kesehatan

Regulasi	Sifat Regulasi	Poin Penting
UU No. 16 tentang Persetujuan <i>Paris Agreement</i> (Persetujuan Paris Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa- Bangsa mengenai Perubahan iklim)	Arahan	Para pihak dalam mengambil aksi untuk menangani perubahan iklim, perlu menghormati, mendorong, dan mempertimbangkan tanggung-jawabnya terhadap hak atas kesehatan
UU No. 36 tahun 2009 tentang Kesehatan	Arahan	Setiap orang berkewajiban menghormati hak orang lain dalam upaya memperoleh lingkungan yang sehat, baik fisik, biologi, maupun sosial

Regulasi	Sifat Regulasi	Poin Penting
UU No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH)	Arahan	Pentingnya upaya sistematis dan terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan iklim
PP No. 46 tahun 2017 tentang Instrumen Ekonomi Lingkungan Hidup	Insentif	Dana penanggulangan pencemaran dan pemulihan lingkungan hidup termasuk untuk kegiatan pelestarian yang menjadi bagian dari mitigasi dan adaptasi perubahan iklim
PP No. 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan	Arahan	Penyelenggaraan kesehatan lingkungan dalam mengatasi ancaman global perubahan iklim dilakukan melalui upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim
Perpres No. 77 tahun 2018 tentang Pengelolaan Dana Lingkungan Hidup	Insentif	Sistem dan mekanisme yang digunakan untuk mendanai upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup
Permenkes No. 21/2020 tentang Rencana Strategis Kementerian Kesehatan	Arahan	Pencegahan penyebaran penyakit menular akibat terjadinya perubahan iklim Implementasi RAN-APIK
Permenkes No. 532 Tahun 2019 tentang Tim Teknis Adaptasi Dampak Perubahan Iklim Bidang Kesehatan (APIK)	Arahan	Pembentukan tim teknis yang beranggotakan seluruh unit di lingkungan Kementerian Kesehatan terkait dampak perubahan iklim terhadap kesehatan, dalam rangka penguatan upaya adaptasi bidang kesehatan (APIK)
Permenkes No. 35 Tahun 2012 tentang Pedoman Identifikasi faktor risiko Kesehatan akibat perubahan iklim	Referensi	Identifikasi faktor risiko Kesehatan akibat perubahan iklim: penyakit tular vektor, tular air dan makanan, tular udara, tidak menular, bencana, gangguan Kesehatan jiwa, masalah gizi
Permenkes No. 1018 tahun 2011 tentang Strategi Adaptasi Sektor Kesehatan terhadap Dampak Perubahan Iklim	Referensi	Strategi adaptasi sektor kesehatan dalam adaptasi dampak perubahan iklim
Permen LHK No. 7 tahun 2018 tentang Kajian Kerentanan, Risiko Dampak Perubahan Iklim	Referensi	Kesehatan adalah salah satu indikator kajian risiko dan kerentanan adaptasi perubahan iklim
Permen LHK No. 33 tahun 2016 tentang Pedoman Penyusunan Aksi Adaptasi Perubahan Iklim	Arahan	Kesehatan adalah salah satu sektor spesifik (prioritas) dalam adaptasi perubahan iklim
Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB/ <i>SDGs</i>)	Arahan	Goal 2: Tidak Ada Kelaparan Goal 3: Kesehatan yang baik Goal 5: Kesetaraan Gender Goal 6: Air Bersih dan Sanitasi Goal 13: Penanganan Perubahan Iklim (komitmen global dan nasional untuk mengambil tindakan cepat dalam mengatasi perubahan iklim)

Regulasi	Sifat Regulasi	Poin Penting
RPJMN 2020 – 2024	Arahan	- Komitmen untuk meningkatkan kualitas dan daya saing SDM yang sehat dan cerdas, adaptif, inovatif, terampil dan berkarakter - Proyek Prioritas Nasional No. 6 : Perlindungan sektor kesehatan dan dampak iklim
NDC Adaptasi	Arahan	Dampak negatif perubahan iklim terhadap bidang kesehatan mencapai 3,45% PDB Nasional
Pembangunan Berketahanan iklim	Insentif	Aksi ketahanan iklim sektor kesehatan fokus pada peningkatan fasyankes, pencegahan, dan pengendalian KLB dengue, malaria, dan Pneumonia

Gambar 1.1.5 Regulasi terkait penanggulangan dampak perubahan iklim pada sektor kesehatan



1.1.3 Kondisi Ketersediaan Data

Kesehatan merupakan kondisi yang tidak dapat berdiri sendiri, sehingga banyak faktor yang membentuk kejadian suatu penyakit. Teori H.L. Blum menyatakan bahwa derajat kesehatan ditentukan oleh 40% faktor lingkungan, 20% faktor gaya hidup, 20% faktor pelayanan kesehatan dan 10% faktor genetika (keturunan) (H.L. Blum, 1974). Setiap kejadian suatu penyakit memiliki faktor pembentuk yang tidak sama dengan penyakit lainnya. Identifikasi faktor pembentuk kejadian suatu penyakit dilakukan untuk mengetahui ketersediaan data yang ada.

Secara umum data terkait dengan kesehatan dapat diperoleh dari berbagai hasil survey, studi, pencatatan dan pelaporan program dan sektor di tingkat pusat maupun daerah. Riset Kesehatan Dasar merupakan salah satu contoh riset di Kementerian Kesehatan yang dilakukan lima tahunan, dimulai dari tahun 2007. Data yang dikumpulkan meliputi indikator kesehatan utama, kesehatan lingkungan, dan indikator lainnya. Data penyakit terkait perubahan iklim, seperti penyakit tular vektor (malaria, dengue), penyakit berbasis air (diare), dan penyakit berbasis udara (pneumonia/ISPA, dan TB) dan penyakit terkait gizi yang berasal dari program terkait, tersedia secara bulanan hampir diseluruh kabupaten/kota di Indonesia.

Data sosial-ekonomi yang terkait dengan faktor lingkungan diperoleh dari data Susenas. Susenas ialah survey yang dilakukan oleh BPS untuk memperoleh data sosial kependudukan. Susenas dilaksanakan setiap tahun. Data yang dikumpulkan Susenas akan menjadi bahan untuk evaluasi program kerja nasional lintas sektoral.

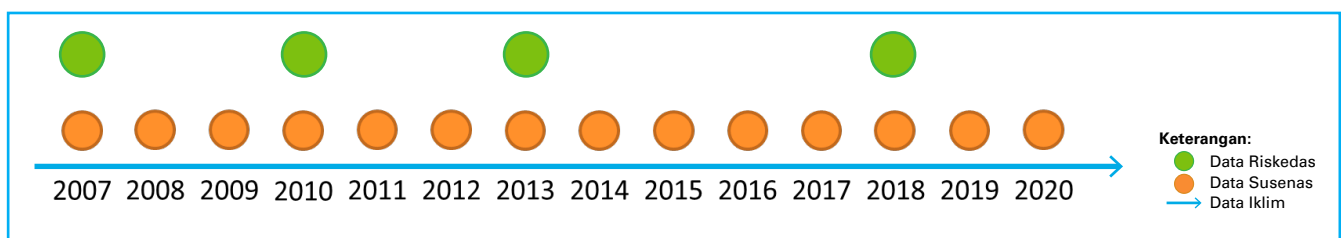
Ketersediaan data terkait dengan fasilitas dan pelayanan kesehatan diperoleh dari riset fasilitas kesehatan (Rifaskes). Pelayanan kesehatan merupakan salah satu faktor pembentuk yang mempengaruhi kesehatan. Data Rifaskes yang dari tahun 2011 dan 2019, data ini memetakan masalah ketersediaan fasilitas kesehatan serta kecukupan, distribusi sumber data tenaga kesehatan dan indeks kinerja rumah sakit dan puskesmas.

Dampak perubahan iklim yang mempengaruhi kesehatan dapat diketahui dengan melakukan analisis data iklim yang terkait dengan kejadian suatu penyakit. Analisis perubahan iklim dilakukan dengan data historis yang memiliki rentang waktu yang cukup panjang dan mencakup untuk seluruh wilayah Indonesia. Bada Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) menyediakan data harian mengenai kondisi iklim di setiap stasiun yang tersebar luas di kabupaten/kota yang ada di Indonesia.

Sumber data lainnya berasal dari kementerian/lembaga yang masih terkait seperti data bencana yang diperoleh dari BNPB, peta spasial Indonesia yang diperoleh dari BIG, data kualitas udara dari KLHK, serta sumber data lainnya. Data-data ini merupakan indikator yang berhubungan dengan faktor pembentuk kejadian suatu penyakit. Diperlukannya kerja sama antar lembaga/kementerian terkait dalam kajian dampak perubahan iklim terhadap kesehatan.

Perbedaan sumber data dapat memperkaya ketersediaan data dan saling melengkapi, namun dapat menjadi sebuah kesenjangan ketika memiliki perbedaan periode pencatatan. Data iklim bersifat dikeluarkan oleh BMKG secara harian, dan data sosial-ekonomi yang tersedia setiap tahun dikeluarkan oleh BPS, sedangkan untuk data Riskesdas tersedia setiap 3 atau 5 tahun sekali yang dikeluarkan oleh badan litbang kementerian kesehatan.

Gambar 1.1.6 Visualisasi dari data resolusi temporal yang digunakan dalam penelitian ini



1.1.4 Prioritas Analisis

Menentukan prioritas dalam sebuah kajian dengan beberapa kriteria pertimbangan dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya dengan tabel prioritas (Esmail, 2018). Prioritas kajian akan menyesuaikan dengan kondisi variabel serta format data yang tersedia. Tabel 1.1.2 menunjukkan variabel yang memiliki keterkaitan langsung, tidak langsung maupun variabel yang memiliki kemungkinan terkait dengan kejadian suatu penyakit. Suatu variabel yang terkait langsung dengan kejadian penyakit dan memiliki ketersediaan dengan skala yang lebih detail, maka variabel tersebut akan menjadi lebih sensitif mempengaruhi hasil kajian. Dengan demikian prioritas kajian akan lebih spesifik sesuai dengan variabel dan ketersediaan data yang akan digunakan.

Tabel 1.1.2 Prioritas analisis berdasarkan ketersediaan variabel dan format data

Faktor Kajian	Faktor Pembentuk	Identifikasi Faktor Pembentuknya *)	Ketersediaan data		Sifat dampaknya ****)	Arahan Kebijakan
			Skala Waktu **)	Skala Ruang ***)		
Penyakit Tular Vektor	Kepadatan vektor	Berdampak langsung	Bulanan	Kab/Kota	Malaria bersifat endemis di NTT, Papua dan Papua Barat Dengue bersifat nasional hampir seluruh wilayah Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan pengendalian penyakit: perluasan cakupan deteksi dini, pengendalian vektor, penguatan <i>health security</i>, penguatan sanitasi total berbasis masyarakat • Penguatan sistem kesehatan: penguatan sistem pelayanan kesehatan dasar
	Intervensi Program	Berdampak langsung	Antar tahun	Kab/Kota		
	Faktor iklim	Berdampak tidak langsung	Bulanan	Kab/Kota		
	Sosial-ekonomi	Berdampak tidak langsung	Antar tahun	Provinsi		
	Fasilitas pelayanan kesehatan	Berdampak tidak langsung	Antar tahun	Provinsi		
	WASH	Kemungkinan berdampak	Tahunan	Kab/Kota		
	Daerah rawan bencana	Kemungkinan berdampak	Tahunan	Provinsi		
	Faktor Biofisik	Kemungkinan berdampak	Antar tahun	Provinsi		
Penyakit Berbasis Udara	Polusi udara di luar ruangan	Berdampak langsung	Per jam	Lokus	Pneumonia dan TB bersifat Nasional tersebar di wilayah Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan kesehatan ibu dan anak: Penguatan imunisasi dasar lengkap, vaksinasi Pneumonia • Peningkatan pengendalian penyakit: perluasan cakupan deteksi dini, perluasan layanan berhenti merokok • Gerakan masyarakat hidup sehat: Penurunan polusi udara, pembudayaan olahraga
	Polusi udara di dalam ruangan	Berdampak langsung	Tahunan	Rumah Tangga		
	Fasilitas kesehatan	Berdampak langsung	Antar tahun	Provinsi		
	Faktor risiko	Berdampak tidak langsung	Antar tahun	Provinsi		
	Faktor iklim	Berdampak tidak langsung	Bulanan	Kab/Kota		
	Kesehatan lingkungan	Berdampak tidak langsung	Tahunan	Provinsi		
	Perilaku	Kemungkinan berdampak	Antar tahun	Individu		
	WASH	Kemungkinan berdampak	Tahunan	Kab/Kota		
	Sosial-ekonomi	Kemungkinan berdampak	Tahunan	Provinsi		
<i>Water and sanitation borne disease</i>	Indikator Air Minum	Berdampak langsung	Tahunan	Kab/Kota	Diare bersifat Nasional tersebar di wilayah Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan kesehatan ibu dan anak: Penguatan imunisasi dasar lengkap • Percepatan perbaikan gizi masyarakat • Peningkatan pengendalian penyakit: perluasan cakupan deteksi dini, penguatan <i>health security</i>, penguatan sanitasi total berbasis masyarakat • Penguatan sistem pelayanan kesehatan dasar • Gerakan masyarakat hidup sehat: pembudayaan olahraga
	Indikator Sanitasi	Berdampak langsung	Tahunan	Kab/Kota		
	Indikator Higiene	Berdampak langsung	Tahunan	Kab/Kota		
	Fasilitas kesehatan	Berdampak langsung	Antar tahun	Provinsi		
	Faktor Ibu dan Balita	Berdampak langsung	Antar tahun	Provinsi		
	Faktor iklim	Berdampak tidak langsung	Bulanan	Kab/Kota		
	Sosial-ekonomi	Berdampak tidak langsung	Tahunan	Provinsi		

Faktor Kajian	Faktor Pembentuk	Identifikasi Faktor Pembentuknya*)	Ketersediaan data		Sifat dampaknya****)	Arahan Kebijakan
			Skala Waktu**)	Skala Ruang***)		
Gizi Balita	Kecukupan Gizi	Berdampak langsung	Antar tahun	Provinsi	Status gizi bersifat Nasional tersebar di wilayah Indonesia • Peningkatan kesehatan ibu dan anak: Penguatan imunisasi dasar lengkap, peningkatan gizi remaja dan ibu hamil • Percepatan perbaikan gizi masyarakat: pengembangan sistem jaminan gizi, percepat penurunan stunting, intervensi yg bersifat <i>life saving</i> , respon cepat perbaikan gizi dalam kondisi darurat • Penguatan sistem pelayanan kesehatan dasar • Gerakan masyarakat hidup sehat: peningkatan penyediaan pilihan pangan sehat	
	Status Kesehatan	Berdampak langsung	Tahunan	Provinsi		
	Layanan Kesehatan	Berdampak langsung	Antar tahun	Provinsi		
	WASH	Berdampak tidak langsung	Antar tahun	Provinsi		
	Sosial-ekonomi	Berdampak tidak langsung	Antar tahun	Provinsi		
	Biofisik	Kemungkinan berdampak	Antar tahun	Provinsi		
	Lingkungan	Kemungkinan berdampak	Antar tahun	Provinsi		
	Faktor Iklim	Kemungkinan berdampak	Bulanan	Kab/Kota		

*) Berdampak langsung, berdampak tidak langsung, kemungkinan berdampak
 **) Data per jam, harian, mingguan, bulanan, musiman, tahunan, antar tahun, 10 tahun
 ***) Individu, rumah tangga, lokus, desa, kabupaten/kota, provinsi, nasional
 *****) Pandemi, endemis, nasional, lokal

1.2 Tujuan dan Sasaran

Tujuan dari pembuatan buku ini adalah untuk:

- Mengetahui data dan informasi sebaran spasial data iklim berdasarkan data BMKG tersedia untuk kondisi historis;
- Mengetahui sebaran spasial dan temporal kejadian penyakit berdasarkan data tersedia (KEMENKES), serta sebaran data anak dan remaja serta pasien anak dan remaja berdasarkan data tersedia;
- Melakukan identifikasi data dan *information gaps* setiap sub-topik kejadian penyakit untuk pemilihan analisis dan pemodelan;
- Melakukan analisis tumpang susun atau spasial korelasi pada berbagai data dan informasi yang telah didapatkan;
- Melakukan formulasi dan rekomendasi hasil analisis untuk perencanaan lanjutan;
- Mendokumentasikan hasil dan diskusi yang telah dilakukan dalam bentuk laporan fakta kejadian (*Evidence Based Report*) penyakit berbasis wilayah dan anak/remaja, buku profil, dan *policy brief*;
- Mendiskusikan arahan kebijakan kajian sektor kesehatan yang dapat mendorong penyusunan instrumen kebijakan, alat analisis praktis otomatis (model-model matematik yang diubah kalkulator *online*), dan aksi adaptasi di tingkat lokal;

1.3 Struktur dan Pemanfaatan

Apa yang ada dalam dokumen ini?

Dokumen ini merupakan profil terkait fakta kejadian (*evidence based*) dampak perubahan iklim terhadap kesehatan khususnya pada kelompok anak dan remaja yang menjelaskan mengenai data dan informasi berbagai penyakit maupun faktor risiko penyakit kesehatan yang memiliki keterkaitan erat dengan kejadian perubahan iklim.

Mengapa dokumen ini diperlukan?

Buku profil ini diperlukan sebagai bagian penting dari berkembangnya riset dan inovasi di bidang kesehatan lingkungan. Selain menjadi bukti adanya penelitian ilmiah terkait dampak perubahan iklim pada bidang kesehatan khususnya anak dan remaja, buku ini juga dapat diarahkan sebagai modalitas bagi pemerintah Indonesia dalam mengusung program pemerintah di bidang kesehatan. Buku ini juga dapat digunakan sebagai pertimbangan dan arahan pada penelitian selanjutnya.

Siapa yang dapat menggunakan dokumen ini?

Buku ini dapat digunakan oleh berbagai pihak yang memiliki kebutuhan analisis perubahan iklim dalam sektor kesehatan baik secara umum maupun secara tematis pada kejadian penyakit tertentu. Buku ini juga dapat menjadi pedoman dan informasi kemajuan aktivitas riset bagi peneliti pada kelompok litbang kementerian/ lembaga khususnya terkait dengan perubahan iklim. Data dan informasi dapat digunakan dalam perencanaan program kebijakan, terutama penyakit akibat dampak perubahan iklim baik dalam skala nasional maupun sub-nasional oleh para perencana program pemerintah di tingkat kementerian/ lembaga. Pemerintah pusat maupun daerah (provinsi, kabupaten/kota) juga dapat menggunakan buku ini sebagai arahan upaya adaptasi perubahan iklim terutama pada peningkatan resiliensi sosial dan sumber penghidupan yang tertuang dalam dokumen *Nationally Determined Contribution (NDC)*. Selain itu, perencanaan berbagai aktivitas adaptif oleh pihak swasta juga dapat didapat dari buku ini terutama berkaitan dengan pengembangan bisnis bidang kesehatan lingkungan. Tidak hanya itu, muatan dalam buku ini juga dapat digunakan sebagai pembelajaran dan dorongan inovasi bagi kelompok akademisi, terutama perguruan tinggi dalam mengarusutamakan perubahan iklim sektor kesehatan.

Bagaimana cara menggunakan dokumen ini?

Untuk menggunakan buku ini, pembaca diharapkan dapat membuka setiap bagian di dalamnya secara berurutan, terutama pada dua bagian awal yang menjelaskan tentang latar belakang penyusunan buku dan informasi umum terkait data dan informasi yang dibutuhkan.

1.4 Referensi

- Alexander K, Carzolio M, Goodin D dan Vance E. 2013. Climate changes is likely to worsen the public health threat of diarrheal disease in Botswana. *Environmental Research and Public health*. Vol 10(4). 10.3390/ijerph10041202
- Attina T dan Trasande L. 2013. Economic cost of childhood lead exposure in low and middle income countries. *Environmental Health Perspective*. 12 (9). <https://doi.org/10.1289/ehp.1206424>.
- Bengtsson L, Hodges KI, Roeckner E dan Brokopf R. 2006. On the natural variability of the pre-industrial European Climate. *Springer*. 27: 743-760.
- Blum, HL. 1974. *Planning for Health, Development and Application of Social Changes Theory*. New York (ID): Human Sciences Press.
- CDC. (2014). *Preparing for the regional health impact of climate change in united states*. US: Centre of Disease Control and Prevention.
- COP26 special report on climate change and health (2021).
- Ebi K, Vanos J, Baldwin J, Bell J, Hondula D, Errett N, Hayes K. 2021. Extreme weather and climate change: Population health and health system implication. *Annual Review of Public Health*. Vol 42: 293-315.
- Esmail BA dan Geneletti D. 2018. Multi-criteria decision analysis for nature conservation: a review of 20 years of applications. *British Ecological Society*. 9:1 (42-53). <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12899>.
- Gamble, Ebi, Grambsch, Sussman, dan Wilbanks. 2008. *Analyses of the Effects of Global Change on Human Health and Welfare and Human System*. United States Environmental Protection Agency (US).
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- KEMKES. (2019). *Rencana aksi nasional adaptasi perubahan iklim bidang Kesehatan*. Jakarta: Indonesia. Kementerian Kesehatan.
- KHLK. (2017). *Studi kerentanan, dampak dan risiko perubahan iklim di Indonesia*. Jakarta: Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kirton J dan Kickbusch I. 2019. *Health: A Political Choice*. GT Media. Toronto University.
- Melillo, Jerry M., Terese (T.C.) Richmond, and Gary W. Yohe, Eds., 2014: *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*. U.S. Global Change Research Program, 841 pp. doi: 10.7930/J0Z31WJ2.
- Pecl G, Araujo M, Williams S. Biodiversity redistribution under climate change impacts on ecosystems and human well-being. *Science*. 355(6332). DOI: 10.1126/science.aai9214.
- Permenkes No 35 Tahun 2012 tentang Pedoman identifikasi faktor risiko Kesehatan akibat perubahan iklim.
- Permenkes No 1018 tahun 2011 tentang Strategi Adaptasi Sektor Kesehatan terhadap Dampak Perubahan Iklim.
- Permen LHK 7 Tahun 2018 tentang Pedoman Kajian Kerentanan, Risiko, Dan Dampak Perubahan Iklim.

Permen LHK No 33 Tahun 2016 tentang Petunjuk teknis Penyusunan Aksi Adaptasi Perubahan Iklim.

Royal society 2020: Climate Change Evidence and Causes: An overview from the Royal Society and the US National Academy of Science.

Seidl R, Thom D, Kautz M, Benito DM, Peltoniemi M, Vacchian G, Wild J, Ascoli D, Petr M, Honkaniemi J. 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*. 7: 395-402.

Silva JR, Brito J, Akenhead R, Nassis G. 2016. The transition period in soccer: a window of opportunity. Springer. DOI: 10.1007/s40279-015-0419-3.

Swinburn B, Kraak V, Allender S, Atkins V, Baker P, Bogard J. 2019. The global syndemic of obesity, undernutrition and climate change: the Lancet commission report. *The Lancet*. Vol. 393 (10173): 791-846. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32822-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32822-8).

Tabari H. 2020. Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability. *Scientific Reports*. 10 (13768).

Trenberth KE, Dai A, Schrier G, Jones P, Briffa K dan Sheffield J. 2013. Global warming and changes in drought. 4: 17-22.

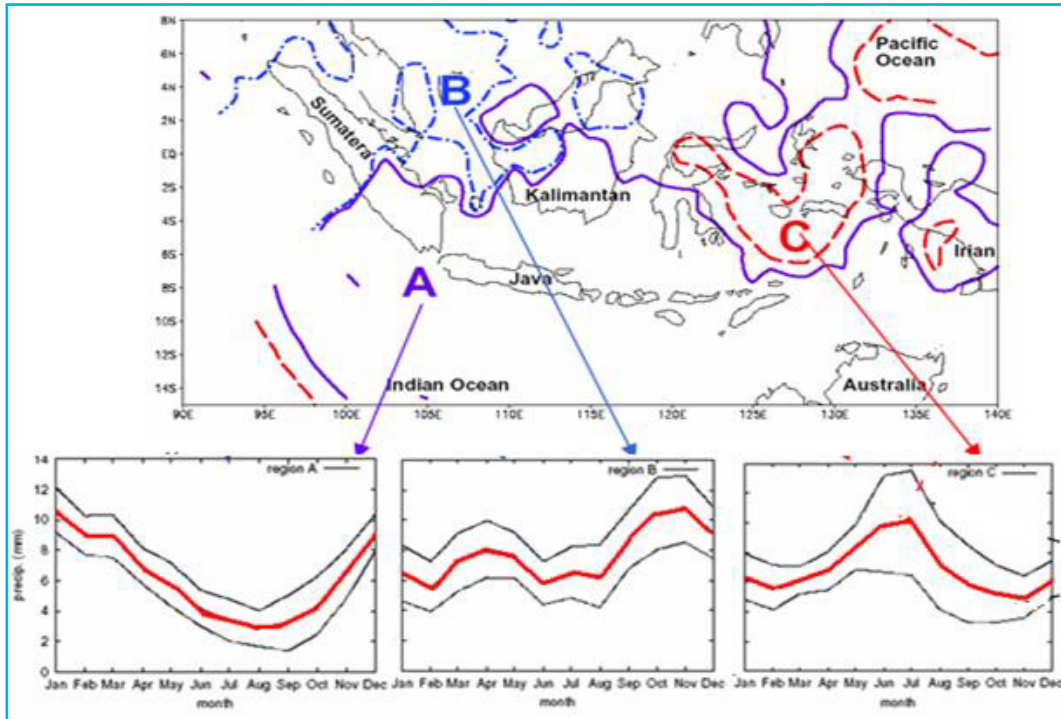
BAB II

**Gambaran Perubahan Iklim
di Indonesia**

2.1 Kondisi Iklim di Indonesia

Indonesia memiliki wilayah yang sangat luas sehingga memiliki keragaman pada kondisi iklimnya. Menurut Aldrian dan Susanto (2003) seperti yang ditunjukkan Gambar 2.1.1, Indonesia diklasifikasikan menjadi tiga wilayah iklim yaitu: monsoonal, ekuatorial dan lokal. Pembagian wilayah ini didasarkan oleh tipe curah hujan yang terjadi wilayah tersebut.

Gambar 2.1.1 Tiga tipe pola curah hujan (Aldrian dan Susanto (2003))

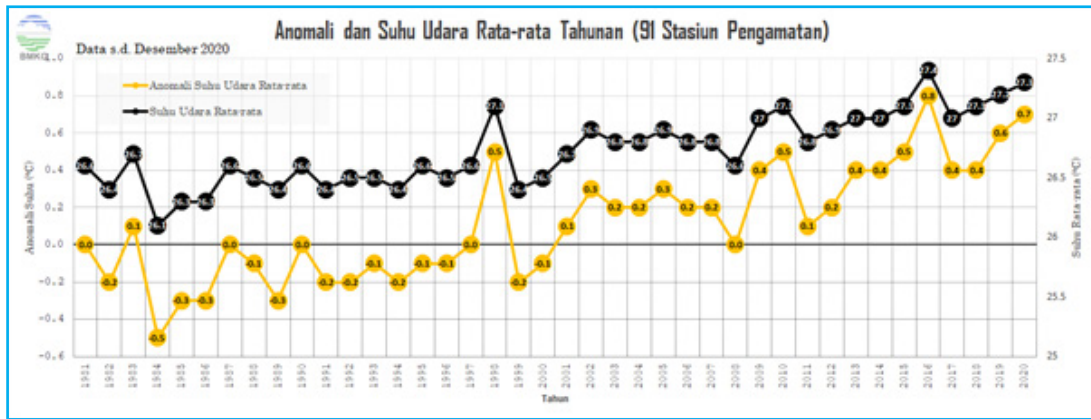


Tipe monsoonal memiliki satu puncak curah hujan yang terjadi pada bulan Desember, Januari dan Februari, pada bulan Juni, Juli dan Agustus terjadi musim kering dan enam bulan sisanya merupakan periode peralihan musim atau pancaroba. Daerah dominan yang memiliki tipe ini yaitu Pulau Jawa, beberapa wilayah di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Tipe Ekuatorial memiliki dua puncak curah hujan yang terjadi pada bulan Maret dan Oktober atau pada saat terjadinya ekuinoks. Wilayah ini meliputi Pulau Sumatera bagian barat, Kalimantan bagian utara, dan sebagian Papua. Sedangkan tipe lokal memiliki pola hujan yang berbeda dengan tipe monsoon maupun ekuatorial. Terjadi di daerah Sulawesi, Maluku dan sebagian Papua.

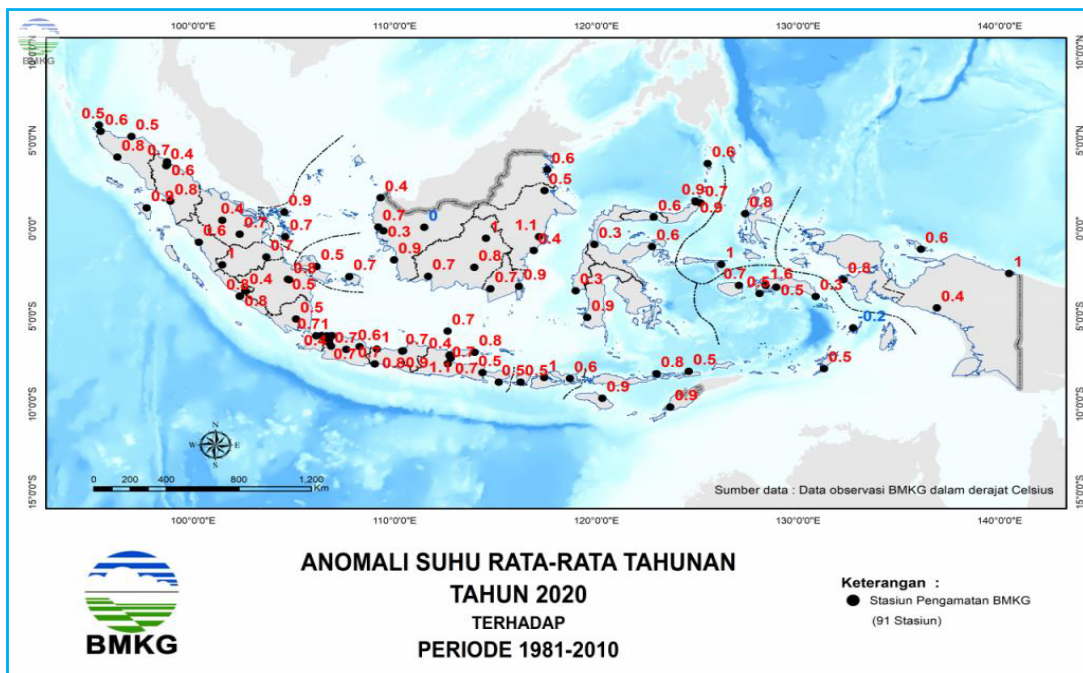
2.2 Anomali Suhu Udara

Anomali suhu udara dapat digunakan untuk menganalisis fenomena perubahan iklim. Anomali suhu udara tahunan dihitung dengan membandingkan suhu udara pada tahun tertentu, relatif terhadap rata-rata periode normal. Untuk menganalisis perubahan iklim rentang waktu yang digunakan minimal selama 30 tahun. Gambar 2.2.1 memperlihatkan *trend* anomali dan suhu udara dari tahun 1981-2020 dengan menggunakan data 91 stasiun pengamatan BMKG yang tersebar di Indonesia. Rata-rata periode normal yang digunakan dari rentang waktu tahun 1981- 2010 adalah sebesar $26,6^{\circ}\text{C}$ dan suhu udara rata-rata tahun 2020 adalah sebesar $27,3^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan Gambar 2.2.1, sebagian besar nilai anomali tahunan menunjukkan nilai anomali positif, dengan hanya sebagian kecil yang memiliki nilai negatif. Secara keseluruhan tahun 2016 merupakan tahun terpanas di Indonesia dengan nilai anomali sebesar $0,8^{\circ}\text{C}$. Selanjutnya diikuti dengan tahun 2020 dengan nilai anomali sebesar $0,7^{\circ}\text{C}$, dan tahun 2019 dengan nilai anomali sebesar $0,6^{\circ}\text{C}$. Laporan *World Meteorological Organization (WMO)* (terbit awal Desember 2020) juga menyebutkan bahwa tahun 2016 menjadi tahun terpanas dilihat dari suhu rata-rata globalnya, dengan tahun 2020 sedang on-the-track menuju salah satu dari tiga tahun terpanas yang pernah dicatat. Anomali maksimum tercatat di Stasiun Klimatologi Seram Bagian Barat (sebesar $1,6^{\circ}\text{C}$), sedangkan anomali minimum tercatat di Stasiun Meteorologi Karel Sadsuitubun - Maluku Tenggara (sebesar $-0,2^{\circ}\text{C}$) (Gambar 2.2.2).

Gambar 2.2.1 Anomali dan suhu rata-rata tahunan Indonesia (BMKG)



Gambar 2.2.2 Sebaran anomali suhu rata-rata tahunan 2020 terhadap periode 1981-2019

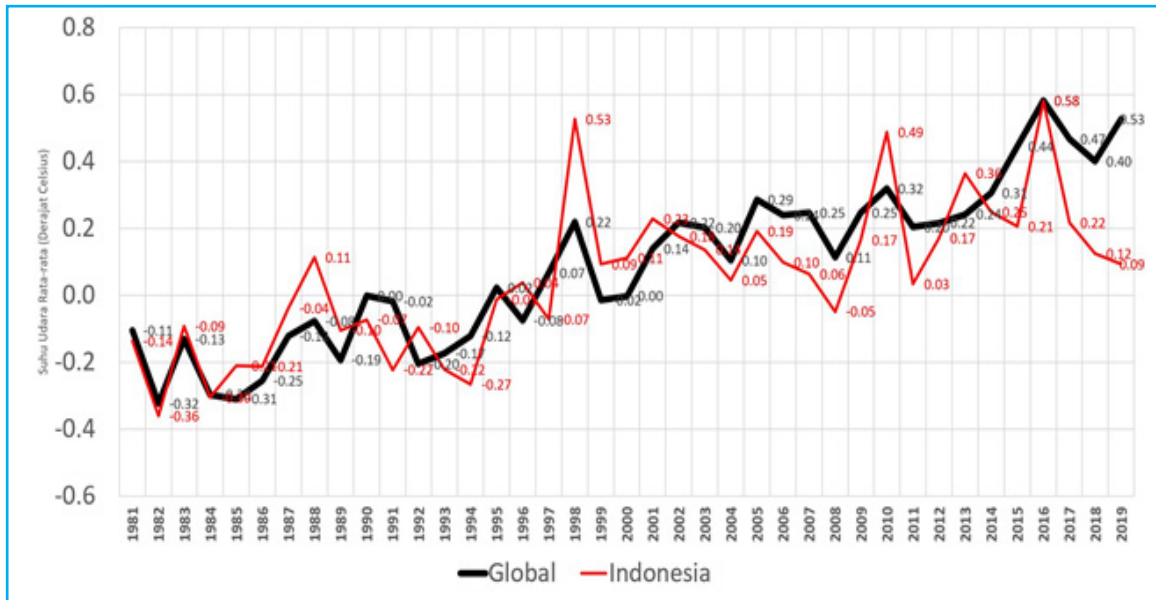


Gambar 2.2.3 Sebaran selisih suhu rata-rata tahun 2020 dan tahun 2019



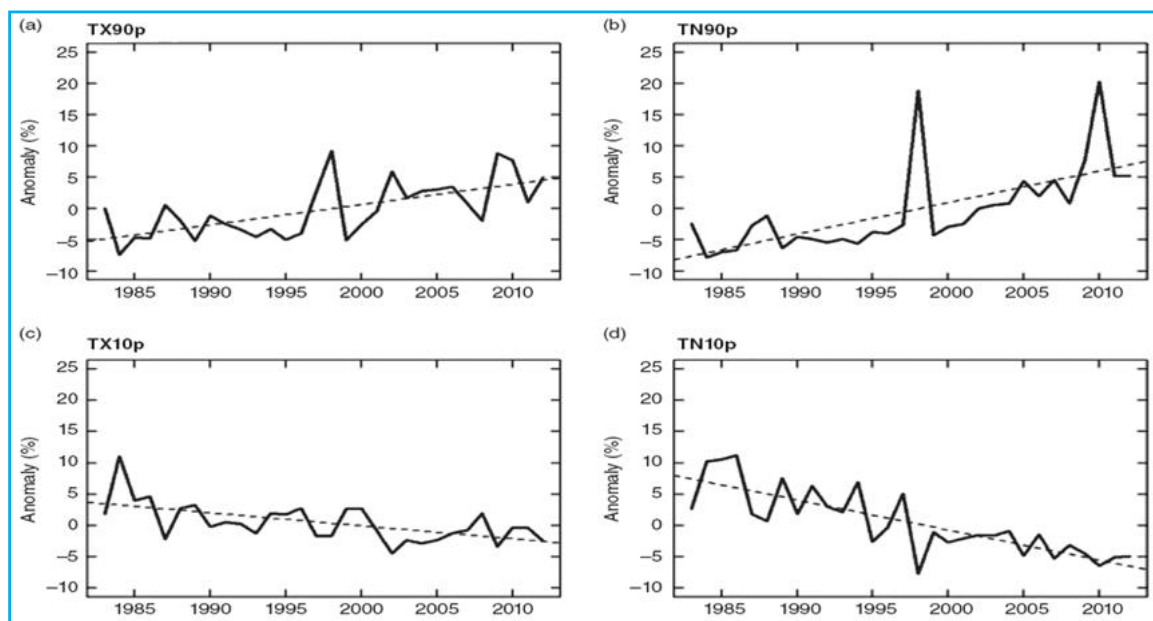
Komposisi selisih suhu udara rata-rata tahun 2020 dan 2019 di Indonesia memiliki nilai relatif seimbang antara kejadian penurunan suhu (biru) dan peningkatan suhu (merah). Peningkatan suhu terjadi di sebagian wilayah selatan Pulau Jawa, Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan, serta di seluruh Pulau Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua Barat. Penurunan suhu terjadi di sebagian wilayah utara Pulau Jawa, Sumatera, dan Sulawesi. Peningkatan suhu terbesar terjadi di Stasiun Klimatologi Seram Bagian Barat (sebesar 1,3°C), dan penurunan suhu terbesar terjadi di Stasiun Meteorologi Mozez Kilangin - Mimika (sebesar -0,4°C).

Gambar 2.2.4 *Trend* peningkatan suhu global dan Indonesia tahun 1981-2020



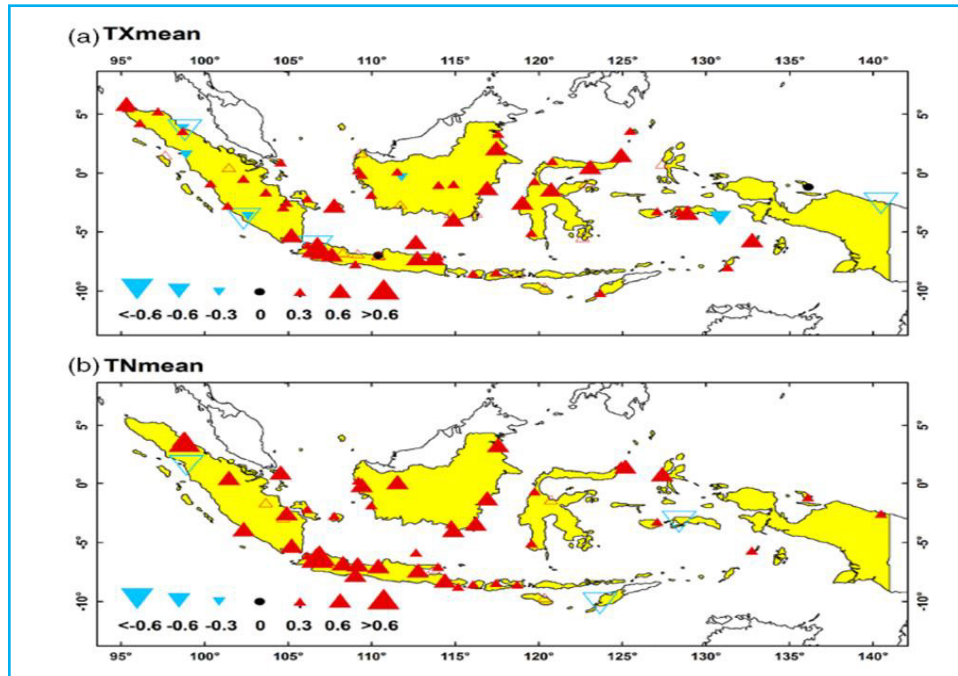
Fenomena pemanasan global juga dialami oleh Indonesia yang juga mengalami trend peningkatan suhu udara, bila dibandingkan antara suhu udara global dan rata-rata suhu udara Indonesia terhadap suhu rata-rata periode 1981-2020, terlihat keduanya mengalami trend peningkatan suhu udara.

Gambar 2.2.5 Trend indeks ekstrem TX90P, TX10P, TN90P dan TN10P di Indonesia



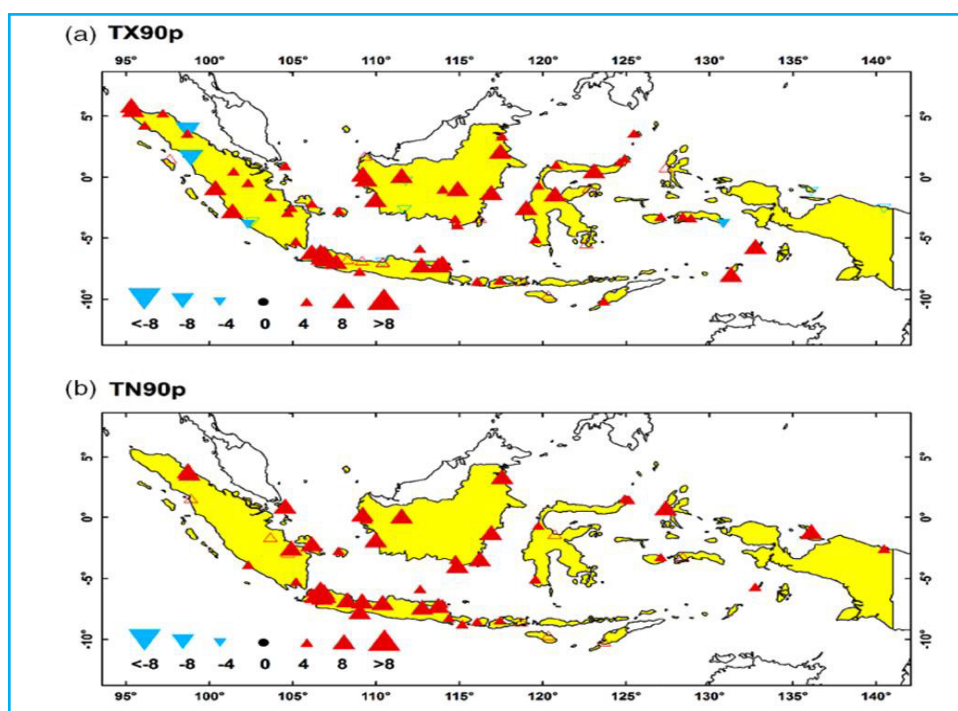
Anomali indeks ekstrem di Indonesia menunjukkan bahwa indeks ekstrem TX90P dan TN90P mengalami kenaikan sedangkan TX10p dan TN10p mengalami penurunan. Artinya Indonesia mengalami kenaikan jumlah hari panas pada siang hari dan penurunan jumlah hari dingin pada malam hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa di Indonesia telah terjadi kenaikan suhu global.

Gambar 2.2.6 Trend peningkatan indeks ekstrem Suhu Rata-rata maksimum tahunan (*TXmean*) dan suhu rata-rata minimum tahunan (*TNmean*) di Indonesia (Sumber: Aldrian dan Susanto (2003))



Sebagian besar *TXmean* tahunan mengalami kenaikan juga terjadi pada suhu rata-rata minimum tahunan. Perubahan tahunan TX90p (*warm days*) dan TN90p (*warm night*) mengalami kenaikan di sebagian besar wilayah di Indonesia. Artinya, selama pengamatan, wilayah-wilayah tersebut mengalami kenaikan suhu dan makin banyak jumlah hari panas yang terjadi saat siang dan malam hari seperti yang ditunjukkan Gambar 2.2.7

Gambar 2.2.7 Trend peningkatan indeks ekstrem TX90p (*warm days*) dan TN90p (*warm night*) di Indonesia (Sumber: Supari et al., (2016))

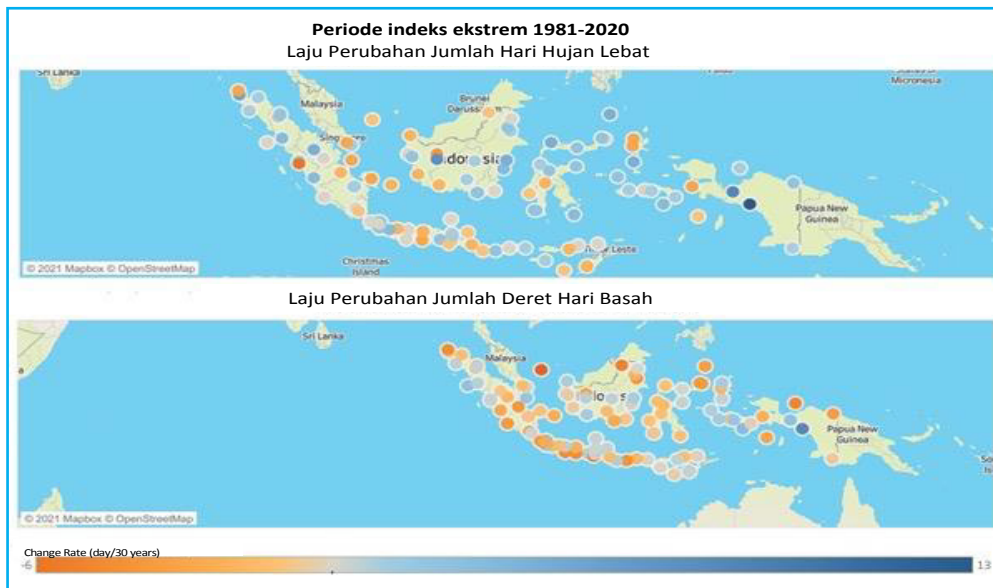


2.3 Indikasi Perubahan Iklim di Indonesia

Perubahan iklim dapat diindikasikan dari peristiwa ekstrem yang semakin sering terjadi. Peristiwa ekstrem diukur melalui indeks ekstrem. Laporan IPCC (2007) menyebutkan bahwa terdapat 81 indeks dalam mengukur dampak perubahan iklim yang terjadi. Acuan frekuensi dan nilai indeks sesuai dengan yang dikeluarkan oleh ETCCDI (*Expert Team on Climate Change Detection Indices*). Akan tetapi, tidak semua 81 indeks diperlukan di wilayah Indonesia. Gambar 2.3.1 menunjukkan indeks ekstrem tentang laju perubahan hari hujan lebat dan jumlah deret hari basah. Kedua indeks ekstrem ini dilakukan untuk mengetahui kondisi suatu wilayah apakah terjadi peningkatan frekuensi hujan lebat dan hujan berturut-turut.

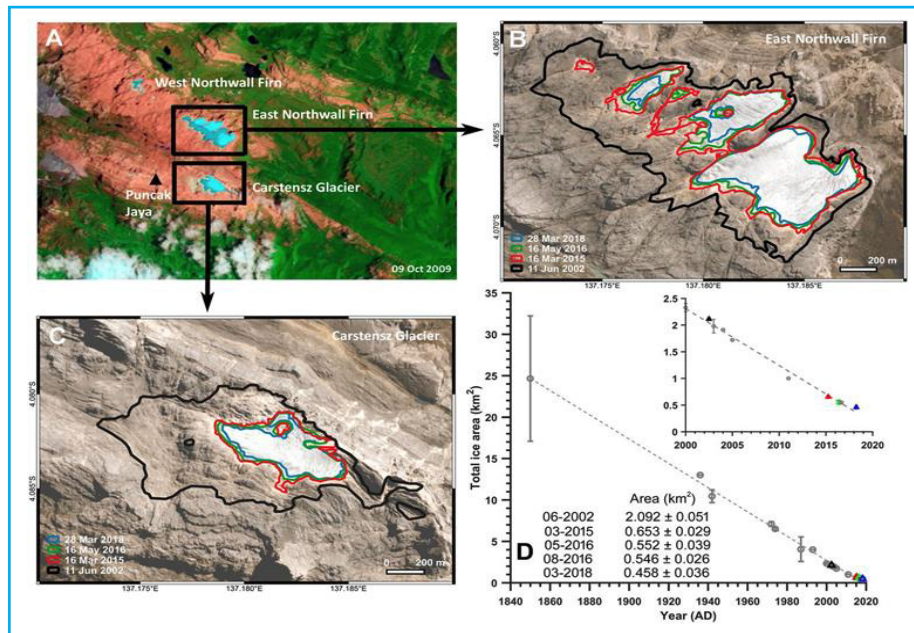
Analisis spasial beberapa parameter cuaca/iklim sering kali dipakai sebagai bahan informasi perubahan iklim, meliputi sebaran kejadian curah hujan ekstrem dengan kriteria curah hujan di atas 50 mm dalam satu hari. Untuk meninjau bagaimana pengaruh banyaknya hari hujan terhadap iklim atau perubahan iklim, maka dianalisis pula kejadian frekuensi jumlah hari hujan berturut-turut terpanjang (*Wet Spell*) dan frekuensi jumlah hari tidak hujan berturut-turut terpanjang (*Dry Spell*) di wilayah Indonesia selama periode tersebut. Gambar 2.3.1 menunjukkan semakin menuju warna biru maka wilayah tersebut semakin basah, sedangkan semakin menuju warna merah maka wilayah tersebut semakin kering. Secara umum wilayah Indonesia menunjukkan kecenderungan semakin kering dengan peningkatan kejadian hujan ekstrem semakin tinggi.

Gambar 2.3.1 Laju perubahan jumlah hari hujan lebat dan laju perubahan jumlah deret hari basah periode 1981-2020 (iklim.bmkg.go.id)



Indikasi lainnya dari dampak perubahan iklim lainnya di Indonesia adalah peningkatan pengurangan tutupan dan ketebalan salju di Pegunungan Jaya Wijaya. Inti es dari gletser Papua menyimpan rekaman iklim sejak 1964 dan menunjukkan pengaruh kenaikan suhu udara di wilayah tropis Pasifik yang diperkuat oleh El Niño. Tebal es berkurang sekitar 5,26 meter dari 2010-2016, dengan rata-rata berkisar 1,05 m per tahun dengan tebal es berkurang sekitar 5,7 meter November 2015 – November 2016. Hal ini disebabkan karena tahun 2015/2016 merupakan tahun El Nino kuat yang meningkatkan suhu udara dan mengurangi curah hujan dari kondisi normal. Secara global, pencairan gletser memiliki kontribusi terbesar terhadap kenaikan tinggi muka laut. Tahun 2020 pada bulan Mei luas total gletser 0,34 km² mengalami penurunan dibandingkan dengan tahun 2018 pada bulan Maret dengan luas total gletser 0,46 km². Kedua tahun ini memiliki total gletser yang sangat sedikit jika dibandingkan dengan tahun 1850 dengan total gletser 19 km² (Permana et al., 2019).

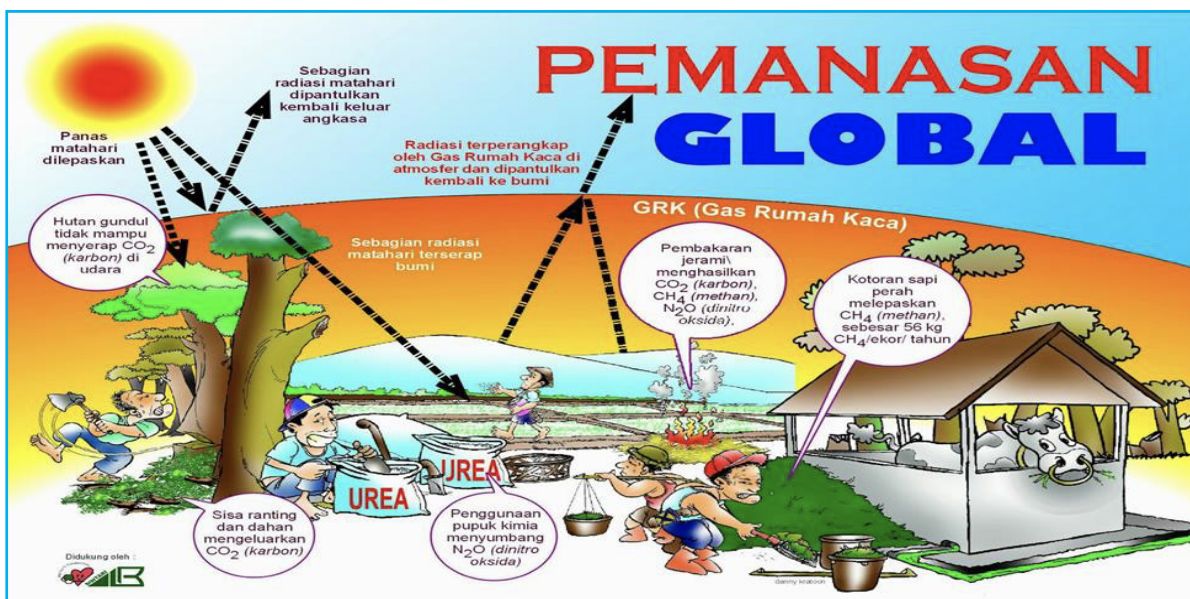
Gambar 2.3.2 Perubahan luas es total dan dampak El Niño 2015–2016 terhadap gletser Papua



2.4 Faktor Penyebab Perubahan Iklim

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) mendefinisikan perubahan iklim sebagai perubahan terhadap kondisi iklim berupa perubahan komposisi atmosfer global dan variabilitas iklim alami pada periode waktu yang dapat dibandingkan. Komposisi atmosfer global yang dimaksud merujuk pada komposisi material atmosfer termasuk Gas Rumah Kaca (GRK), yang terdiri atas Karbon Dioksida (CO₂), Metana (CH₄), Nitrogen (N), dan sebagainya. Konsentrasi GRK yang semakin meningkat menyebabkan penebalan pada lapisan atmosfer, sehingga menyebabkan jumlah panas bumi yang terperangkap di atmosfer semakin banyak dan mengakibatkan peningkatan suhu bumi yang disebut pemanasan global (Gambar 2.4.1)

Gambar 2.4.1 Aktivitas manusia yang menghasilkan emisi CO₂



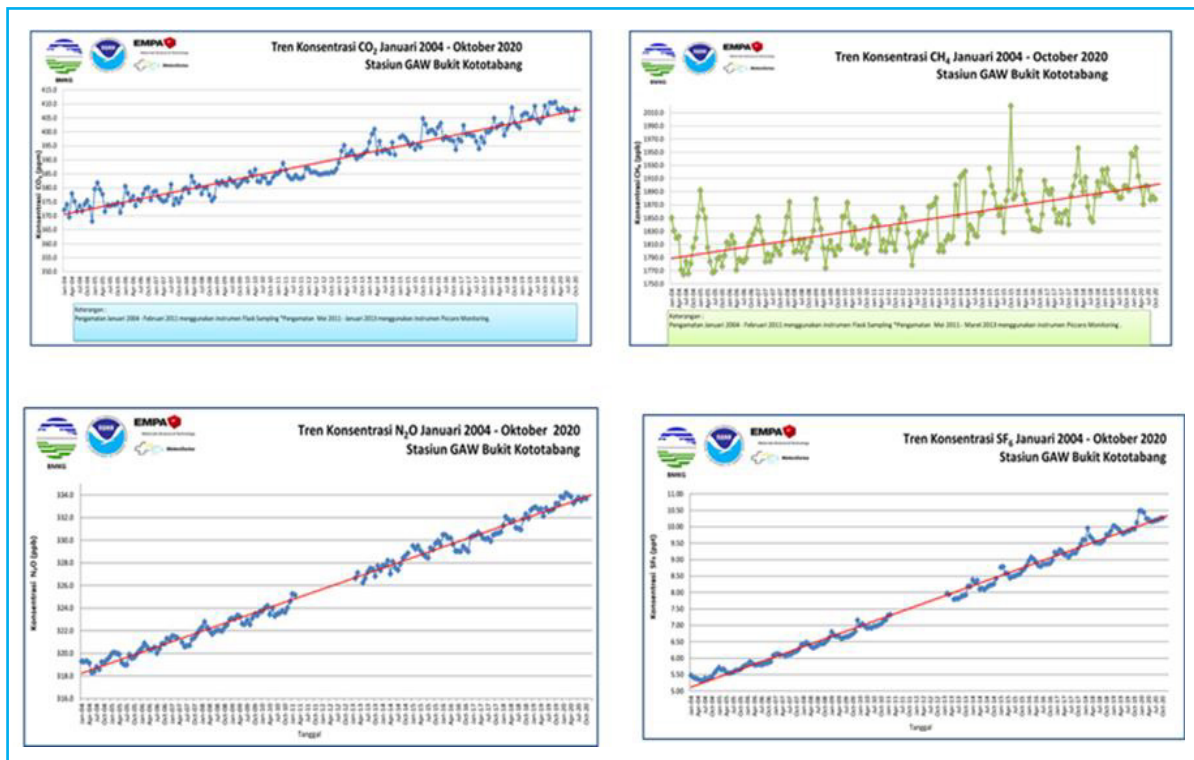
Catatan: CFS, Chlorofluorocarbons.

Variabilitas iklim adalah variasi iklim dalam keadaan rata-rata atau statistik lain di semua skala temporal dan spasial pada satu periode waktu tertentu (seperti: satu bulan, musim atau tahun), dibandingkan dengan statistik jangka panjang untuk periode kalender yang sama. Variabilitas Iklim biasanya disebut dengan anomali. Perbedaan antara variabilitas iklim dan perubahan iklim terlihat pada jangka waktu perubahan yang terjadi. Variabilitas iklim terlihat pada perubahan yang terjadi didalam kerangka waktu yang pendek, seperti satu bulan, satu musim atau satu tahun. Sedangkan, perubahan iklim terjadi pada periode waktu yang lebih lama, yaitu pada periode dekade atau lebih lama lagi. Perubahan Iklim merujuk kepada satu perubahan keadaan rata-rata iklim atau variabilitasnya secara signifikan dalam satu periode yang panjang (dekade atau lebih lama lagi).

Perubahan iklim disebabkan baik secara langsung maupun tidak langsung oleh aktivitas manusia, seperti penggunaan bahan bakar fosil yang menyebabkan pencemaran udara, perubahan fungsi lahan, pembuangan limbah sembarangan dan kegiatan industri. Oleh sebab itu, pentingnya perencanaan dan pengimplementasian aksi adaptasi perubahan iklim dalam mengurangi dampak negatif perubahan iklim.

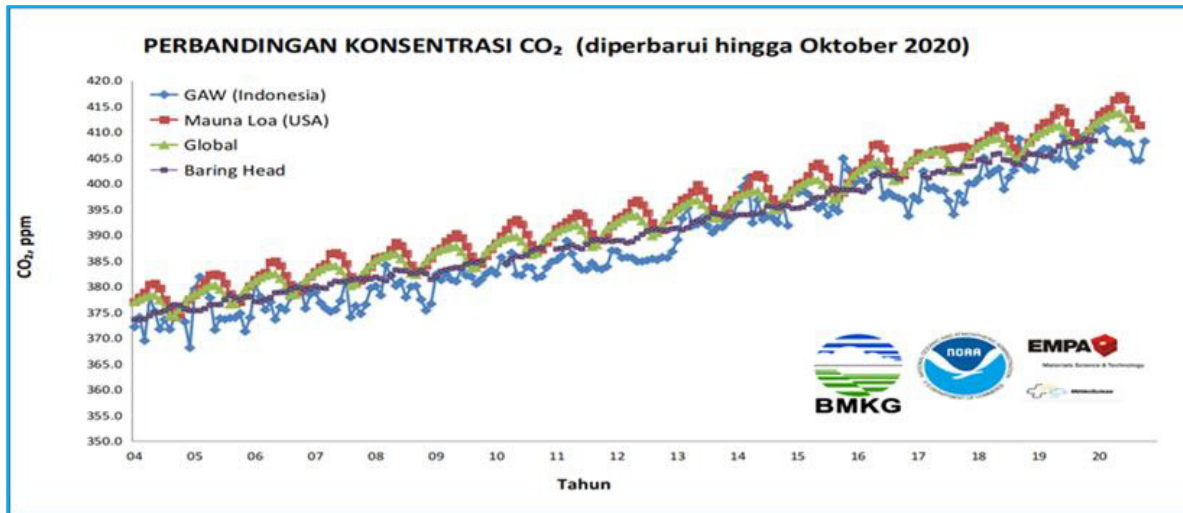
Laju peningkatan konsentrasi GRK di Stasiun *Global Atmosphere Watch (GAW)* BMKG Bukit Kototabang: karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrous oksida (N_2O), dan sulfur heksafluorida (SF_6) berturut-turut sebagai berikut: 1,6 ppm/tahun, 0,089 ppm/tahun, 0,012 ppm/tahun, dan 0,000004 ppm/tahun. Konsentrasi CO_2 menunjukkan kecenderungan naik dari tahun 2004 hingga tahun 2019. Kenaikan konsentrasi CO_2 dari tahun 2004 hingga tahun 2019 mencapai nilai 29,5 ppm/15 tahun pengamatan. Tercatat hingga bulan Oktober konsentrasi CO_2 mencapai nilai 408,2 ppm.

Gambar 2.4.2 *Trend* Konsentrasi CO_2 , CH_4 , N_2O dan SF_6 di Stasiun GAW Kototabang



Hasil pengamatan di Stasiun GAW Kototabang menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi selama 16 tahun pengamatan Gas Rumah Kaca (GRK) untuk karbon dioksida (CO_2) berkisar antara $389,0 \pm 11,2$ ppm, metana (CH_4) $1844,5 \pm 44,8$ ppb, nitrogen oksida (N_2O) $326,1 \pm 4,9$ ppb, dan sulfur heksafluorida (SF_6) $7,7 \pm 1,6$ ppt.

Gambar 2.4.3 Perbandingan *trend* Konsentrasi CO₂ Stasiun GAW Kototabang, Mauna Loa dan Baring Head



Gambar 2.4.3 memperlihatkan konsentrasi CO₂ global, GAW Indonesia (ekuator), Mauna Loa (Belahan Bumi Utara), dan Baring Head (Belahan Bumi Selatan). Secara umum, konsentrasi CO₂ di Bukit Kototabang (GAW) Indonesia lebih rendah daripada konsentrasi CO₂ Global, Mauna Loa, Baring Head, namun mempunyai kecenderungan yang sama terus menerus meningkat. Konsentrasi CO₂ dengan Bukitkototabang-Indonesia masih berada di bawah nilai konsentrasi CO₂ di Mauna-Loa Hawaii, dan Baring-Head New Zealand. Berbeda dengan Mauna-Loa dan Bukitkototabang, nilai konsentrasi Baring Head yang tidak menunjukkan siklus fluktuatif. Konsentrasi CO₂ di Bukitkototabang secara umum berada di bawah nilai konsentrasi CO₂ global. Walaupun demikian konsentrasi CO₂ secara umum menunjukkan kecenderungan naik dan mencapai nilai 400 ppm. Selain dengan Mauna Loa sebagai acuan pengamatan GRK, kita membandingkan dengan Baring-Head New Zealand karena secara geografis lebih dekat dengan Indonesia dibandingkan dengan Mauna Loa.

2.5 Keterkaitan perubahan iklim

Fakta-fakta yang telah dijelaskan di atas merupakan gambaran umum perubahan iklim yang terjadi khususnya di Indonesia. Indikasi-indikasi perubahan iklim ini telah mengakibatkan dampak pada berbagai sektor kehidupan khususnya di sektor kesehatan.

Berbagai fakta-fakta perubahan iklim tersebut menunjukkan bahwa:

1. Perubahan iklim di Indonesia telah terjadi dan mengakibatkan dampak ke berbagai sektor kehidupan diantaranya pertanian, kesehatan, sumber daya air dan kelautan
2. Perubahan iklim ditandai dengan: meningkatnya suhu udara secara global, perubahan curah hujan, meningkatnya kejadian/peristiwa ekstrem, kenaikan muka air laut, peningkatan keasaman air laut dan peningkatan komposisi atmosfer khususnya Gas Rumah Kaca (GRK).
3. Dampak perubahan iklim sektor kesehatan telah menyebabkan meningkatnya potensi *trend* kenaikan penyakit yang terpengaruh langsung parameter iklim
4. Langkah-langkah yang harus dilakukan oleh segenap lapisan masyarakat adalah melakukan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim.
5. Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di bidang kesehatan diantaranya adalah membuang sampah pada tempatnya, menjaga kebersihan lingkungan, pengelolaan limbah medis yang ketat dan sesuai prosedur dan langkah lain-lainnya

Dari kondisi tersebut diharapkan:

1. Terciptanya sistem kesehatan dapat melindungi masyarakat dari dampak perubahan iklim;
2. Identifikasi pola penyakit menular maupun tidak menular yang meningkat akibat perubahan iklim dapat dicegah, dan dikendalikan;
3. Advokasi kebijakan dan program-program kesehatan di fasilitas kesehatan maupun di masyarakat dapat memprioritaskan adaptasi perubahan iklim;
4. Komunikasi risiko, promosi kesehatan dan pemberdayaan masyarakat dapat melindungi penduduk dari dampak perubahan iklim yang mengancam kesehatan.

2.6 Referensi

Aldrian, Edvin, and R Dwi Susanto. 2003. Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, vol. 23, no. 12, pp. 1435–1452.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) , 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Geneva: IPCC.

Permana, Donald, et al. 2019. Disappearance of the last tropical glaciers in the Western Pacific Warm Pool (Papua, Indonesia) appears imminent. *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 16, no. 52, pp. 26382–26388.

Supari, et al. 2016. Observed changes in extreme temperature and precipitation over Indonesia. *International*.

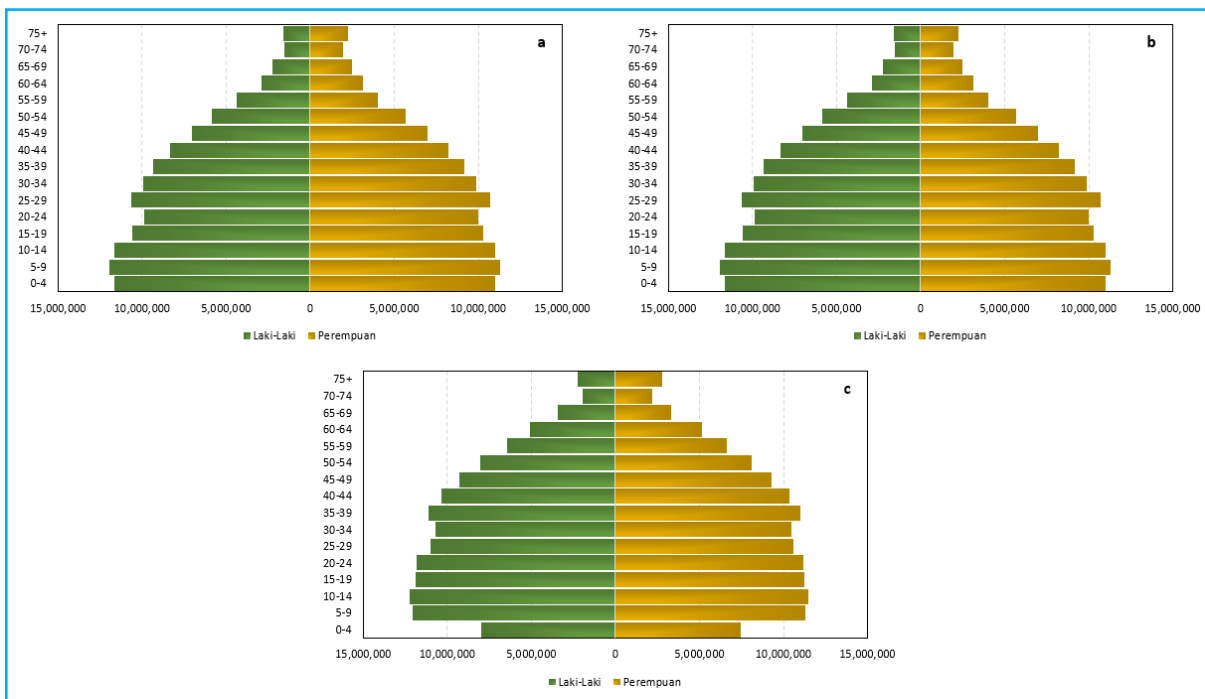
BAB III

**Demografi Data Berbasis
Kelompok Umur**

3.1 Struktur Demografi berbasis kelompok umur

Berdasarkan teori epidemiologi terdapat tiga (3) komponen yang saling berinteraksi, yaitu: lingkungan (kondisi iklim dan wilayah), *host* – genetik (pejamu), dan agen (faktor penyebab) sebagai determinan Kesehatan (KEMKES, 2019). *Host* (pejamu) adalah faktor risiko yang mempengaruhi kejadian penyakit secara intrinsik. Beberapa komponen dari faktor pejamu yang biasanya menjadi faktor timbulnya suatu penyakit adalah umur dan jenis kelamin. Komposisi umur dan jenis kelamin penduduk Indonesia tahun 2000, 2010, dan 2020 berdasarkan sensus penduduk dapat digambarkan menggunakan piramida penduduk (Gambar 3.1.1). Secara umum, proporsi jumlah perempuan dan laki-laki untuk rentang umur dibawah 70 tahun tidak jauh berbeda pada tahun 2000, 2010, dan 2020. Namun, terdapat kecenderungan proporsi jumlah perempuan yang lebih tinggi daripada jumlah laki-laki untuk rentang umur diatas 70 tahun baik pada tahun 2000, 2010, maupun 2020.

Gambar 3.1.1 Piramida penduduk indonesia berdasarkan sensus penduduk tahun 2000 (a), 2010 (b), dan 2020 (c)



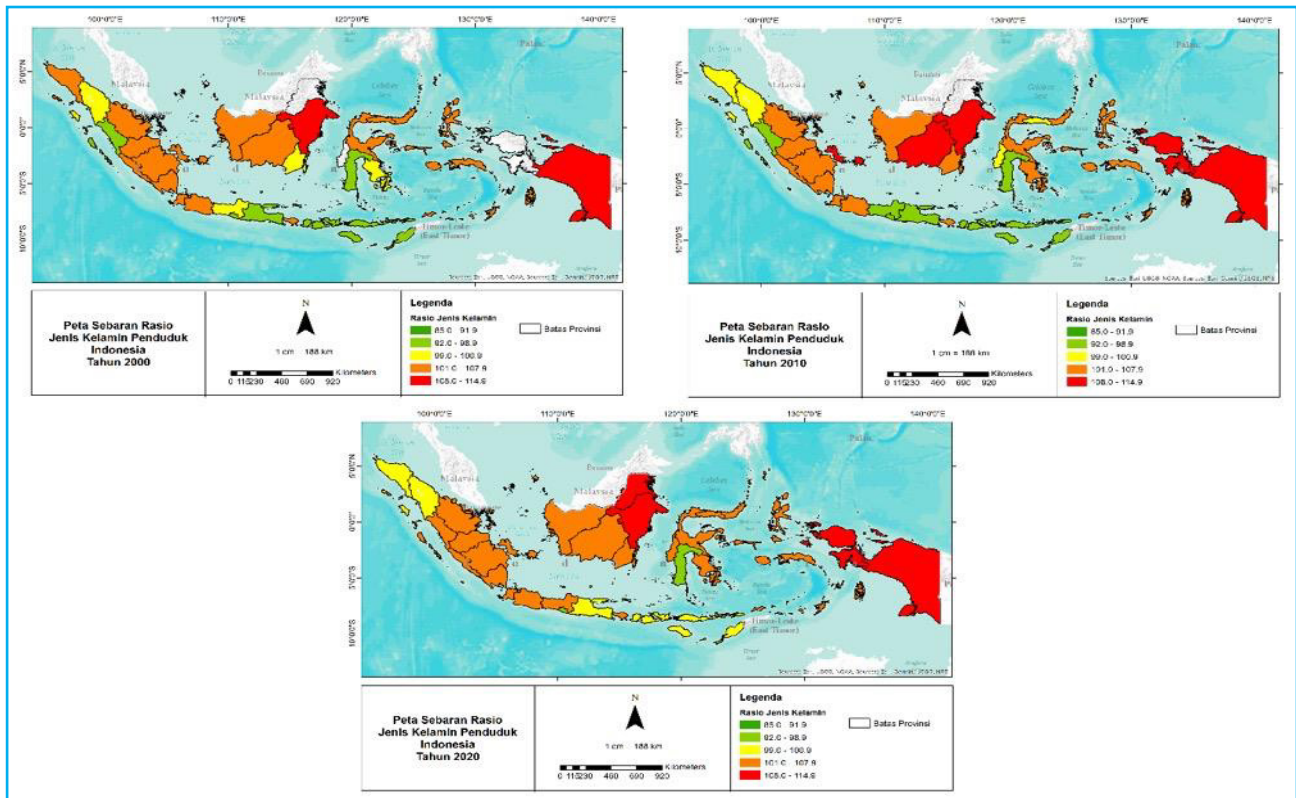
Jenis kelamin dan umur yang mempengaruhi kejadian penyakit pada seseorang berkaitan dengan kebiasaannya (Deeks et al., 2009). Menurut Deeks et al., (2009), faktor-faktor kebiasaan yang dapat mempengaruhi kesehatan seseorang adalah gaya hidup (92%), hubungan (82%), dan kondisi lingkungan (80%). Selain kebiasaan, jenis kelamin juga dapat mempengaruhi kesehatan berkaitan dengan faktor genetik, dan hormon, seperti kanker serviks yang hanya terjadi pada wanita atau kanker prostat yang hanya terjadi pada pria (KEMKES, 2019). Menurut Abad-Diez et al., (2014), pola penyakit yang cenderung terjadi pada perempuan adalah yang berkaitan dengan penyakit mekanis seperti artropati, nyeri serviks, gangguan metabolisme lemak, nyeri punggung bawah, osteoporosis, penyakit tiroid, dan varises. Sedangkan, pola penyakit yang cenderung terjadi pada laki-laki adalah penyakit kardiometabolik seperti aterosklerosis, aritmia jantung, diabetes, hipertensi, penyakit jantung iskemik, kekurangan zat besi, obesitas dan gangguan kardiovaskuler lainnya. Abad-Diez et al., (2014) juga menyatakan bahwa sebanyak 67.5% penduduk lansia menderita dua atau lebih penyakit kronis. Jika dikaitkan dengan perubahan iklim, dampak perubahan iklim pada masa depan berisiko mempengaruhi sistem imun penduduk dengan kelompok umur rentan, yaitu anak-anak dan lansia. Iklim masa depan menunjukkan peluang peningkatan risiko penyakit terutama di kota-kota besar (Subiyanto et al., 2018).

3.2 Pemetaan Spasial Penduduk Indonesia

3.2.1 Penduduk Indonesia berdasarkan Jenis Kelamin

Secara spasial, rasio jenis kelamin laki-laki dan perempuan berdasarkan sensus penduduk pada tahun 2000, 2010, dan 2020 digambarkan pada Gambar 3.2.1. Nilai rasio <100 menunjukkan kecenderungan jumlah penduduk perempuan yang lebih banyak di provinsi tersebut. Sebaliknya, nilai rasio >100 menunjukkan kecenderungan jumlah penduduk laki-laki yang lebih banyak. Nilai tengah menunjukkan proporsi yang sama antara jumlah perempuan dan laki-lakinya. Pada tahun 2020 terlihat bahwa proporsi laki-laki yang cenderung lebih banyak pada sebagian besar provinsi di Indonesia.

Gambar 3.2.1 Peta sebaran rasio jenis kelamin penduduk Indonesia tahun 2000, 2010, dan 2020

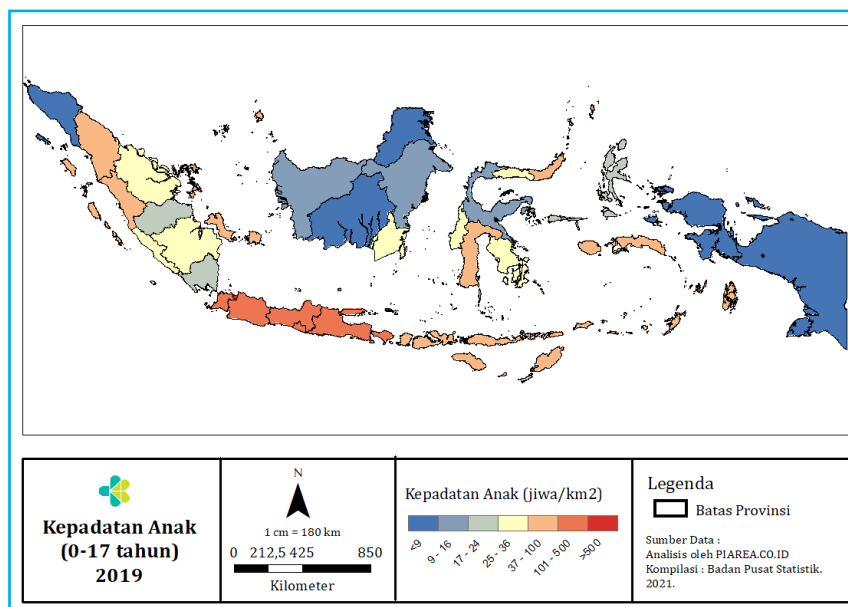


3.2.2 Penduduk Indonesia berdasarkan Kelompok Umur

Anak-anak khususnya balita menjadi kelompok yang rentan terkena dampak dari perubahan iklim dan hal tersebut dapat mengancam kesehatan, pendidikan dan perlindungan mereka. Anak-anak di Indonesia mengalami keterpaparan tinggi terhadap penyakit tular vektor, tular udara, dan penyakit yang timbul karena terjadinya bencana seperti banjir. Tingginya keterpaparan pada anak-anak salah satunya disebabkan sistem kekebalan tubuh yang masih lemah (UNICEF, 2021). Berikut sebaran anak dan balita yang menjadi salah satu indikator kerentanan penyakit.

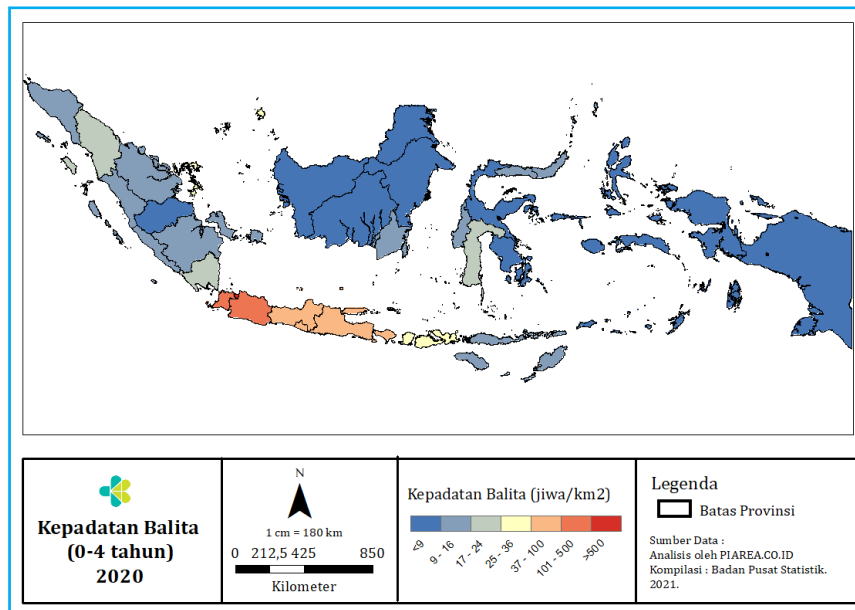
Kepadatan penduduk menentukan tingkat risiko penularan penyakit tular vektor. Padatnya populasi meningkatkan risiko kontak baik antar individu (Lupatsch et al., 2018) maupun risiko kontak antara manusia dan vektor. Kepadatan populasi manusia dan pembangunan sosial-ekonomi bertindak sebagai *proxy* yang masuk akal untuk beberapa perubahan antropogenik yang mempengaruhi kejadian penyakit menular. Tingginya kepadatan hunian dapat meningkatkan risiko dan intensitas infeksi, karena mempermudah transmisi penyakit (Syani et al., 2015). Selain itu, kepadatan populasi anak yang lebih tinggi dapat menyebabkan sirkulasi infeksi yang lebih tinggi di suatu lingkungan (Lupatsch et al., 2018). Anak-anak sekolah serta anak-anak yang berada dalam lingkungan yang sama memiliki frekuensi kontak yang lebih tinggi, sehingga risiko terpapar infeksi penyakit lebih tinggi (Lupatsch et al., 2018), terutama bagi anak-anak yang tinggal di daerah perkotaan yang umumnya memiliki kepadatan penduduk yang tinggi. Berdasarkan peta kepadatan anak di atas (Gambar 3.2.2), Provinsi DKI Jakarta menjadi wilayah dengan tingkat kepadatan anak tertinggi mencapai 1.000 jiwa/km². Provinsi di Pulau Jawa dan Bali menjadi daerah selanjutnya dengan kategori kepadatan tinggi (100-500 jiwa/km²). Kategori kepadatan sedang (37-100 jiwa/km²) berada di wilayah Nusa Tenggara dan beberapa wilayah Sumatera dan Sulawesi. Wilayah-wilayah tersebut teridentifikasi sebagai wilayah dengan risiko penyakit tinggi, khususnya penyakit tular vektor dan penyakit tular udara.

Gambar 3.2.2 Peta kepadatan anak (0-17 tahun) tahun 2019



Gambar 3.2.3 menunjukkan bahwa kepadatan balita dengan kategori tinggi berpusat di Pulau Jawa dan Bali. Kepadatan tertinggi terdapat di Provinsi DKI Jakarta dengan lebih dari 1.000 jiwa/km². Hal tersebut menunjukkan bahwa anak-anak yang tinggal di Pulau Jawa dan Bali, khususnya Jakarta berisiko tinggi terinfeksi penyakit. Berdasarkan hasil penelitian Lupatsch et al., (2018), kepadatan anak di lingkungannya adalah *proxy* mengenai buruknya paparan infeksi pada masa balita. Balita dapat tertular penyakit infeksi melalui kontak dekat dengan saudara yang lebih tua atau anggota keluarga lain (Lupatsch et al., 2018).

Gambar 3.2.3 Peta kepadatan balita (0-4 tahun) tahun 2020



3.3 Keterkaitan demografi berbasis kelompok umur

Sebaran penduduk akan berdampak pada kesehatan terutama untuk wilayah yang rentan perubahan iklim. Secara umum proporsi usia penduduk Indonesia terbesar ada pada kelompok usia remaja dan anak-anak, kemudian pada kelompok usia produktif, balita, dewasa dan lansia. Kelompok umur balita, anak-anak dan remaja merupakan kelompok rentan terhadap iklim. Bencana akibat kejadian iklim ekstrem dan stres panas dapat menyebabkan gangguan kesehatan maupun psikis terhadap anak-anak. Selain itu bencana yang terjadi akibat banjir, kekeringan juga dapat meningkatkan risiko penyakit dengan patogen yang terbawa air maupun makanan. Oleh sebab itu kelompok usia balita merupakan kelompok yang paling rentan karena sistem kekebalan tubuh yang terbentuk belum sempurna, sehingga dapat meningkatkan angka keterjangkitan dan kematian pada balita.

Faktor gender juga membawa pengaruh terhadap kerentanan penyakit. Selain risiko penyakit yang dibawa oleh genetik, kelompok laki-laki memiliki risiko lebih tinggi terhadap penyakit yang terkait dengan aktivitas pekerjaan di luar ruangan maupun perilaku. Pekerjaan yang dilakukan di ladang dan sawah dapat meningkatkan risiko penyakit tular vektor dan zoonotik yang berasal dari vektor nyamuk dan juga keong. Merokok pada umumnya dilakukan oleh sebagian besar kelompok laki-laki, sehingga laki-laki memiliki risiko yang lebih besar menderita penyakit akibat perilaku merokok. Pada perempuan aktivitas di dalam rumah juga memiliki risiko terhadap penyakit terutama penyakit yang terkait dengan kualitas udara dalam ruang, seperti TB paru, pneumonia dan ISPA. Peta sebaran penduduk berdasarkan gender dapat menjadi indikator untuk mengetahui kelompok yang rentan akibat aktivitas dan juga perilaku sehingga dapat melakukan intervensi yang sesuai untuk mengurangi risiko kejadian penyakit.

Kepadatan populasi penduduk juga akan berpengaruh pada transmisi patogen pembawa penyakit. Pemetaan kepadatan anak dilakukan untuk mengetahui risiko wilayah yang lebih rentan berdasarkan kelompok usia. Semakin padat populasi anak maka akan semakin berisiko untuk tertular dengan penyakit. Penyakit diare dan pneumonia memiliki risiko tinggi sebagai penyebab kematian pada balita dan anak-anak. Penanganan dan intervensi program untuk menurunkan kejadian diare dan pneumonia perlu mempertimbangkan peta kepadatan balita dan anak sehingga dapat risiko penyakit dapat dikurangi.

3.4 Referensi

Abad-Díez, J.M., Calderón-Larrañaga, A., Poncel-Falcó, A. et al. (2014). Age and gender differences in the prevalence and patterns of multimorbidity in the older population. *BMC Geriatr.* 14:75(1-8). <https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-75>.

Deeks, A., Lombard, C., Michelmore, J. et al. (2009). The effects of gender and age on health related behaviors. *BMC Public Health.* 9:213 (1-8). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-9-213>.

KEMKES. (2019). Rencana aksi nasional adaptasi perubahan iklim bidang Kesehatan. Jakarta: Indonesia. Kementerian Kesehatan.

Lupatsch JE, Kreis C, Korten I, Latzin I, Frey U, Kuehni CE, Spycher BD. 2018. Neighbourhood child population density as a proxy measure for exposure to respiratory infection in the year of life: a validation study. *Plos One.* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203743>.

Subiyanto, Adi, et al. 2018. Isu Perubahan Iklim Dalam Konteks Keamanan Dan Ketahanan Nasional. *Jurnal Ketahanan Nasional*, vol. 24, no. 3, pp. 287–305.

Syani, Fauziah, et al. 2017. Hubungan faktor risiko lingkungan terhadap kejadian penyakit pneumonia balita dengan pendekatan analisis spasial di kecamatan semarang utara. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*. vol. 3.

United Nations Children's Fund. 2021. *The State of the World's Children 2021: On My Mind - Promoting, Protecting and Caring for Children's Mental Health*. New York: UNICEF.

BAB IV

**Penyakit Tular Vektor:
Malaria dan Dengue**

4.1 Pendahuluan

4.1.1 Proses Kejadian Penyakit Tular Vektor

Indonesia merupakan negara kepulauan yang beriklim tropis serta rentan terhadap dampak perubahan iklim regional dan global. Karena faktor iklim menyebabkan Indonesia berisiko tinggi terserang Penyakit Tular Vektor, seperti malaria dan dengue atau yang lebih dikenal dengan Demam Berdarah Dengue (DBD). Malaria dan dengue merupakan penyakit tular vektor yang disebarkan melalui perantara nyamuk vektor.

Malaria disebabkan oleh Plasmodium yang menginfeksi manusia. Jenis Plasmodium yang sering ditemukan di Indonesia antara lain *P. malariae*, *P. vivax*, *P. falciparum*, *P. ovale*, dan *P. knowlesi* yang ditularkan melalui gigitan nyamuk Anopheles betina yang telah terinfeksi (Siswanto et al., 2011; Lubis et al., 2017). Penularan malaria terjadi pada manusia khususnya yang tinggal di daerah tropis dan sub tropis (Anwar et al., 2010). Diperkirakan sebanyak 229 juta kasus malaria di seluruh dunia pada tahun 2019 dengan jumlah kematian akibat malaria mencapai 409.000 jiwa (Lewinsca et al., 2021). Kasus malaria di Indonesia periode tahun 2010- 2017 perkiraan sebanyak 2,2 juta, dengan kasus tertinggi dilaporkan terjadi di wilayah timur khususnya Papua, Papua Barat, dan Maluku (Kemenkes, 2017). Saat ini sekitar 77,7% (208,1 juta) penduduk Indonesia berada di daerah bebas malaria (Kemenkes, 2020). Penularan malaria tidak terlepas dari tiga komponen utama yaitu; 1) Plasmodium sebagai agen penyakit; 2) Pejamu (*host*) berupa nyamuk *Anopheles* sebagai vektor (*definitive host*) dan manusia sebagai pejamu perantara (*intermediate*); 3) keadaan lingkungan fisik dan biologis yang mendukung perkembangan penyakit (Mau dan Mulatsih, 2018).

Dengue merupakan penyakit tular vektor yang disebabkan Virus Dengue (DENV-1, DENV-2, DENV-3, DENV-4). Penularannya melalui nyamuk dan menular secara cepat dan masif. Dengan proyeksi populasi dan perubahan iklim untuk tahun 2085, diperkirakan sekitar 5–6 miliar orang (50-60% dari populasi global yang diproyeksikan) akan berisiko tertular demam berdarah (Hales et al., 2002). Dinamika populasi *Aedes albopictus* dan *Aedes aegypti* merupakan vektor terpenting dalam penularan virus antar manusia, tergantung pada kondisi iklim. Kejadian dengue tersebar luas hampir di seluruh daerah di Indonesia, dengan variasi lokal dalam risiko yang dipengaruhi oleh curah hujan, suhu, dan urbanisasi cepat yang tidak direncanakan. Biasanya terjadi saat awal dan akhir musim hujan (Istiqamah dan Sirajudin, 2019). Kejadian dengue pada tahun 2020 dilaporkan pada 477 kabupaten/kota di Indonesia (Kemenkes, 2020). Sebagian besar kasus dengue terjadi pada kelompok usia 15-44 tahun (Kemenkes, 2020). Laju insiden atau *incidence rate (IR)* di Indonesia pada tahun 2020 adalah 39,9 per 100.000 penduduk. Angka ini telah mencapai target nasional yaitu ≤ 49 per 100.000 penduduk (Kemenkes, 2021). Meskipun angka kejadian dengue memiliki kecenderungan meningkat, namun *case fatality rate (CFR)* akibat dengue dari waktu ke waktu mengalami penurunan. Angka kematian dengue sebesar 0,69% pada tahun 2020 telah mencapai indikator target nasional ($<1\%$) dan telah memenuhi target peta jalan pengendalian penyakit tropis terabaikan atau *Neglected Tropical Disease (NTD) World Health Organization (WHO)* yaitu kurang dari 0,8% (WHO, 2020). Berdasarkan data dari 12 provinsi pada tahun 2020 tercatat 192 kematian dari 17.388 anak berusia 0-14 tahun akibat kasus dengue (Kemenkes, 2020).

4.1.2 Faktor Pembentuk Penyakit Tular Vektor

a. Faktor Iklim

Pengaruh curah hujan terhadap vektor sangat bervariasi, tergantung pada jumlah curah hujan, frekuensi hari hujan dan geografi. Beberapa studi mengungkapkan bahwa terdapat korelasi positif antara curah hujan dengan kejadian malaria dan dengue (Ramadona et al., 2016; Mau dan Mulatsih, 2018; Istiqamah dan Sirajuddin, 2019). Tinggi rendahnya curah hujan tidak secara langsung mempengaruhi kejadian kedua penyakit tersebut. Variasi curah hujan akan menentukan keberadaan genangan-genangan air yang berpotensi sebagai habitat berkembangbiakan nyamuk, baik habitat alami maupun artifisial, serta menentukan populasi nyamuk di lingkungan. Keberadaan tambak terbenkakai, kolam atau kubangan air menjadi lebih banyak, bak benur terbenkakai yang kering menjadi berisikan air, persawahan terendam air, kondisi air lagun dan rawa-rawa menjadi lebih payau memudahkan nyamuk *Anopheles* spp untuk berkembangbiak. Sementara, keberadaan kontainer-kontainer bekas seperti kaleng atau ban bekas yang digenangi air hujan dapat menjadi tempat bertelur nyamuk *Aedes* spp.

Pada musim penghujan, genangan air cenderung akan lebih banyak dibandingkan pada musim kemarau. Semakin banyak habitat perkembangbiakan nyamuk maka semakin mempermudah nyamuk untuk bertelur dan menyempurnakan fase perkembangannya hingga menjadi nyamuk dewasa, sehingga populasi nyamuk cenderung meningkat. Namun, curah hujan yang tinggi pun dapat berdampak negatif pada perkembangan nyamuk dan populasinya. Banjir atau *flash flood* akibat curah hujan tinggi dapat mengeliminasi tempat-tempat perkembangbiakan yang ada sehingga kelangsungan hidup dan populasi nyamuk di lingkungan berkurang (Benedum et al., 2018). Kedua kondisi tersebut secara tidak langsung akan menentukan kepadatan nyamuk dan menentukan risiko kontak manusia dengan vektor, sehingga mempengaruhi pola penularan penyakit tular vektor seperti malaria dan dengue.

Selain curah hujan, suhu udara juga berperan secara tidak langsung dalam dinamika penularan malaria dan dengue. Suhu sangat berpengaruh pada berbagai proses biologis nyamuk termasuk laju reproduksi, laju gigitan atau frekuensi menghisap darah (*blood-feeding*), laju perkembangan, *longevity* dan kapasitas vektor, yang mempengaruhi prevalensi nyamuk dan penyebaran penyakit tular vektor (Delatte et al., 2009; Liu-Helmershon et al., 2014; Shapiro et al., 2017). Peningkatan suhu dapat meningkatkan laju replikasi virus, memperpendek durasi inkubasi ekstrinsik atau *extrinsic incubation period (EIP)*, dan mempercepat laju perkembangan nyamuk. Namun, peningkatan suhu juga dapat berdampak negatif bagi kelangsungan hidup dan perilaku nyamuk yang dapat menurunkan kapasitas nyamuk untuk menularkan patogen (Lafferty, 2009). Sebagai ilustrasi, siklus sporogonik merupakan proses perkembangan pada nyamuk *Anopheles* spp terjadi sejak nyamuk *Anopheles* spp. menghisap gametosit Plasmodium hingga menjadi sporozoit infeksi yang siap untuk ditularkan kepada manusia. Siklus tersebut dipengaruhi oleh kelembapan dan suhu, dimana semakin tinggi suhu maka proses perkembangbiakan parasit semakin cepat. Siklus sporogonik memerlukan waktu 9-10 hari pada suhu 28°C dan akan semakin lambat pada suhu dibawah 16°C atau diatas 30°C. Penularan malaria akan semakin cepat terjadi karena masa inkubasi parasit yang semakin pendek. Selain itu, peningkatan suhu berdampak pada luas wilayah sebaran nyamuk, terutama bagi wilayah dataran rendah yang memiliki perbukitan di dekatnya (Watofa et al., 2017).

Nyamuk *Ae. aegypti* memerlukan waktu dua minggu untuk menyelesaikan siklus kehidupannya mulai dari telur hingga dewasa. EIP virus dengue (DENV) pada nyamuk betina bertahan hingga 8-12 hari dan tergantung dari suhu dan jenis virus (Watts et al., 1987; Salazar et al., 2007). EIP lebih panjang pada suhu di bawah 21°C (Carrington et al., 2013). Pada suhu di bawah 18°C, virus dengue tidak dapat menyebar (Shen et al., 2015). Dalam batas-batas suhu yang sesuai, replikasi virus DENV-2 pada nyamuk *Ae. albopictus* akan meningkat. Sementara, periode inkubasi ekstrinsik virus pada nyamuk akan lebih pendek pada suhu yang lebih tinggi (Liu et al., 2017). Studi Liu et al., (2017) mengemukakan bahwa laju infeksi dan perkembangan virus dengue pada nyamuk *Ae. albopictus* pada suhu 28°C lebih tinggi dibandingkan pada suhu 23°C. Pada suhu 32°C, EIP untuk virus dengue pada nyamuk hanya 5 hari pasca infeksi dan mencapai kompetensi vektor yang tertinggi dibandingkan pada suhu lainnya.

Kelembapan juga berpengaruh terhadap kelangsungan hidup dan frekuensi nyamuk dalam menghisap (Kramer et al., 2003; Focks, 2010). Nyamuk yang berada di lingkungan dengan kelembapan tinggi akan menjadi lebih aktif dan lebih sering menggigit (Suwito, 2010), sehingga meningkatkan risiko penularan penyakit tular vektor. Kombinasi kelembapan yang tinggi dan suhu optimal akan mempengaruhi kompetensi vektor. Kelembapan di bawah 60% akan memperpendek masa hidup nyamuk, sebaliknya kelembapan di atas 60% akan meningkatkan tingkat infeksi secara signifikan, bahkan kisaran kelembapan 80% meningkatkan risiko malaria dua kali lebih tinggi daripada 60% (Watofa et al., 2017). Studi lain mengemukakan bahwa 80% kasus dengue terjadi pada kelembapan rata-rata 75% (55%- 88%) (Campbell et al., 2013).

b. Faktor Non-Iklim

Selain faktor iklim, pola penularan penyakit tular vektor juga ditentukan oleh faktor non-iklim, antara lain faktor biofisik dan sosial-ekonomi. Faktor biofisik yang diketahui berpengaruh antara lain tutupan lahan dan ketinggian. Sementara faktor-faktor sosial-ekonomi yang berperan di antaranya pekerjaan, kepadatan penduduk, laju urbanisasi, status sosioekonomi termasuk akses terhadap layanan air bersih.

Faktor biofisik

Tutupan lahan berhubungan dengan pola kejadian penyakit tular vektor. Studi mengungkapkan bahwa tutupan lahan berkorelasi positif dengan kejadian dengue (Kesetyaningsih et al., 2018; Huang et al., 2018; Astuti et al., 2019) dan malaria (Machault et al., 2010). Diketahui bahwa tutupan lahan sangat berperan dalam mempengaruhi iklim mikro dan suhu bagi penularan dengue oleh nyamuk *Aedes* di wilayah perkotaan (Wimberly et al., 2020). Ruang hijau, vegetasi dan karakteristik tutupan lahan diketahui dapat memodifikasi populasi nyamuk dan karenanya dapat mempengaruhi risiko penularan dengue (Sarfaz et al., 2012; Huang et al., 2018) maupun malaria (Keberadaan vegetasi dapat menyediakan tempat beristirahat bagi nyamuk dan dapat menjadi *proxy* adanya tempat perkembangbiakan (Machault et al., 2010). Perubahan tutupan lahan akibat deforestasi dan laju urbanisasi diperkirakan akan mengubah distribusi vektor dan penyakit (Wigaty, 2016).

Hubungan antara ketinggian tempat dengan risiko kejadian penyakit tular vektor juga telah dilaporkan berbagai studi (Kesetyaningsih et al., 2018; Dhewantara et al., 2019). Nyamuk *Anopheles* dapat ditemukan pada range ketinggian yang bervariasi. Sebagai contoh, tiga vektor malaria seperti *An. punctulatus*, *An. koliensis* dan *An. farauti* ditemukan baik di dataran rendah maupun dataran tinggi Papua (> 1200 mdpl). Sementara, nyamuk *An. sundaicus* umumnya ditemukan di pesisir atau dataran rendah (Elyazar et al., 2013). Vektor malaria seperti *An. maculatus*, *An. balabacensis*, *An. aconitus* dan *An. sundaicus* pun ditemukan di kawasan Menoreh (100-900 mdpl) yang membentang di perbatasan Jawa Tengah dan Yogyakarta (Barcus et al., 2002; Rejeki et al., 2019). Keberadaan vektor malaria di berbagai level ketinggian ini memungkinkan adanya penularan malaria mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi.

Berbeda dengan pengaruh ketinggian pada pola sebaran *Aedes* spp dan kejadian dengue. Ketinggian tempat dan kejadian dengue disebut berkorelasi negatif (Kesetyaningsih et al., 2018), dimana semakin tinggi suatu tempat risiko penularan dengue relatif lebih rendah dibandingkan dataran rendah. Studi di Sumatera menemukan bahwa nyamuk *Aedes* spp hanya dapat ditemukan hingga ketinggian 700 meter di atas permukaan laut (Anwar et al., 2014). Perbedaan ketinggian akan berpengaruh pada perbedaan suhu. Pada dataran rendah rata-rata suhu udara akan lebih tinggi dari pada dataran tinggi yang memungkinkan nyamuk lebih mudah untuk berkembangbiak dan beradaptasi, serta memiliki agresivitas yang lebih tinggi. Selain itu, pada dataran tinggi peresapan air cenderung cepat dan aliran air cenderung lebih deras sehingga menyulitkan larva hidup (Watofa et al., 2017), sehingga risiko penularan tular vektor cenderung lebih rendah.

Faktor sosial-ekonomi

Risiko infeksi penyakit tular vektor juga diketahui berhubungan dengan faktor-faktor sosioekonomi seperti pekerjaan, status ekonomi dan kepadatan penduduk (Qi et al., 2013; Wijayanti et al., 2016; Dhewantara et al., 2019; Istiqamah dan Sirajuddin, 2019). Risiko penularan malaria diketahui sangat tinggi pada kelompok masyarakat yang beraktivitas di hutan (Herdiana et al., 2016) atau pesisir (Nixon et al., 2014). Risiko malaria maupun dengue berdasarkan status sosioekonomi cenderung bervariasi (Worrall et al., 2005). Risiko malaria kerap erat kaitannya dengan status ekonomi yang rendah atau kemiskinan dan cenderung lebih tinggi di daerah perdesaan (Teklehaimanot dan Mejja, 2008), yang secara tidak langsung merefleksikan lemahnya akses terhadap pendidikan dan pelayanan dasar lainnya, yang sangat berperan dalam menciptakan kesadaran dan perilaku masyarakat dalam mengenali risiko dan mencegah penyakit (Guntur et al., 2021). Sementara, kasus dengue umumnya banyak dilaporkan di wilayah perkotaan dan menyerang masyarakat dengan status sosioekonomi yang lebih baik (Wijayanti et al., 2016; Prayitno et al., 2017). Kepadatan penduduk juga menentukan tingkat risiko penularan penyakit tular vektor. Padatnya populasi meningkatkan risiko kontak baik antar individu maupun risiko kontak antara manusia dan vektor. Urbanisasi akibat pertumbuhan penduduk diketahui telah mengubah sebaran vektor dan meningkatkan risiko penularan penyakit tular vektor.

4.1.3 Kelompok Rentan Penyakit Tular Vektor

Penyakit tular vektor seperti malaria dan dengue menyerang berbagai lapisan masyarakat dan usia. Namun, diketahui bahwa risiko malaria dan dengue jauh lebih tinggi ditemukan pada kelompok anak-anak pada rentang usia 0-18 tahun. Studi pada tahun 2014 menemukan bahwa lebih dari 80% anak-anak usia 10 tahun atau lebih memiliki riwayat terinfeksi dengue setidaknya satu kali (Prayitno et al., 2017). Insiden dengue tertinggi terjadi pada usia 1-15 tahun dan terus meningkat sejak tahun 1980-an (Karyanti et al., 2014).

Penularan malaria pun dilaporkan cukup tinggi pada anak-anak. Studi di Maluku Utara menemukan kasus malaria berat akibat infeksi *P. vivax* pada anak-anak mencapai 28% (Lusiyana et al., 2019). Anak-anak merupakan kelompok yang berisiko tinggi terhadap infeksi berulang malaria vivax dan kematian (Patriani et al., 2019). Risiko malaria dan komplikasinya juga ditemukan pada ibu hamil. Malaria diketahui dapat menyebabkan anemia berat, keguguran dan bayi berat lahir rendah (BBLR) (Lee dan Ryu, 2019). Sekitar 6,4 juta ibu hamil terinfeksi malaria setiap tahunnya di Indonesia (Delicour et al., 2010).

Tabel 4.1.1 Matriks deskripsi penyakit tular vektor

Nama Fokus Kajian	Faktor Pembentuk (cantumkan referensi)	Kelompok Rentan
<p>Malaria</p>	<p>Faktor iklim: Suhu, curah hujan (Mau dan Mulatsih, 2018), kelembapan (Suwito, 2010; Sulasmi et al., 2017; Mau dan Mulatsih, 2018)</p> <p>Faktor non-iklim:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kepadatan Vektor (Anwar et al., 2010; Kemenkes, 2020) - Program Pengendalian vektor: Klambunisasi, larvasida, JMD, IRS, Pemantauan resistensi vektor dan parasit (Kepmenkes No 293/2009) - Sosial-ekonomi :tempat tinggal, pendidikan, pekerjaan, tk kemiskinan, karakteristik desa/kota, laju urbanisasi, kepadatan penduduk, dsb (Soemirat, 2002; Lestari, 2014; Susilowati, 2013; Wahyuni, 2012; Fadhilah, 2015; Lewinsca et al., 2021) - Biofisik: tutupan lahan (Wigaty, 2016), ketinggian (Abner et al., 2017; Lewinsca et al., 2021; Watofa et al., 2017) - Akses terhadap layanan kesehatan (Ekayani, 2011) - Bencana: Banjir, kekeringan, cuaca ekstrem (Elsanousi et al., 2018; Hales et al., 2002; Kouadio et al., 2012; Boyce et al., 2016) 	<p>Ibu hamil, bayi dan balita (Wahyuni, 2012, Kemenkes, 2013)</p>
<p>Dengue</p>	<p>Faktor Iklim: Suhu, curah hujan, kelembapan, ENSO (Istiqamah dan Sirajuddin, 2019, WHO, 2019; Arsin, 2013; Morin et al., 2013; Xu L et al., 2017; Pramanik et al., 2020)</p> <p>Faktor non-iklim</p> <ul style="list-style-type: none"> - - Kepadatan Vektor: House Index, Container Index, Breteau Index, Pupa Index, Angka Bebas Jentik (Trapsilowati et al., 2015, Kemenkes, 2020) - - Program Pengendalian vektor: Gerakan Satu Rumah Satu Jumantik, fogging, larvasida, pemantauan resistensi vektor (Permenkes No 50/2017, Nurhayati, 2005) - - Sosial-ekonomi :tempat tinggal, pendidikan, pekerjaan, status sosio- ekonomi, kota, laju urbanisasi, kepadatan penduduk (WHO, 2019; Hales et al., 2002) - - Biofisik: tutupan lahan, ketinggian, tinggi muka laut (Afrane et al., 2012; Arsin, 2013; Febriasari, 2011) - - Akses terhadap layanan kesehatan (Juri, 2008; Trapsilowati et al., 2015); - - Bencana: Banjir, kekeringan, cuaca ekstrem (Mayasari, 2019; Elsanousi et al., 2018; Hales et al., 2002; Kouadio et al., 2012) 	<p>Anak-Anak usia balita hingga 15 tahun (Ardiansyah et al., 2013; Saraswati dan Mulyantari, 2017), usia 10 – 19 tahun (Corwin et al., 2001), laki-laki (Saraswati dan Mulyantari, 2017)</p>



Ancaman risiko penyakit tular vektor (PTV) secara global dan nasional sangat tinggi. Lebih dari 70% penyakit infeksi *emerging* adalah zoonosis – penyakit yang ditularkan dari binatang (Kemenkes, 2017). Indonesia hingga saat ini masih terancam wabah penyakit menular seperti malaria dan dengue yang menjadi penyakit endemis Indonesia. Kejadian malaria yang digambarkan dengan *Annual Parasite Incidence (API)* per 1.000 penduduk menunjukkan API malaria di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 0,93. Sementara, laju insiden dengue yang dilaporkan pada tahun tahun 2020 mencapai 39,9 per 100.000 penduduk dengan kasus *case fatality rate* mencapai 0,69%.

Upaya pemberantasan wabah penyakit menular melalui vektor di Indonesia saat ini perlu mendapat perhatian mengingat beberapa jenis penyakit kembali mewabah. Pencegahan dan pemberantasan wabah PTV menjadi salah satu prioritas dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) 2005-2025 dan masuk dalam arah kebijakan dan strategi pemerintah dalam RPJMN 2020-2024, diantaranya dengue dan malaria. Reduksi dengue, eliminasi filariasis dan eradikasi schistosomiasis menjadi target nasional pencegahan dan pengendalian penyakit 2015-2050 (Kemenkes, 2017; Bappenas, 2020). Sedangkan untuk malaria ditargetkan untuk tereliminasi pada 405 kabupaten/kota se-Indonesia pada 2025 dan seluruh wilayah di Indonesia bebas dari malaria selambat-lambatnya tahun 2030 (Bappenas, 2020).

4.2 Data dan Metode

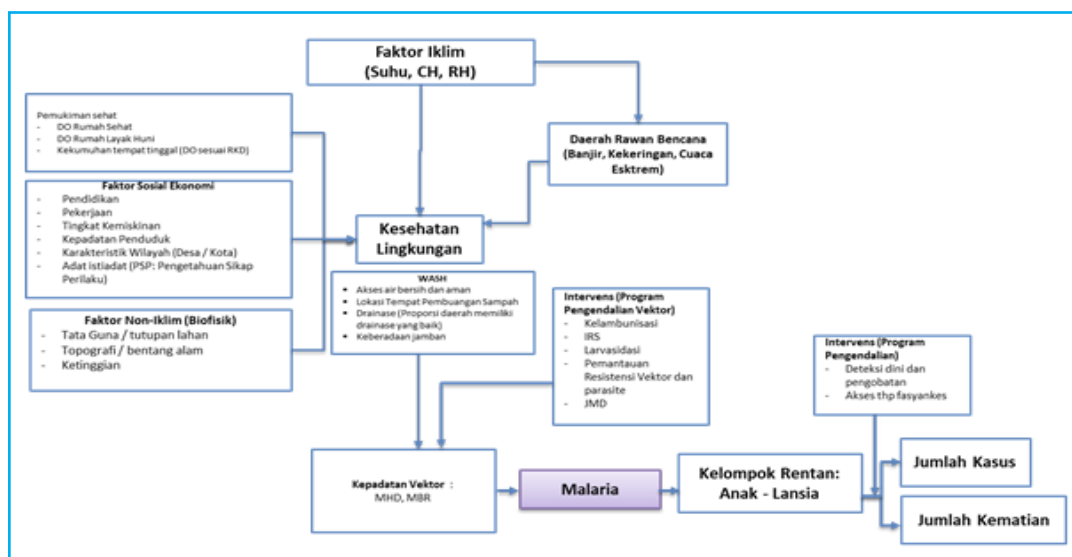
4.2.1 Batasan Analisis

Mengacu pada Permen LHK No. 7 tahun 2018 mengenai batasan atau lingkup analisis dalam kajian perubahan iklim dapat dibedakan menjadi makro, meso, mikro dan tapak. Analisis tingkat meso dilakukan dalam kajian ini untuk mendapatkan gambaran pengaruh perubahan iklim terhadap kejadian penyakit tular vektor (malaria dan dengue) pada level kabupaten/kota di seluruh Indonesia.

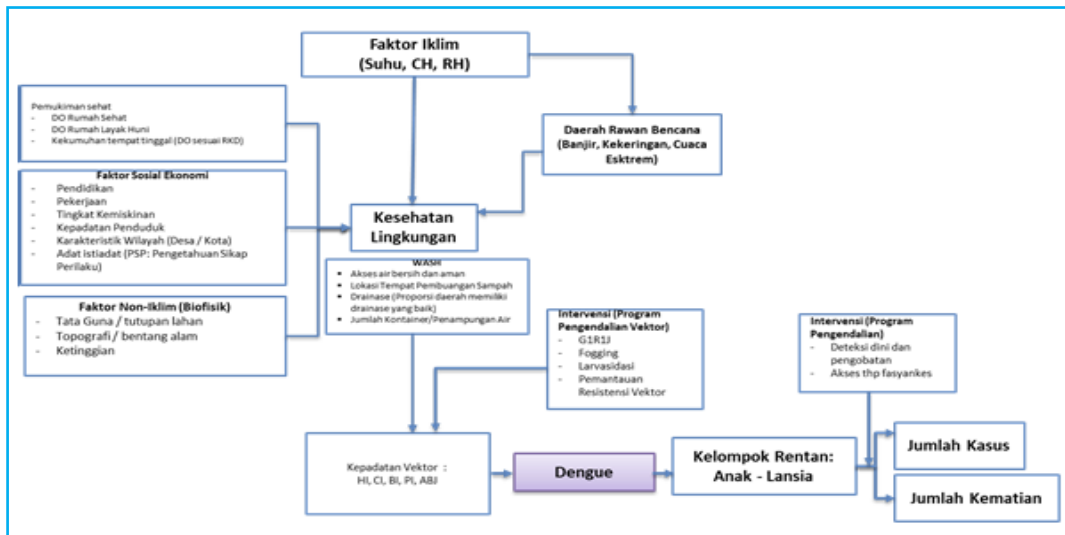
Dalam Permenkes No. 35 tahun 2012, risiko penularan penyakit tular vektor dipengaruhi oleh faktor iklim. Identifikasi faktor yang mempengaruhi kejadian malaria dan dengue dengan analisis trend yang menggunakan data minimal 10 tahun untuk data curah hujan, suhu, dan data kasus kematian akibat malaria dan dengue. Analisis faktor iklim dilakukan untuk mengetahui pengaruh iklim terhadap umur vektor serta peningkatan penyebaran vektor yang disebabkan oleh perubahan suhu. Faktor iklim akan berkaitan langsung dengan siklus hidup vektor nyamuk yang dapat menyebabkan peningkatan kasus kejadian penyakit malaria dan dengue.

4.2.2 Variabel Penyusun

Gambar 4.2.1 Kerangka konsep kejadian malaria dan faktor-faktor yang mempengaruhinya



Gambar 4.2.2 Kerangka konsep kejadian dengue dan faktor-faktor yang mempengaruhinya



Penyakit tular Kesehatan lingkungan menjadi faktor utama dalam penularan vektor penyakit. Air, sanitasi dan hygiene atau *water, sanitation and hygiene* (WASH) digunakan sebagai indikator umum dari kesehatan lingkungan. Sejumlah studi mengungkapkan adanya keterkaitan antara WASH dengan kejadian atau beban penyakit tular vektor antara lain mencakup akses terhadap air bersih dan aman dan sanitasi yang layak (De Silva dan Marshall, 2012; Ngatu et al., 2019). Faktor-faktor risiko lain meliputi faktor sosial-ekonomi (pendidikan, pekerjaan, tingkat kemiskinan, kepadatan penduduk, karakteristik wilayah dan perilaku), faktor biofisik (tata guna/tutupan lahan, topografi/bentang alam, ketinggian), dan bencana alam (banjir, kekeringan, cuaca ekstrem). Kesehatan lingkungan dan intervensi program pengendalian vektor mempengaruhi pada kepadatan vektor suatu wilayah.

Kepadatan vektor malaria dilihat dari MHD dan MBR, sedangkan indikator kepadatan vektor untuk dengue meliputi HI, CI, BI, PI, dan ABJ. Intervensi untuk penyakit malaria yang telah dirumuskan meliputi Kelambunisasi, IRS, Larvasidasi, Pemantauan Resistensi Vektor dan parasite, serta JMD; Sedangkan untuk dengue melalui G1R1J, Fogging, Larvasidasi, dan Pemantauan Resistensi Vektor. Malaria dan dengue akan menginfeksi kelompok-kelompok rentan khususnya anak dan lansia. Analisis terhadap kelompok rentan tersebut akan didapatkan jumlah kasus dan kematian karena penyakit malaria dan dengue. Akan tetapi, melalui intervensi berupa program pengendalian kasus dengan deteksi dini dan pengobatan, serta akses terhadap fasyankes diharapkan dapat menurunkan jumlah kasus dan kematian malaria dan dengue.

4.2.3 Data Tersedia dan Lingkup Analisis

Data yang akan digunakan pada analisis berfokus pada data malaria dan dengue, sehingga variabel pendukung lainnya akan menyesuaikan dengan data malaria dan juga dengue. Faktor pembentuk malaria dan dengue hampir sama tetapi vektor pembawa kedua penyakit ini berbeda, sehingga sebaran malaria dan dengue juga berbeda tergantung dengan faktor iklim dan juga lingkungan. Intervensi program yang diberikan pemerintah juga akan berbeda untuk kedua penyakit ini.

Tabel 4.2.1 Ketersediaan data

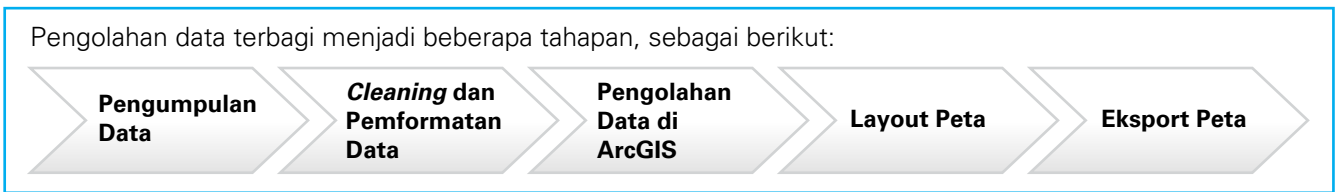
Fokus Kajian/ Kejadian Penyakit	Jenis atau Nama Data	Format Data tersedia	Unit Area	Periode Data Tersedia	Sumber Data
Dengue	Kasus/kematian per kab/kota	Tabular	Kab/Kota	2007–2020	Substansi Arbovirus
	Insiden per 100.000 penduduk	Tabular	Kab/Kota	2007–2020	Substansi Arbovirus

Fokus Kajian/ Kejadian Penyakit	Jenis atau Nama Data	Format Data tersedia	Unit Area	Periode Data Tersedia	Sumber Data
Malaria	Kasus (overall, Pf, Pv)	Tabular	Kab/Kota	2015–2020	Substansi Malaria
	API (Pf, Pv) per 1.000 penduduk	Tabular	Kab/Kota	2015–2020	Substansi Malaria
	Kasus berdasarkan kelompok umur dan jenis kelamin	Tabular	Kab/Kota	2015–2020	Substansi Malaria
Biofisik	Tata/tutupan lahan	Spasial (shp)	Kab/Kota	Menyesuaikan epidemiologi	BIG
	Ketinggian	Spasial (shp)	Kab/Kota	Menyesuaikan epidemiologi	BIG
	Peta Rawan Bencana (Banjir dan kekeringan)	Spasial (shp)	Kab/Kota	Menyesuaikan epidemiologi	BNPB
Sosial-ekonomi	Rumah Sehat	Tabular	Provinsi	2007–2020	PUPR/Dinas Terkait
	Rumah Layak Huni	Tabular	Provinsi	2007–2020	PUPR/Dinas Terkait
	Kekumuhan Tempat Tinggal	Tabular	Provinsi	2007, 2010, 2013, 2018	PUPR
	Pendidikan	Tabular	Kab/Kota	2007–2020	BPS (SUSENAS)
	Pekerjaan	Tabular	Kab/Kota	2007–2020	BPS
	Tingkat Kemiskinan	Tabular	Kab/Kota	2007–2020	BPS
	Kepadatan Penduduk	Tabular	Kab/Kota	2007–2020	BPS
	Karakteristik Wilayah	Tabular	Kab/Kota	2007–2020	BPS, RISKESDAS
	Laju Urbanisasi	Tabular	Kab/Kota	Menyesuaikan epidemiologi	BPS/Dinas Kependudukan
	Pengetahuan, Sikap dan Perilaku (PSP)	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Riskesdas
WASH	Akses air bersih dan aman	Tabular	Kab/Kota	2007, 2013, 2018	Riskesdas
	Lokasi pembuangan sampah	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2019	Riskesdas
	Drainase	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2020	PUPR
	Ketersediaan jamban	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2021	Riskesdas

4.2.4 Metode Analisis Data

Data-data yang telah dikumpulkan (Tabel 4.2.1) kemudian dianalisis. Analisis data yang digunakan berupa analisis deskriptif, analisis komparatif dan analisis hubungan. Analisis deskriptif merupakan upaya untuk mendeskripsikan/menjelaskan data sesuai dengan karakteristik data yang ditampilkan. Hal tersebut berguna agar data yang divisualisasikan mudah untuk dipahami. Analisis komparatif merupakan analisis yang membandingkan satu atau lebih variabel untuk sampel yang berbeda. Analisis ini berguna untuk mencari jawaban sebab-akibat dengan menganalisis faktor-faktor pembentuk suatu kejadian. Buku profil ini akan melakukan analisis komparatif pada data antar kelompok umur, jenis kelamin, sebaran dengue dan malaria antar wilayah, sebaran faktor iklim, dan faktor-faktor lainnya yang menjadi faktor pembentuk kejadian dengue dan malaria. Analisis hubungan merupakan analisis yang berguna untuk menemukan hubungan atau keterkaitan antar variabel yang satu dengan variabel yang lain. Analisis yang dilakukan melalui metode tumpang susun atau spasial korelasi. Metode tumpang susun atau spasial korelasi dilakukan melalui pemetaan dua atau lebih variabel (*overlay*) untuk mencari hubungan antar variabel. Analisis akan dilakukan untuk menemukan hubungan antara variabel iklim dan non-iklim dengan kejadian penyakit dengue dan malaria.

Gambar 4.2.3 Tahapan pengolahan data malaria dan dengue



Data yang dikumpulkan adalah data kasus/kematian akibat dengue kabupaten/kota di Indonesia tahun 2007-2020 serta data kasus malaria tahun 2015-2020 yang bersumber dari substansi arbovirus Kementerian Kesehatan Indonesia, data iklim berupa curah hujan, suhu dan kelembapan kabupaten/kota di Indonesia tahun 2010-2020 yang bersumber dari BMKG, serta data pendukung berupa peta dasar (shp) kabupaten/kota di Indonesia yang bersumber dari BIG. Tahapan *cleaning* data diperlukan untuk memeriksa kembali data-data yang diberikan, dan mengecek kondisi ekstrem data sehingga tidak terjadi kesalahan dalam interpretasi data. Pengolahan data dilakukan dengan membuat data spasial rata-rata iklim 10 tahun dan rata-rata musiman, data kasus penyakit akumulasi tahunan dan akumulasi musiman. Sehingga menghasilkan output berupa peta total kasus dengue 2007-2020, total Kasus malaria 2015- 2020, total kasus musiman dengue dan malaria, IR dengue 2015-2016; 2019-2020, API malaria 2019-2020.

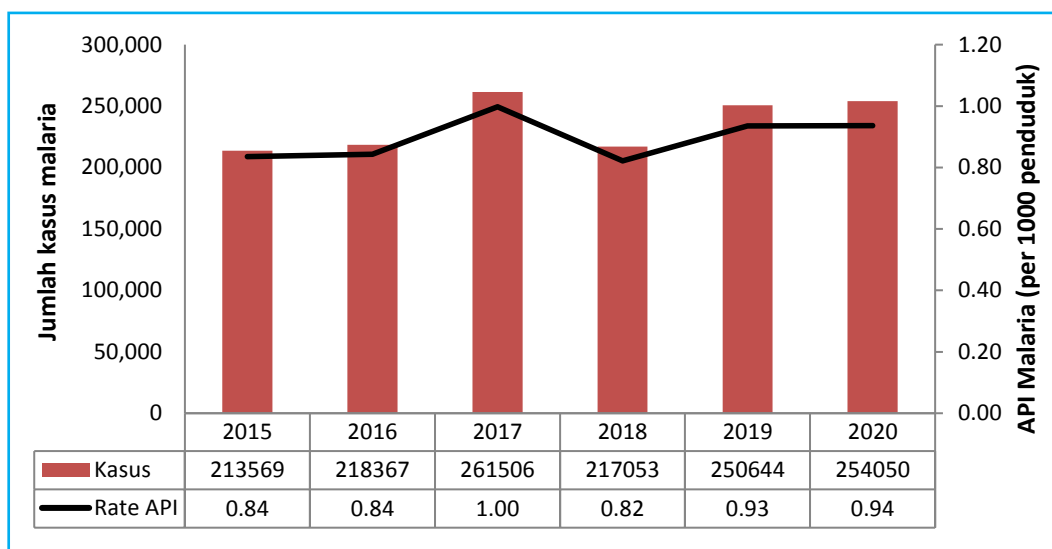
4.3 Hasil dan Diskusi

4.3.1 Visualisasi Data

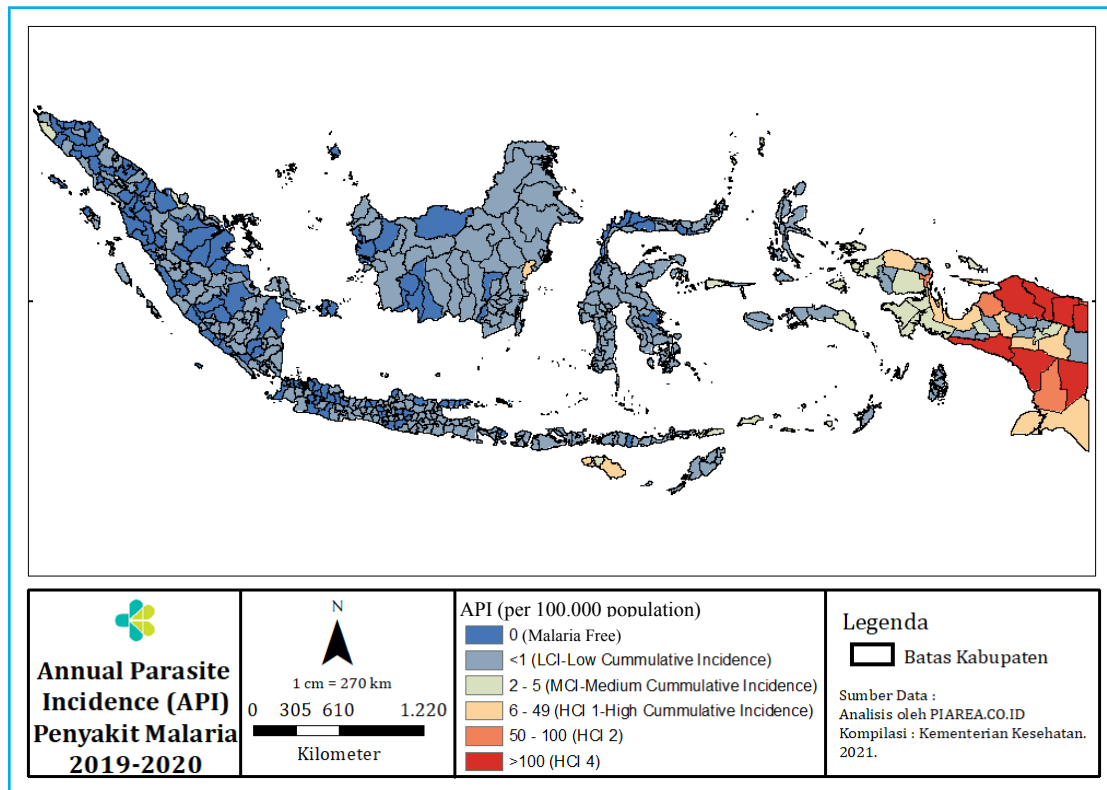
Distribusi Malaria di Indonesia

Berdasarkan jumlah absolut, kasus malaria dari tahun ke tahun cenderung mengalami kenaikan dalam enam tahun terakhir (2015-2020). Insiden malaria atau API per 1000 penduduk cenderung stabil dari tahun ke tahun, meskipun sempat terjadi peningkatan di tahun 2017 (Gambar 4.3.1.). Insiden malaria masih sangat tinggi di kawasan Indonesia timur seperti Papua (Gambar 4.3.2). Hal ini menandakan bahwa risiko penularan malaria masih tergolong tinggi kawasan tersebut. Perubahan faktor lingkungan, baik iklim maupun non-iklim berperan dalam terus berlangsungnya penularan malaria di daerah-daerah endemis di Indonesia (Sulistyawati, 2012). Kementerian Kesehatan Indonesia memiliki target eliminasi malaria pada seluruh wilayah endemis malaria (API= 0 per 1000 penduduk) pada tahun 2030.

Gambar 4.3.1 Jumlah kasus dan API malaria tahun 2015-2020 (per 1.000 penduduk)

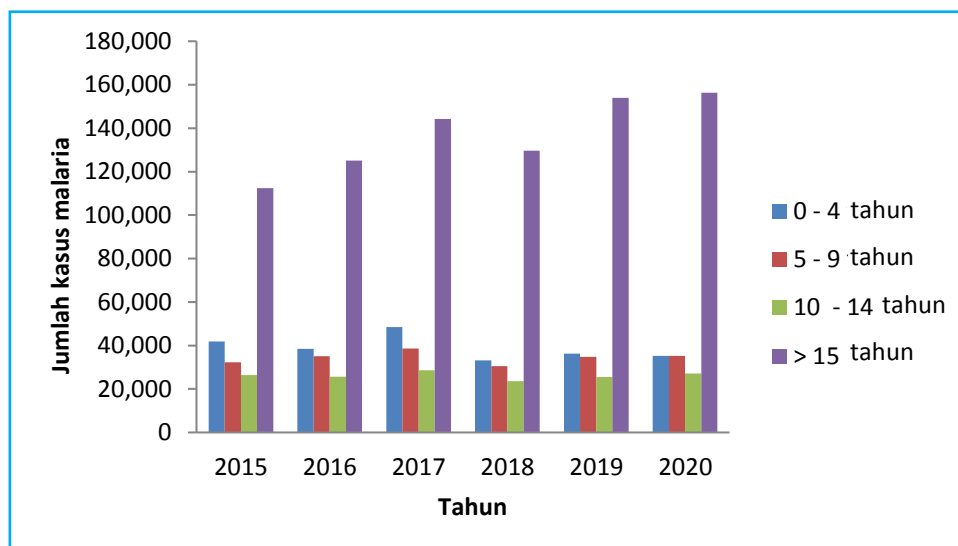


Gambar 4.3.2 Annual Parasite Incidence Malaria (per 1000 penduduk) kabupaten/kota di Indonesia tahun 2020

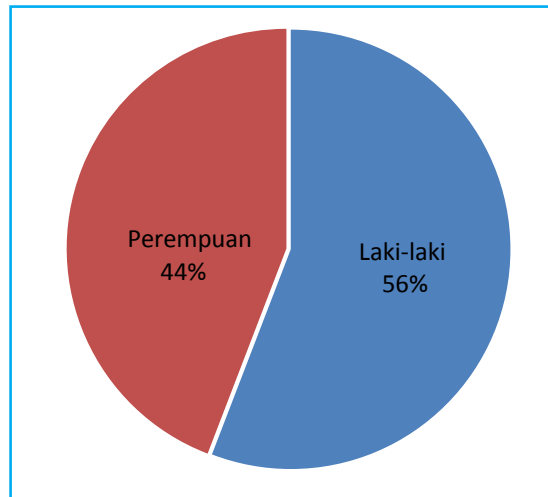


Secara umum, setiap tahun jumlah kasus malaria terbanyak dilaporkan pada kelompok usia lebih dari 15 tahun (Gambar 4.3.3). Namun, malaria juga diderita oleh balita dan anak-anak usia 5 hingga 14 tahun. Berdasarkan jenis kelamin, kasus malaria pada laki-laki dan perempuan memiliki perbedaan jumlah sebesar 12% dimana kelompok laki-laki (56%) lebih banyak terkena malaria dibandingkan perempuan (44%). Hal ini disebabkan karena laki-laki pada umumnya memiliki pola aktivitas atau pekerjaan di luar rumah yang lebih tinggi dibandingkan perempuan, sehingga risiko kontak dengan nyamuk *Anopheles spp* lebih tinggi (Munif et al., 2010).

Gambar 4.3.3 Sebaran kasus malaria tahun 2015-2020 berdasarkan kelompok usia



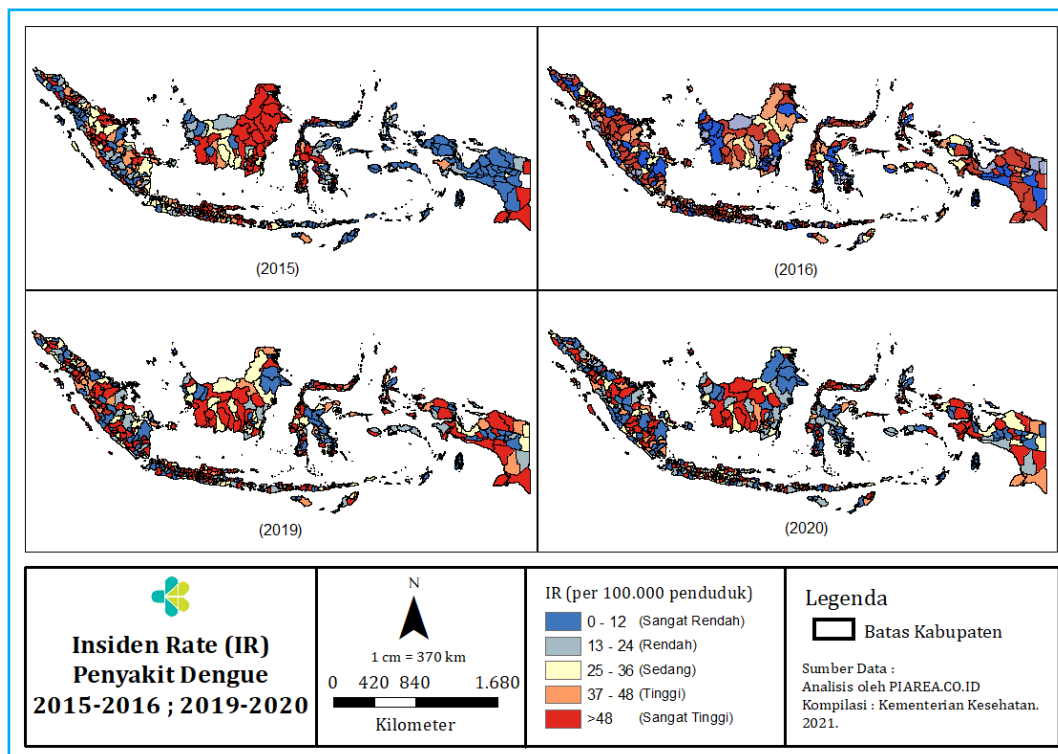
Gambar 4.3.4 Persentase kasus malaria tahun 2015-2020 berdasarkan jenis kelamin



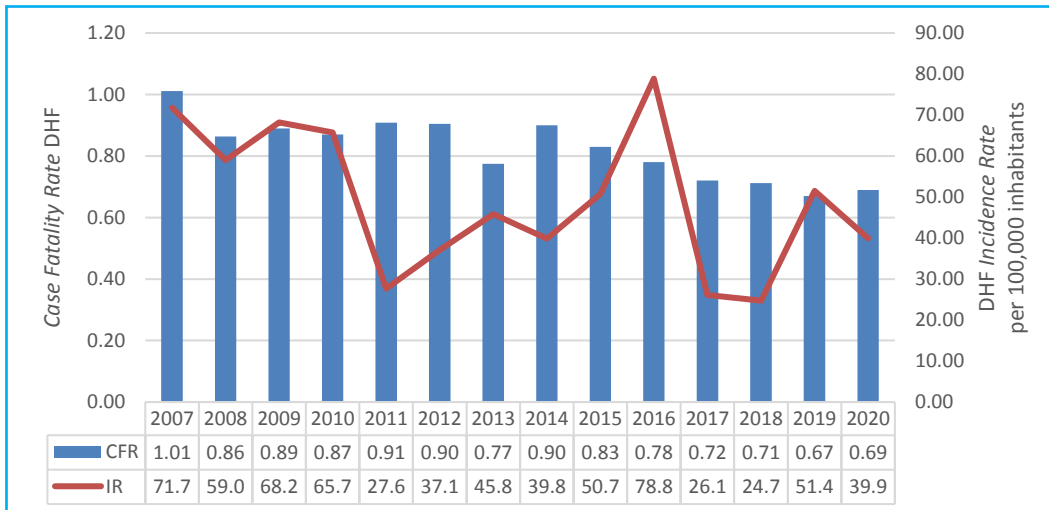
Distribusi Kasus Dengue di Indonesia

Pola sebaran insiden dengue sangat bervariasi di level kabupaten/kota di Indonesia (Gambar 4.3.5). Secara umum, jumlah kasus dan laju insiden (per 100.000) penduduk dengue menurun sangat signifikan dari tahun 2007 hingga 2020 (Gambar 4.3.6). Meskipun demikian, fluktuasi insiden masih terjadi di sepanjang periode tersebut. Kenaikan yang sangat signifikan terjadi pada tahun 2016, dimana hampir setara dengan kasus dan insiden yang tercatat pada tahun 2007. Selanjutnya penurunan kasus dan IR yang sangat signifikan terjadi pada tahun 2016- 2018. *Case fatality rate* dengue secara nasional juga menunjukkan penurunan dari 1,01 pada tahun 2007 menjadi 0,69 pada tahun 2020. Rata-rata jumlah kasus dengue atau insiden dengue tertinggi terjadi pada bulan Januari-Februari dan terendah pada bulan September (Gambar 4.3.5).

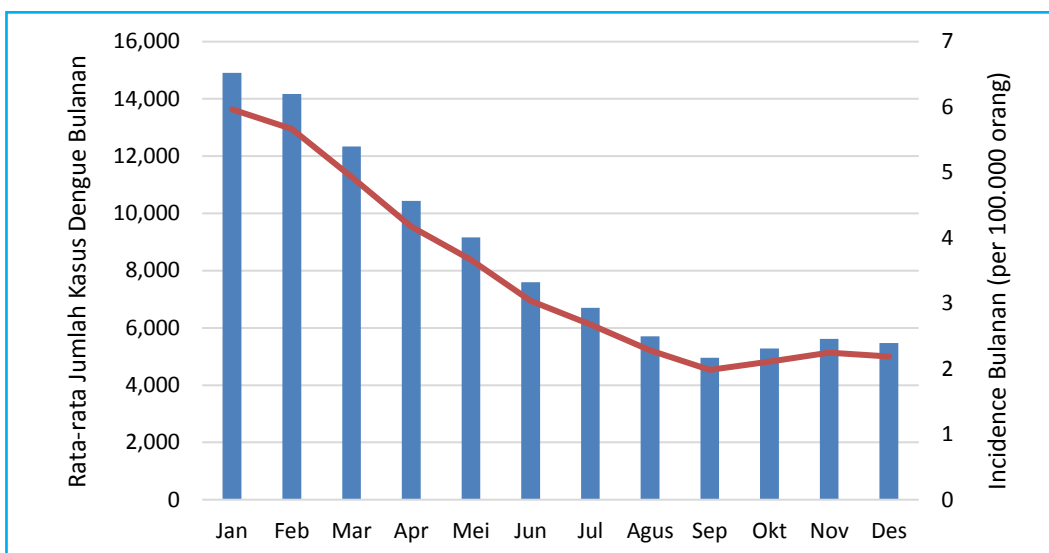
Gambar 4.3.5 Peta sebaran incidence rate dengue tahun 2015, 2016, 2019 dan 2020



Gambar 4.3.6 Case Fatality Rate (CFR) dan Incidence Rate (IR) dengue (per 100.000 penduduk) di Indonesia tahun 2007-2020



Gambar 4.3.7 Sebaran rata-rata kasus dan incidence (per 100.000 penduduk) dengue bulanan tahun 2007-2020 di Indonesia

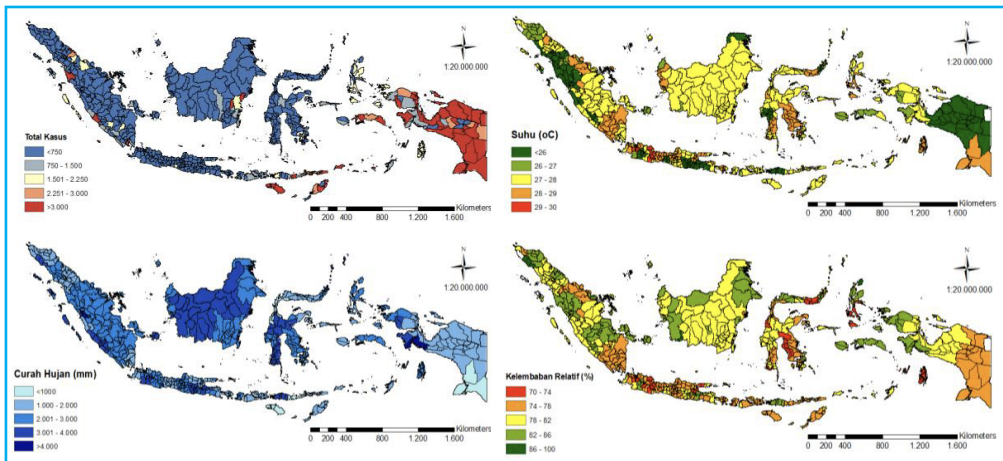


4.3.2 Kontribusi Faktor Iklim

Malaria

Jumlah kasus malaria masih sangat tinggi khususnya di wilayah timur, seperti Papua, Papua Barat, Nusa Tenggara Timur dan Maluku (Gambar 4.3.8). Pada wilayah-wilayah tersebut tampak bahwa curah hujan relatif lebih rendah dibandingkan wilayah Indonesia barat dengan curah hujan berkisar dari 1000-3000 mm. Suhu udara pada rentang 25-29°C dengan kelembapan 70-86%. Kondisi iklim ini merupakan kondisi yang ideal bagi perkembangan nyamuk Anopheles. Suhu ideal untuk perkembangan nyamuk malaria yaitu 25-27°C dengan curah hujan tahunan sebesar >3000 mm per tahun (HNAP, 2019). Meskipun demikian, sebaran malaria yang masih terkonsentrasi di Indonesia timur ini tampaknya juga tidak terlepas dari faktor-faktor non-iklim seperti ketinggian, tata guna lahan, kehidupan sosial masyarakat serta kepatuhan masyarakat dalam mencegah penularan malaria (memakai kelambu saat tidur).

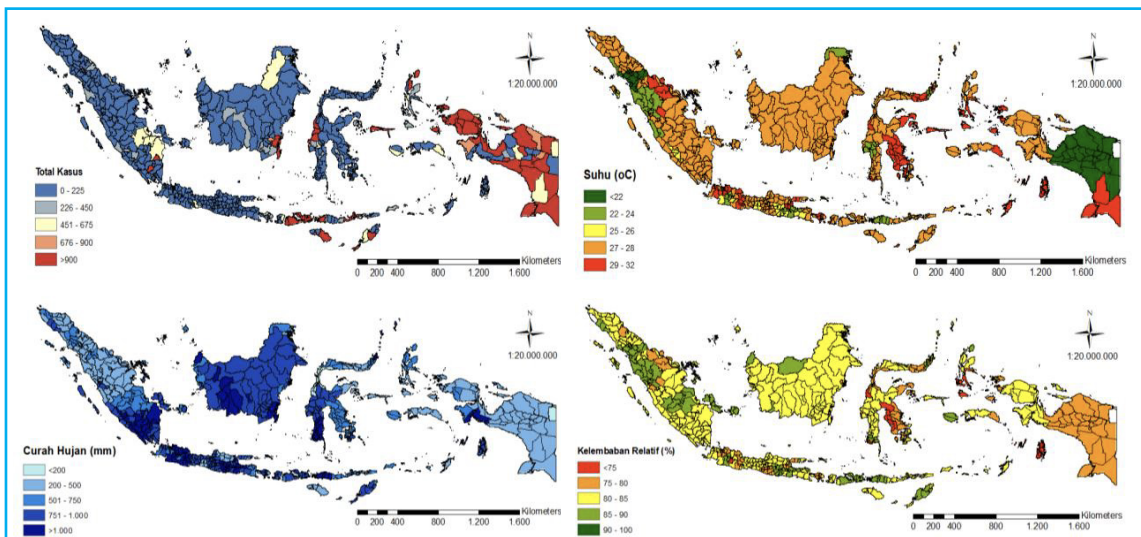
Gambar 4.3.8 Peta sebaran total kasus malaria tahun 2015-2020 dan sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020



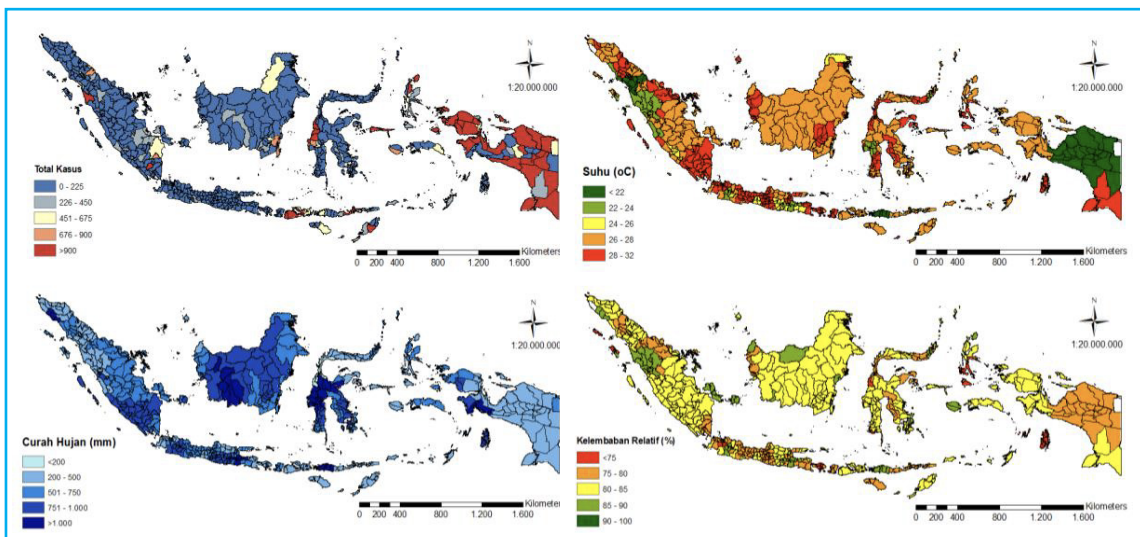
Pola distribusi malaria dan variasi iklim antar musim

Berdasarkan pola sebaran musiman, jumlah kasus malaria banyak terjadi di musim penghujan (DJF) hingga musim kemarau (JJA), dan relatif lebih rendah di musim peralihan (SON), khususnya di daerah-daerah endemis tinggi di Indonesia timur (Gambar 4.3.9, Gambar 4.3.10, Gambar 4.3.11, Gambar 4.3.12). Peningkatan kasus pada musim penghujan sangat erat kaitannya dengan kepadatan nyamuk *Anopheles* yang juga meningkat. Tingginya kepadatan nyamuk di lingkungan meningkatkan risiko kontak antara manusia dan nyamuk. Musim penghujan menyediakan cukup air sebagai tempat perkembangbiakan larva nyamuk. Curah hujan yang tinggi dan kelembapan yang optimal memberikan kondisi yang sesuai bagi nyamuk untuk berkembangbiak (Ega et al., 2017). Hal ini juga dapat terlihat ketika melihat *trend* bulanan kasus malaria dari tahun 2015-2020, yang menunjukkan bahwa kasus malaria mengalami peningkatan dimusim penghujan dan mulai mengalami penurunan di musim kemarau (Gambar 4.3.13).

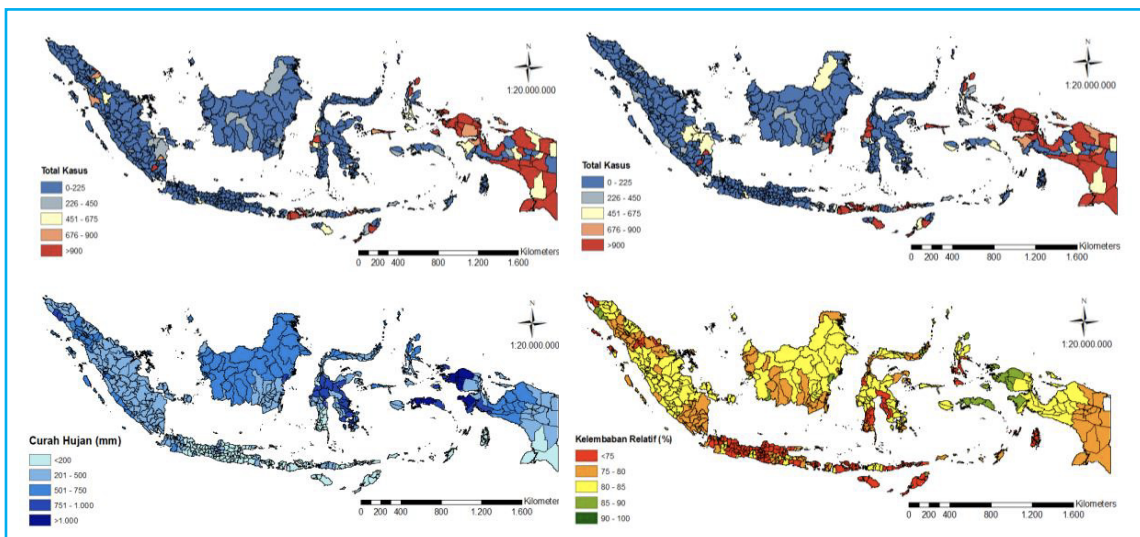
Gambar 4.3.9 Peta sebaran jumlah kasus malaria musim penghujan (DJF) tahun 2015-2020



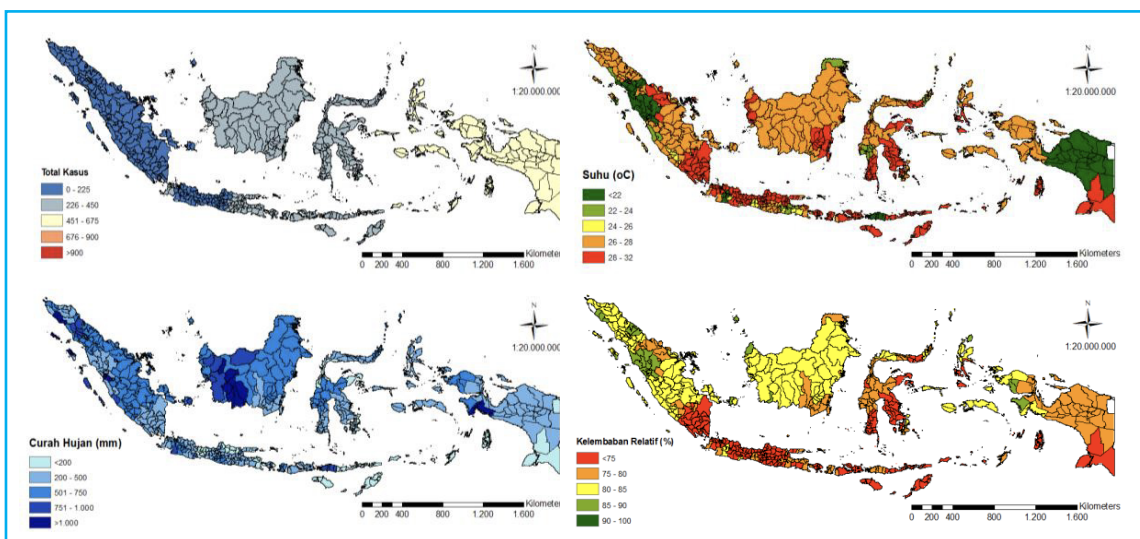
Gambar 4.3.10 Peta sebaran jumlah kasus malaria musim peralihan (MAM) tahun 2015-2020



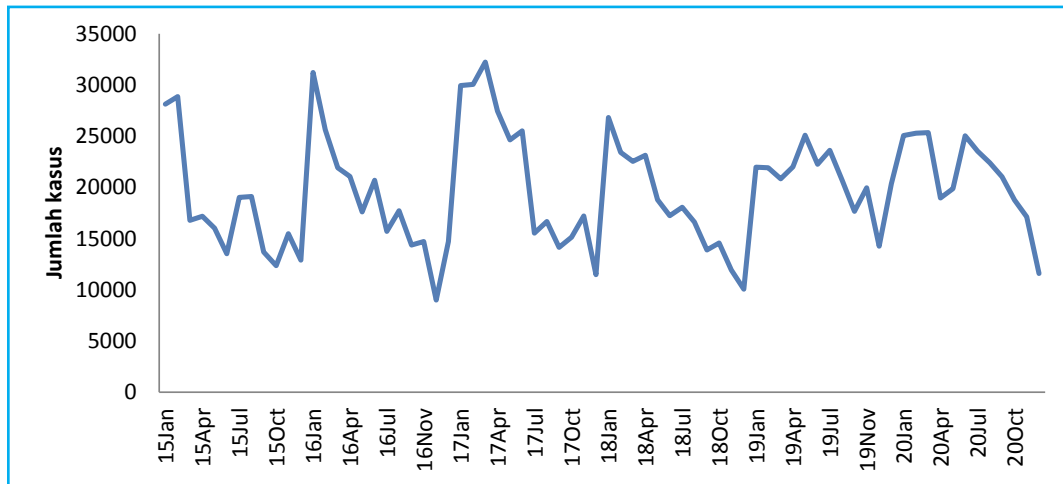
Gambar 4.3.11 Peta sebaran jumlah kasus malaria musim kemarau (JJA) tahun 2015-2020



Gambar 4.3.12 Peta sebaran jumlah kasus malaria musim peralihan (SON) tahun 2015-2020



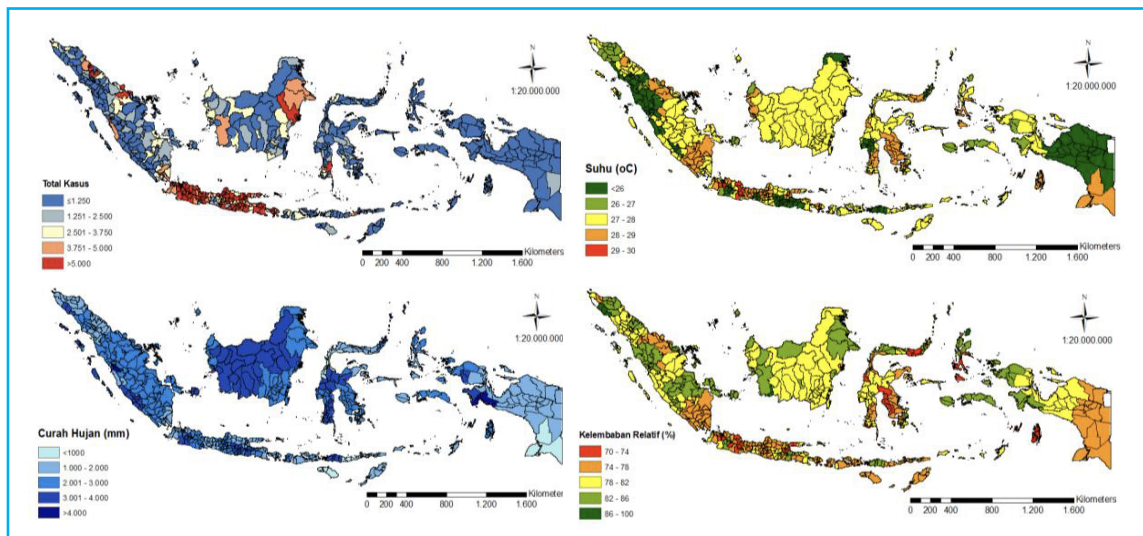
Gambar 4.3.13 *Trend* bulanan kasus malaria tahun 2015-2020



Dengue

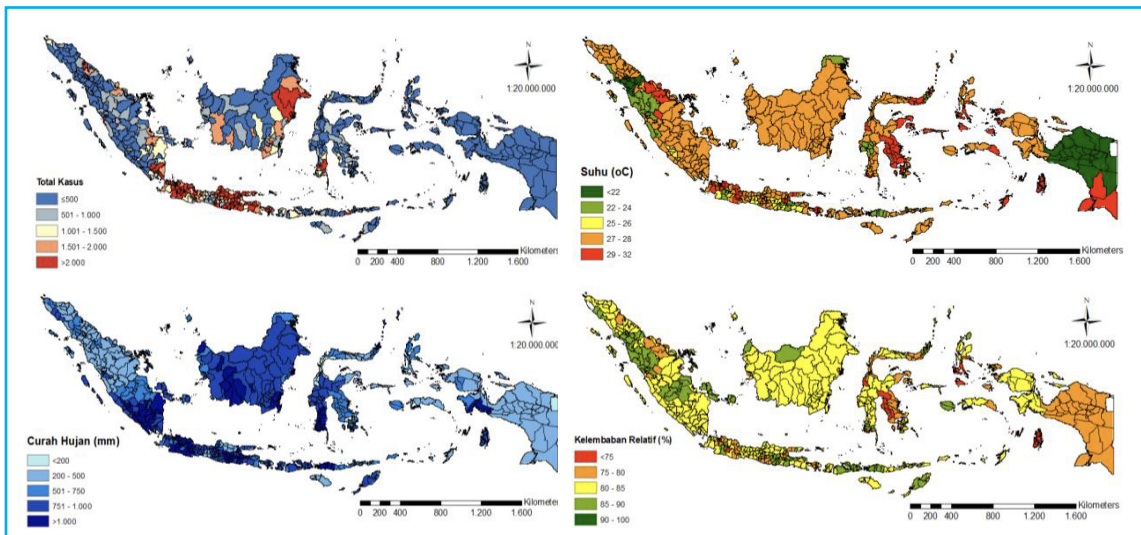
Kasus dengue tersebar di seluruh kabupaten/kota di Indonesia. Sebagian besar kasus dengue terjadi di Pulau Jawa dengan rata-rata jumlah kasus dengue per tahun lebih dari 100 kasus (Gambar 4.3.14). Kasus dengue dengan jumlah yang cukup tinggi di luar Jawa ditemukan di beberapa kabupaten/kota di Kalimantan Timur, Kalimantan Barat, Sumatera Utara dan Sumatera Barat. Daerah-daerah dengan kasus dengue yang cukup tinggi memiliki curah hujan, suhu dan kelembapan yang cukup bervariasi. Curah hujan berkisar dari 1000-4000 mm per tahun, rata-rata suhu 26-30°C dan kelembapan relatif 70-86%.

Gambar 4.3.14 Peta sebaran total kasus dengue tahun 2007-2020 dan peta sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020

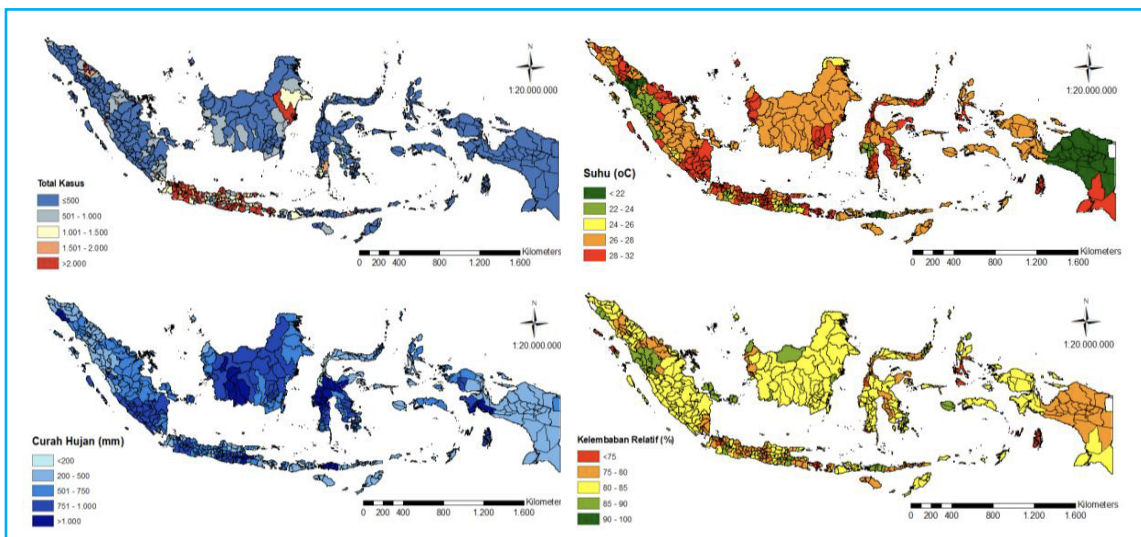


Sebaran kasus dengue antar musim di level kabupaten/kota sangat heterogen secara spasial (Gambar 4.3.15, Gambar 4.3.16, Gambar 4.3.17, Gambar 4.3.18). Perbedaan yang sangat signifikan tampak pada periode musim penghujan (DJF), musim kemarau (JJA) dan musim peralihan (SON). Pada musim penghujan (DJF), daerah dengan jumlah kasus dengue cukup tinggi sebagian besar teramati di Pulau Jawa (Gambar 4.3.15). Pada periode yang sama curah hujan di Pulau Jawa relatif cukup tinggi (rata-rata >500 mm). Suhu dan kelembapan di Pulau Jawa masing-masing berkisar antara 25-32°C dan 80-90%. Pada musim kemarau (JJA), kasus dengue menurun sangat signifikan hampir di seluruh kabupaten/kota baik di Pulau Jawa maupun luar Pulau Jawa (Gambar 4.3.17). Meskipun demikian, tampak masih ada sebagian daerah dengan jumlah kasus dengue yang cukup tinggi di Jawa Barat dan Jawa Timur. Penurunan jumlah kasus dengue seiring dengan penurunan curah hujan dan kelembapan relatif di semua daerah. Dinamika pola kejadian dengue ini tampak sangat dipengaruhi oleh variabilitas iklim antar musim. Kejadian dengue menunjukkan pola bersifat musiman (Gambar 4.3.19), dimana puncak kasus dengue selalu terjadi pada musim penghujan Desember-Februari (DJF) setiap tahunnya. Hal ini mengindikasikan adanya peran faktor-faktor iklim dalam penularan dengue.

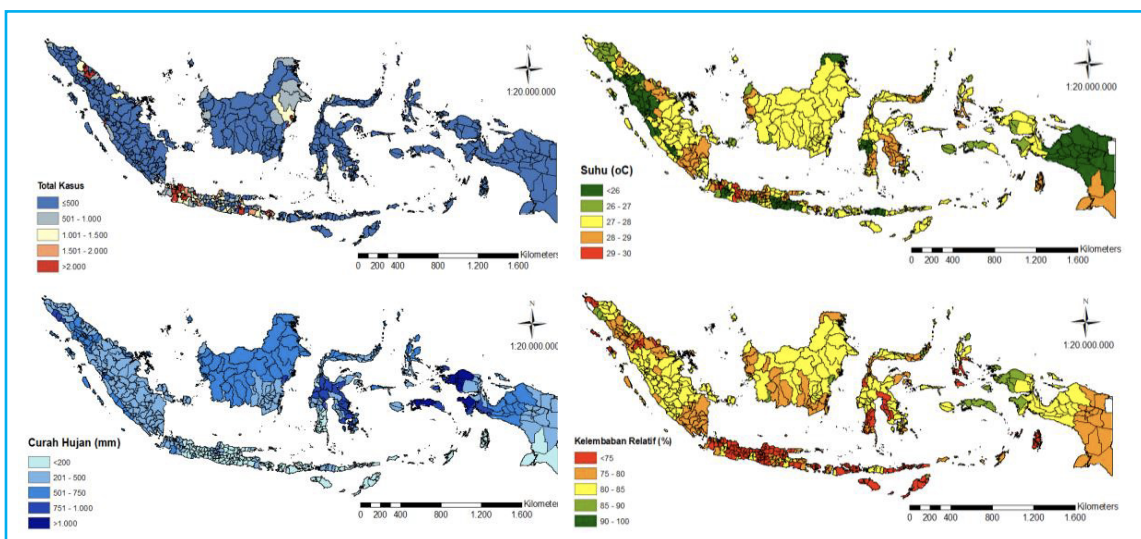
Gambar 4.3.15 Peta sebaran jumlah kasus dengue musim penghujan (DJF) tahun 2007-2020



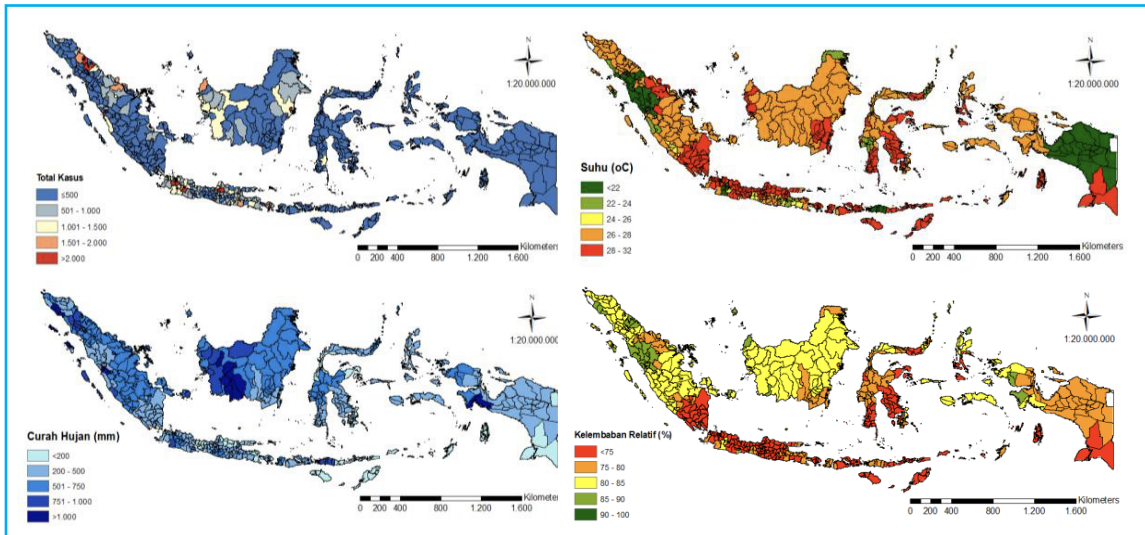
Gambar 4.3.16 Peta sebaran jumlah kasus dengue musim peralihan (MAM) tahun 2007-2020



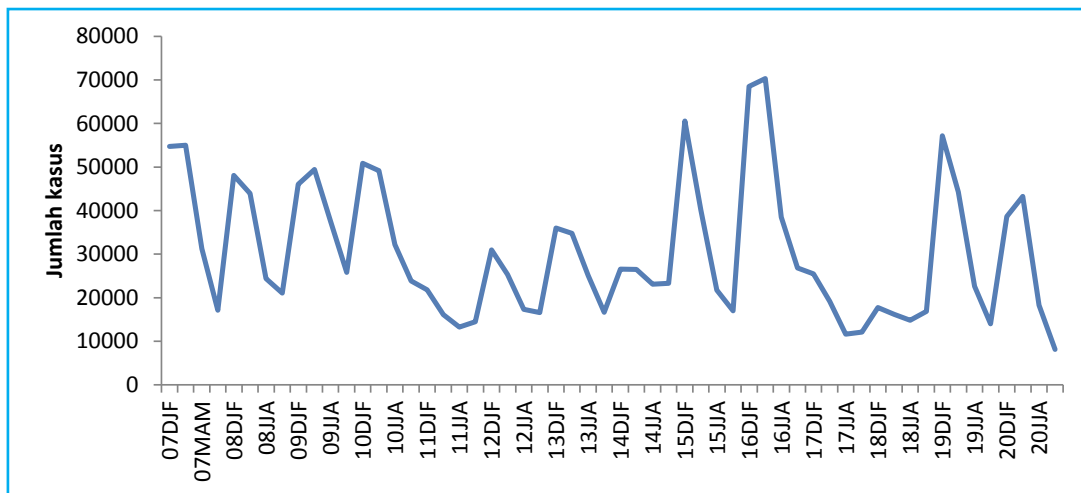
Gambar 4.3.17 Peta sebaran jumlah kasus dengue musim kemarau (JJA) tahun 2007-2020



Gambar 4.3.18 Peta sebaran jumlah kasus dengue musim peralihan (SON) tahun 2007-2020



Gambar 4.3.19 Trend musiman kasus dengue tahun 2007-2020



4.4 Kesimpulan

4.4.1 Hasil dan Dampaknya

Hasil menunjukkan bahwa penyakit tular vektor (malaria dan dengue) dipengaruhi oleh variabel iklim. Pola atau trend kejadian penyakit, baik malaria maupun dengue, menunjukkan pola musiman dengan puncak kasus terjadi pada musim penghujan (DJF). Hasil ini menguatkan bukti-bukti ilmiah yang ada bahwa penyakit tular vektor merupakan penyakit sensitif iklim (*climate-sensitive*). Oleh karena itu, kenaikan maupun penurunan curah hujan, suhu maupun kelembapan relatif yang disebabkan karena variabilitas iklim musiman (*near-term*) maupun jangka panjang (*long-term*) akan sangat berpengaruh terhadap dinamika populasi vektor dan penularan malaria dan dengue di Indonesia.

4.4.2 Limitasi dan arahan lanjutan

Adapun keterbatasan dari analisis yang dilakukan antara lain:

- Analisis dilakukan dengan mengolah data-data epidemiologi dari pencatatan dan pelaporan rutin (surveilan pasif) kasus malaria dan dengue. Kasus yang tercatat mungkin tidak sepenuhnya menggambarkan beban penyakit yang sesungguhnya di masyarakat akibat adanya *under-reporting*. *Under-reporting* kasus dapat terjadi karena rendahnya level kesadaran masyarakat akan gejala penyakit, bervariasinya akses terhadap fasilitas kesehatan dan kapasitas diagnosis maupun kapasitas surveilan penyakit di setiap wilayah.
- Analisis distribusi malaria dan dengue tidak dapat dilakukan secara spesifik pada kelompok umur (kelompok rentan) tertentu (misal: anak-anak). Hal ini dikarenakan data pelaporan yang tersedia di setiap daerah tidak seragam. Sebagai contoh ada sebagian daerah yang melaporkan kasus secara rinci berdasarkan kelompok umur dan jenis kelamin namun ada sebagian yang tidak merinci kasus berdasarkan karakteristik demografi. Ketidakteraturan format pencatatan kasus antar kabupaten/kota atau provinsi masih ditemukan.

Berikut arahan lanjutan yang direkomendasikan untuk:

- a. Pencatatan data epidemiologi dan entomologi yang terstandar dan lengkap sangat diperlukan di masa mendatang. Diperlukan standard minimal data-data yang wajib dilaporkan. Evaluasi terhadap kelengkapan pencatatan dan pelaporan data kasus perlu secara rutin dilakukan. Penguatan surveilans dan sistem pencatatan data epidemiologi dan entomologi perlu menjadi prioritas. Data epidemiologi dan entomologi yang komprehensif akan sangat bermanfaat dalam analisis risiko dan pengembangan sistem peringatan dini (*early warning system*) penyakit tular vektor yang lebih *robust*. Integrasi data entomologi, epidemiologi, iklim dan non-iklim adalah hal yang mutlak dan perlu diprioritaskan untuk penguatan strategi adaptasi dan formulasi kebijakan berbasis data terkait dampak perubahan iklim terhadap sektor kesehatan di Indonesia.
- a. Untuk memahami lebih baik peran iklim (curah hujan, suhu dan kelembapan) dan non- iklim dalam pola penularan penyakit tular vektor (malaria dan dengue) maka diperlukan studi atau kajian yang lebih spesifik pada level lokal (mikro). Studi longitudinal sangat diperlukan untuk memahami *trend* temporal dan efek variabilitas iklim jangka pendek (*near-term*) terhadap vektor dan kejadian penyakit.
- a. Perubahan iklim menjadi tantangan dalam pencapaian eliminasi malaria maupun pengendalian dengue di Indonesia. Diperlukan kajian untuk mengetahui tingkat risiko malaria dan dengue dan potensi sebarannya di masa depan dengan pendekatan pemodelan mengacu pada berbagai skenario iklim (misal: RCP4.5).

4.5 Referensi

- Anwar A, Ishak H, Wahid I. 2010. Analisis kepadatan vektor malaria pada lingkungan penderita di puskesmas bambu Kab. Mamuju 2008. *Jurnal MKMI*. 6(2): 86-90.
- Anwar C, Lavita RA, Handayani D. Identification and Distribution of *Aedes sp.* as DHF Vector in Some Areas in South Sumatera. *Majalah Kedokteran Sriwijaya* April 2014. 2014;46(2):111– 117.
- Astuti, E.P., Dhewantara, P.W., Prasetyowati, H. et al. Paediatric dengue infection in Cirebon, Indonesia: a temporal and spatial analysis of notified dengue incidence to inform surveillance. *Parasites Vectors* 12, 186 (2019).
- Bappenas. 2020. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024. Jakarta (ID).
- Barcus MJ, Laihah F, Sururi M, Sismadi P, Marwoto H, Bangs MJ, Baird JK. Epidemic malaria in the Menoreh Hills of Central Java. *Am J Trop Med Hyg*. 2002 Mar;66(3):287-92.
- Benedum CM, Seidahmed OME, Eltahir EAB, Markuzon N. Statistical modeling of the effect of rainfall flushing on dengue transmission in Singapore. *PLoS Negl Trop Dis*. 2018;12:e0006935.
- Boyce, Ross dan Reyes, Raquel dan Matte, Michael dan Ntaro, Moses dan Mulogo, Edgar dan Metlay, Joshua dan Band, Lawrence dan Siedner, Mark. (2016). Severe Flooding and Malaria Transmission in the Western Ugandan Highlands: Implications for Disease Control in an Era of Global Climate Change. *Journal of Infectious Diseases*. 214. 1403-1410. 10.1093/infdis/jiw363.
- Campbell KM, Lin CD, Iamsirithaworn S, Scott TW. The complex relationship between weather and dengue virus transmission in Thailand. *Am J Trop Med Hyg*. 2013;89(6):1066- 1080. doi:10.4269/ajtmh.13-0321.
- Carrington, L. B., Armijos, M. V., Lambrechts, L., and Scott, T. W. (2013). Fluctuations at a low mean temperature accelerate dengue virus transmission by *Aedes aegypti*. *PLOS Negl. Trop. Dis*. 7:e2190.
- Corwin AL, Larasati RP, Bangs MJ, Wuryadi S, Arjoso S, Sukri N, Listyaningsih E, Hartati S, Namursa R, Anwar Z, Chandra S, Loho B, Ahmad H, Campbell JR, Porter KR. Epidemic dengue transmission in southern Sumatera, Indonesia. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2001 May- Jun;95(3):257-65. doi: 10.1016/s0035-9203(01)90229-9. PMID: 11490992.
- Delatte H, Gimonneau G, Triboire A, et al. . Influence of temperature on immature development, survival, longevity, fecundity, and gonotrophic cycles of *Aedes albopictus*, vector of chikungunya and dengue in the Indian Ocean. *J Med Entomol*. 2009;46(1):33–41.
- Dellicour S, Tatem AJ, Guerra CA, Snow RW, ter Kuile FO. Quantifying the number of pregnancies at risk of malaria in 2007: a demographic study. *PLoS Med*. 2010;7:e1000221.
- Dhewantara PW, Ipa M, Widawati M. Individual and contextual factors predicting self- reported malaria among adults in eastern Indonesia: findings from Indonesian community- based survey. *Malar J*. 2019;18(1):118. Published 2019 Apr 4. doi:10.1186/s12936-019-2758.
- Elyazar IR, Sinka ME, Gething PW, Tarmidzi SN, Surya A, Kusriastuti R, et al. The distribution and bionomics of *Anopheles* malaria vector mosquitoes in Indonesia. *Adv Parasitol*. 2013;83:173–266.
- Focks DA, Barrera R. Dengue transmission dynamics: assessment and implications for control. 2007. http://www.who.int/tdr/publications/publications/pdf/swg_dengue_2.pdf Available at. Accessed March 3, 2010.

- Guntur RD, Kingsley J, Islam FMA. Malaria awareness of adults in high, moderate and low transmission settings: A cross-sectional study in rural East Nusa Tenggara Province, Indonesia. *PLoS One*. 2021;16(11):e0259950.
- Hales, S. et al. (2002) "Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model," *The Lancet. Elsevier*, 360(9336), hal. 830–834.
- Huang CC, Tam TYT, Chern YR, Lung SC, Chen NT, Wu CD. Spatial Clustering of Dengue Fever Incidence and Its Association with Surrounding Greenness. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(9):1869. Published 2018 Aug 29. doi:10.3390/ijerph15091869.
- Isidore K Kouadio, Syed Aljunid, Taro Kamigaki, Karen Hammad dan Hitoshi Oshitani (2012) Infectious diseases following natural disasters: prevention and control measures, *Expert Review of Anti-infective Therapy*, 10:1, 95-104, DOI: 10.1586/eri.11.155.
- Istiqamah SNA, Arsin AA, Sirajuddin S. 2019. Average rainfall effect on dengue hemorrhagic fever in Kendari City, Indonesia in 2014-2018. *EAS Journal of Parasitology and Infectious Diseases*. 1(5): 98-102. DOI:10.36349/EASJPID.2019.v01i05.003.
- Kakarla SG, Caminade C, Mutheneni SR, Morse AP, Upadhyayula SM, Kadiri MR, Kuaraswarny S. 2019. Lag effect to climatic variables on dengue burden in India. *Epidemiology and Infection*. 147. doi: 10.1017/S0950268819000608.
- KEMENKES. 2020. Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2019. Jakarta(ID): Kementerian Kesehatan.
- KEMENKES. 2017. Profil Kesehatan Indonesia Tahun. Jakarta(ID): Kementerian Kesehatan.
- Karyanti M, Uiterwaal CSP, Kusriastuti R, Hadinegoro S, Rovers M, Heesterbeek H, et al. The changing incidence of Dengue Haemorrhagic Fever in Indonesia: a 45-year registry-based analysis. *BMC infectious diseases*. 2014;14(1):412 10.1186/1471-2334-14-412.
- Kesetyaningsih TW, Andarini S, Sudarto, Pramoedyo H. Determination of environmental factors affecting dengue incidence in sleman district, yogyakarta, indonesia. *Afr J Infect Dis*. 2018;12(1 Suppl):13-25. Published 2018 Mar 7. doi:10.2101/Ajid.12v1S.3.
- Kramer LD, Ebel GD. Dynamics of flavivirus infection in mosquitoes. *Adv Virus Res*. 2003;60:187–232.
- Lafferty KD. The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology*. 2009;90(4):888–900.
- Lee J, Ryu JS. Current Status of Parasite Infections in Indonesia: A Literature Review. *Korean J Parasitol*. 2019;57(4):329-339.
- Lewinsca MY, Raharjo M, Nurjazuli. 2021. Faktor risiko yang mempengaruhi kejadian malaria di Indonesia : riviw literatur 2016-2020. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 11(1): 16-28.
- Liu-Helmersson J, Stenlund H, Wilder-Smith A, et al. . Vectorial capacity of *Aedes aegypti*: effects of temperature and Implications for global dengue epidemic potential. *PLoS One*. 2014;9(3):e89783.
- Liu Z, Zhang Z, Lai Z, Zhou T, Jia Z, Gu J, Wu K and Chen X-G (2017) Temperature Increase Enhances *Aedes albopictus* Competence to Transmit Dengue Virus. *Front. Microbiol*. 8:2337.
- Lubis, I. N. D. et al. (2017) "Contribution of *Plasmodium knowlesi* to Multispecies Human Malaria Infections in North Sumatera, Indonesia," *The Journal of Infectious Diseases*. Oxford Academic, 215(7), hal. 1148–1155.

- Lusiyana N, Agustin AF, Sa'ad AA. The Burden of Malaria Incidence in Subaim, East Halmahera, North Maluku, Indonesia in 2016. *Open Access Maced J Med Sci.* 2019;7(20):3404-3408. Published 2019 Oct 14. doi:10.3889/oamjms.2019.434.
- Machault V., Vignolles C., Pagès F., Gadiaga L., Gaye A., Sokhna C., Trape J.F., Lacaux J.P., Rogier C. Spatial heterogeneity and temporal evolution of malaria transmission risk in Dakar, Senegal, according to remotely sensed environmental data. *Malar. J.* 2010;9:252.
- Mau F, Mulatsih. 2018. Hubungan antara curah hujan dan temperatur dengan malaria di Kabupaten Sumba Barat Daya Provinsi Nusa Tenggara Timur – Indonesia. *Buletin Penelitian Kesehatan.*46(2): 129-134.
- Mayasari R, Arisanti M, Nurmaliani R, Sitorus H, Ambarita LP. 2019. Karakteristik penderita, hari dan curah hujan terhadap kejadian Demam Berdarah di Kabupaten Ogan Komering Ulu. *Journal of Health Epidemiology and Communicable Diseases.* 5(1): 23-29.
- Munif A, Lamira Raflizar. Faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian malaria di Indonesia. *Jurnal Ekologi Kesehatan.* Vol 9 (2): 1207-1218.
- Nixon, Christian P et al. "Distance to Anopheles sudaicus larval habitats dominant among risk factors for parasitemia in meso-endemic Southwest Sumba, Indonesia." *Pathogens and global health* vol. 108,8 (2014): 369-80.
- Nurhayati S. 2006. Prospek pemanfaatan radiasi dalam pengendalian vektor penyakit demam berdarah dengue. *Buletin Alara.* 7(1-2): 17-23.
- Patriani D, Arguni E, Kenangalem E, Dini S, Sugiarto P, Hasanuddin A, et al. Early and late mortality after malaria in young children in Papua, Indonesia. *BMC Infect Dis.* 2019;19:922.
- Prayitno A, Taurel AF, Nealon J, et al. Dengue seroprevalence and force of primary infection in a representative population of urban dwelling Indonesian children [published correction appears in *PLoS Negl Trop Dis.* 2018 May 2;12 (5):e0006467]. *PLoS Negl Trop Dis.* 2017;11(6):e0005621. Published 2017 Jun 15. doi:10.1371/journal.pntd.0005621.
- Qi X, Wang Y, Li Y, Meng Y, Chen Q, Ma J, Gao GF. The Effects of Socioeconomic and Environmental Factors on the Incidence of Dengue Fever in the Pearl River Delta, China, 2013. *PLoS Negl Trop Dis.* 2015 Oct 27;9(10):e0004159.
- Ramadona AL, Lazuardi L, Hii YL, Holmner Å, Kusnanto H, Rocklöv J. Prediction of dengue outbreaks based on disease surveillance and meteorological data. *PLoS ONE.* 2016;11:e0152688.
- Rejeki DSS, Fuad A, Widartono BS, Murhandarwati EEH, Kusnanto H. Spatiotemporal patterns of malaria at cross-boundaries area in Menoreh Hills, Java, Indonesia. *Malar J.* 2019;18(1):80. Published 2019 Mar 15. doi:10.1186/s12936-019-2717-y.
- Saraswati LPC, Mulyantari NK. 2017. Prevalensi demam berdarah dengue (dbd) primer dan sekunder berdasarkan hasil pemeriksaan serologis di Rumah Sakit Balimed Denpasar. *E-Jurnal Medika.* 6(8): 1-6.
- Salazar MI, Richardson JH, Sanchez-Vargas I, Olson KE, Beaty BJ. Dengue virus type 2: replication and tropisms in orally infected *Aedes aegypti* mosquitoes. *BMC Microbiol.* 2007;7:9.
- Shapiro LLM, Whitehead SA, Thomas MB. Quantifying the effects of temperature on mosquito and parasite traits that determine the transmission potential of human malaria. *PLoS Biol.* 2017;15(10):e2003489. pmid:29036170.

- Shen, J. C., Luo, L., Li, L., Jing, Q. L., Ou, C. Q., Yang, Z. C., et al. (2015). The impacts of mosquito density and meteorological factors on dengue fever epidemics in Guangzhou, China, 2006–2014: a time-series analysis. *Biomed. Environ. Sci.* 28, 321–329.
- Siswantoro, H. et al. (2011) "In vivo and in vitro efficacy of chloroquine against *Plasmodium malariae* and *P. ovale* in Papua, Indonesia," *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 55(1), hal. 197–202.
- Sulasmi S, Setyaningtyas DE, Rosanji A, Rahayu N. 2017. Pengaruh curah hujan, kelembapan, dan temperatur terhadap prevalensi Malaria di Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan. *Journal of Health Epidemiology and Communicable Diseases*. 3(1): 22-27.
- Suwito, Hadi UK, Sigit SH, Sukowati S. 2010. Hubungan iklim, kepadatan nyamuk anopheles dan kejadian penyakit malaria. *J. Entomol. Indon.* 7(1): 42-53.
- Teklehaimanot A, Mejia P. Malaria and poverty. *Ann N Y Acad Sci.* 2008;1136:32–37.
- Trapsilowati W. Mardihusodo SJ. Prabandari YS. Mardikanto T. 2015. Buletin Penelitian Sistem Kesehatan. 18(1): 95-103.
- Wahyuni, E. 2012. The Relationship of Living Environmental Factors with Malaria Incidence in Toddlers in Indonesia. Depok, Indonesia: Universitas Indonesia.
- Watofa AF. Husodo AH, Sudarmadji, Setiani O. 2017. Risiko lingkungan fisik terhadap kejadian malaria di wilayah Danau Sentani, Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua. *J. Manusia dan Lingkungan*. 24(1): 31-38. DOI: 10.22146/jml.28481.
- Watts DM, Burke DS, Harrison BA, Whitmire RE, Nisalak A. Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. *Am J Trop Med Hyg.* 1987;36:143–52.
- Wigaty L, Bakri S, Santoso T, Wardani DWSR. 2016. Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap angka kesakitan malaria : studi di Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 4(3): 1- 10.
- Wijayanti SP, Porphyre T, Chase-Topping M, et al. The Importance of Socio-Economic Versus Environmental Risk Factors for Reported Dengue Cases in Java, Indonesia. *PLoS Negl Trop Dis.* 2016;10(9):e0004964. Published 2016 Sep 7. doi:10.1371/journal.pntd.0004964.
- Wimberly MC, Davis JK, Evans MV, et al. Land cover affects microclimate and temperature suitability for arbovirus transmission in an urban landscape. *PLoS Negl Trop Dis.* 2020;14(9):e0008614. Published 2020 Sep 21. doi:10.1371/journal.pntd.0008614.
- World Health Organization (WHO). 2020. Ending the neglect to attain the Sustainable Development Goals: a road map for neglected tropical diseases 2021–2030. Geneva: WHO.
- Worrall E, Basu S, Hanson K. Is malaria a disease of poverty? A review of the literature. *Trop Med Int Health.* 2005;10:1047–1059.
- Xu, L, et al. 2016.. Climate variation drives dengue dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol.114, no. 1, pp. 113–118.

BAB V

**Penyakit Tular Udara:
Pneumonia dan ISPA**

5.1 Pendahuluan

5.1.1 Proses Kejadian Pneumonia dan ISPA

Infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) merupakan penyakit yang menyerang salah satu bagian saluran napas, mulai dari saluran atas (hidung) hingga saluran bawah (alveoli). Penyakit ISPA yang berkepanjangan akan berlanjut menjadi pneumonia. Pneumonia adalah infeksi akut yang menyerang saluran pernapasan bagian bawah (alveoli). Pada anak-anak, pneumonia sering terjadi bersamaan dengan penyakit pernafasan yang menyerang bronkus atau disebut dengan bronkopneumonia.

Pneumonia menjadi penyebab kematian infeksi terbesar pada anak-anak di seluruh dunia. Badan kesehatan dunia (WHO) menyatakan bahwa pada tahun 2017 penyakit ini telah menyebabkan kematian 808.694 anak di bawah usia 5 tahun, atau 15% dari semua kematian anak di bawah lima tahun (WHO, 2017). Data Riskesdas menunjukkan bahwa prevalensi pneumonia pada balita berdasarkan diagnosis tenaga kesehatan di Indonesia, mengalami peningkatan dari 1,6% di tahun 2013 menjadi 2,0% di tahun 2018 (Badan Litbangkes, 2013; Badan Litbangkes, 2018). Berdasarkan data Profil Kesehatan Indonesia, pada tahun 2015 pneumonia menyebabkan 15% kematian balita yaitu sekitar 922.000 balita. Dari tahun 2015- 2018 kasus pneumonia yang terkonfirmasi pada anak-anak dibawah 5 tahun meningkat sekitar 500.000 per tahun, tercatat mencapai 505.331 pasien dengan 425 pasien meninggal (Kementerian Kesehatan, 2019).

Pneumonia dapat disebabkan oleh virus, bakteri, atau jamur yang dapat menyebar melalui beberapa cara. Virus dan bakteri yang biasa ditemukan di hidung atau tenggorokan anak, dapat menginfeksi paru-paru jika terhirup. Penularannya dapat menyebar melalui droplet dari batuk atau bersin, dapat juga melalui darah, terutama selama dan saat anak dilahirkan. Anak-anak dengan sistem kekebalan terganggu, sebagai akibat kekurangan gizi terutama ketika bayi tidak mendapat asi eksklusif, memiliki risiko lebih tinggi untuk terkena pneumonia. Faktor risiko lingkungan, polusi udara dalam ruangan yang disebabkan oleh penggunaan bahan bakar biomassa (seperti kayu atau kotoran), kepadatan hunian, dan perilaku merokok orang tua (WHO, 2019). Perubahan iklim dapat berdampak pada penyakit pediatrik, seperti diare dan pneumonia, walaupun kekuatan hubungan antara perubahan iklim dan penyakit tersebut pada anak-anak, terutama di wilayah subtropis masih belum jelas. Hasil review (Zhiwei dan Wenbiao, 2015) menunjukkan bahwa perubahan iklim akan meningkatkan suhu rata-rata global, dan menyebabkan gelombang panas yang lebih sering, intens, dan bertahan lebih lama, yang dapat mengakibatkan peningkatan kunjungan penderita pneumonia anak dan diare ke IGD rumah sakit di Brisbane. Selain suhu mutlak, variabilitas suhu, terutama penurunan suhu lebih dari 2°C dari satu hari ke hari berikutnya yang paling sering terjadi pada bulan Juli setiap tahun, dapat meningkatkan kunjungan penderita pneumonia anak dan diare ke IGD rumah sakit karena pneumonia dan diare pada anak.

Pneumonia dapat dicegah dengan imunisasi, nutrisi yang cukup, dan dengan mengatasi faktor lingkungan. Pneumonia yang disebabkan oleh bakteri dapat diobati dengan antibiotik, tetapi hanya sepertiga anak-anak yang menerima antibiotik yang dibutuhkan. Permasalahan dalam pengendalian penyakit ini adalah cakupan penemuan kasus, terutama pada balita. Pada tahun 2019 hanya Provinsi DKI telah mencapai cakupan penemuan sebesar 104,54%, bahkan melebihi target yang telah ditetapkan program (Kementerian Kesehatan, 2020). Dinas Kesehatan DKI Jakarta memperkirakan selama tahun 2019 terjadi 46.354 pelaporan kasus pneumonia atau radang paru pada balita.

5.1.2 Faktor Pembentuk Pneumonia dan ISPA

Perubahan iklim memicu emisi GRK yang mempengaruhi kesehatan manusia melalui: 1) peningkatan jumlah kematian dan morbiditas akut akibat gelombang panas; 2) peningkatan frekuensi kejadian kardiorespirasi karena konsentrasi ozon di permukaan tanah yang lebih tinggi; 3) perubahan frekuensi penyakit pernapasan akibat polusi udara lintas batas (misalnya terkait dengan kebakaran dan aerosol); dan 4) perubahan distribusi spasial dan temporal alergen dan beberapa vektor penyakit menular. Dampak perubahan iklim terhadap penyakit pernapasan (seperti pneumonia dan ISPA) akan bervariasi tergantung sejauh mana suhu lingkungan meningkat, perubahan polutan udara jangka pendek dan jangka panjang, risiko gelombang panas, dan risiko curah hujan dan banjir yang

berlebihan, yang dapat masalah kesehatan seperti polusi udara, allergen, dan jamur. Perubahan frekuensi dan intensitas gelombang panas akan berkontribusi pada beban penyakit dan kematian dini, dengan risiko penyakit pernapasan yang lebih tinggi. Konsentrasi polutan udara di atmosfer sangat tergantung pada cuaca, terutama untuk polutan yang dihasilkan dari reaksi fotokimia, misalnya ozon troposfer yang termasuk GRK yang kuat. Perubahan iklim diperkirakan akan mengubah konsentrasi dan distribusi polutan di atmosfer. Peningkatan konsentrasi ozon berdampak pada kesehatan terutama bagi penderita penyakit pernapasan kronis. Ozon dapat menyebabkan penurunan fungsi paru-paru, eksaserbasi penyakit pernapasan kronis, dan peningkatan penerimaan rumah sakit pernapasan, bahkan kematian. Diperkirakan akan ada 1.500 lebih kematian di Inggris terkait ozon setiap tahun pada tahun 2020 (Ayres et al., 2009). Kondisi suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan efek buruk dari polutan ini. Perubahan iklim juga dikaitkan dengan curah hujan ekstrem, yang berpotensi menyebabkan banjir parah didukung dengan kepadatan penduduk dan kemiskinan. Hal tersebut berdampak pada infeksi saluran pernapasan, khususnya pneumonia.

Pneumonia terutama pada anak merupakan penyakit kompleks yang disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain faktor iklim, polusi udara, sosial-ekonomi, dan faktor lain seperti Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR). Peningkatan suhu diurnal berkorelasi dengan peningkatan ringan pada kejadian pneumonia mingguan. Terjadi penurunan kejadian pneumonia yang signifikan pada kelembapan rendah. Kelembapan 40-80% memberikan meningkatkan risiko kejadian pneumonia. Peningkatan suhu dapat meningkatkan penguapan di dalam ruangan sehingga menyebabkan meningkatnya kelembapan dan kandungan pencemar yang berasal dari bahan bangunan rumah. Kelembapan yang tinggi (>80%) merupakan kondisi yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan sel bakteri (*pneumococcus*), sehingga bakteri dapat tumbuh dengan cepat (Dewi dan Agustina, 2016).

Setengah dari populasi dunia tinggal di negara-negara berkembang hingga terbelakang yang banyak menggunakan bahan bakar biomassa, sehingga banyak melepaskan karbon monoksida (CO), *particulate matter* (PM), dan senyawa organik lainnya ke lingkungan. Terdapat hubungan antara paparan partikel dalam ruangan (PM), terutama PM_{2,5}, dengan prevalensi pneumonia. Serta paparan PM₁₀ di luar ruangan berhubungan dengan pneumonia khususnya pada anak-anak. PM_{2,5} adalah indikator polusi udara yang paling konsisten dan kuat. Konstituen PM_{2,5} khususnya NO₃, NH⁴⁺, dan (*Organic Matter*) OM, menunjukkan hubungan yang signifikan dengan pneumonia pada anak-anak (Shi et al., 2021). Paparan jangka panjang terhadap PM_{2,5} ambien secara signifikan terkait dengan peningkatan risiko infeksi saluran pernapasan bawah, termasuk kematian pneumonia. Hasil penelitian Huh et al., (2020) menyatakan bahwa pneumonia meningkat tajam karena peningkatan konsentrasi PM_{2,5} hingga kisaran 10-20 mg/m³, tetapi tidak menunjukkan peningkatan kasus lebih lanjut pada konsentrasi yang lebih tinggi. Untuk komponen kimia, setiap peningkatan 1 g/m³ NO₃, NH⁴⁺, dan OM berhubungan positif dengan peningkatan risiko pneumonia yang didiagnosis dokter (Shi et al., 2021).

Faktor risiko selain faktor iklim penyebab tingginya angka mortalitas penyandang pneumonia pada anak balita khususnya di negara berkembang adalah Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR), tidak mendapat imunisasi yang lengkap, tidak mendapat asupan ASI yang adekuat (lengkap dan seimbang), malnutrisi, dan tingginya prevalensi kolonisasi bakteri patogen di nasofaring. Malnutrisi menjadi salah satu faktor risiko terjadinya pneumonia. Hal tersebut dikarenakan, asupan protein dan energi yang kurang menyebabkan lemahnya sistem kekebalan tubuh, bahkan dapat melemahkan otot pernafasan.

Karakteristik lingkungan seperti lingkungan fisik, sosial, dan kondisi hunian mendorong tingginya angka kejadian pneumonia pada balita. Kepadatan orang di dalam rumah mempunyai peranan dalam kecepatan transmisi mikroorganisme di dalam lingkungan. Semakin banyak penghuni dalam rumah memungkinkan risiko penularan suatu penyakit akan lebih mudah, khususnya bagi balita yang relatif rentan terhadap penularan penyakit. Sebagian besar balita penderita pneumonia (83,8%) tinggal di rumah dengan kondisi padat. Penggunaan kompor minyak dan bahan bakar kayu, serta adanya perokok menambah tingkat polusi di dalam rumah yang dapat menambah risiko kejadian penyakit pneumonia. Balita yang tinggal di rumah dengan jenis bahan bakar kayu memiliki risiko pneumonia sebesar 2,8 kali lebih besar dibandingkan rumah dengan minyak/gas. Polusi udara pajanan debu dari pembakaran biomassa berhubungan dengan terjadinya infeksi saluran pernafasan akut (Dewi dan Agustina, 2016).

5.1.3 Kelompok Rentan Pneumonia dan ISPA

Insiden tahunan pneumonia adalah 500 hingga 1000 per 100.000 kasus dengan kejadian lebih tinggi pada anak-anak dan orang tua. Faktor cuaca seperti suhu yang rendah, perubahan suhu ekstrem harian, dan kelembapan rendah ditambah dengan polutan udara, diduga sebagai faktor penyebab insiden pneumonia (Huh et al., 2020). Pneumonia merupakan penyebab kematian utama pada balita. Berdasarkan estimasi dari WHO, pada tahun 2017 sebanyak 808.694 balita atau sekitar 15% kematian balita disebabkan oleh Pneumonia dan negara dengan prevalensi pneumonia terbanyak adalah negara-negara Asia Selatan dan Afrika. Etiologi dari pneumonia meliputi beberapa patogen diantaranya bakteri, virus, dan fungi. Balita dengan sistem imun yang baik dapat mempertahankan dirinya secara alami dari serangan patogen ini. Namun demikian balita dengan sistem imun kurang baik akibat kurangnya asupan nutrisi dan tidak mendapatkan ASI eksklusif, lebih berisiko terkena pneumonia (WHO, 2019).

Polutan PM_{2.5} adalah faktor pemicu yang dapat berperan sebagai vektor untuk bakteri, jamur, dan virus yang dapat mengakibatkan iritasi dan menimbulkan efek inflamasi sehingga meningkatkan risiko terjadinya pneumonia pada anak-anak. Konsentrasi PM_{2.5} ditemukan lebih tinggi di wilayah perkotaan. Anak-anak di wilayah perkotaan usia kurang dari 5 tahun dan bayi usia menyusui (kurang dari 6 bulan) berisiko lebih tinggi mengalami pneumonia. Kerentanan ini terkait dengan kondisi pernafasan anak-anak yang cenderung masih belum kuat karena paru-paru mereka belum matang, laju pernafasan yang tinggi, dan sistem imun yang belum matang (Shi et al., 2021). Hasil penelitian di Kota Hanoi, Vietnam menunjukkan bahwa partikel polutan udara ambien berhubungan signifikan dengan peningkatan kasus pneumonia, kecuali O₃ dan SO₂. Kelompok usia yang rentan berisiko terkena pneumonia adalah anak usia 0 – 17 tahun. Polutan udara (selain CO) juga berhubungan positif dengan terjadinya kasus *bronchitis* dan asma, dimana bayi lebih terdampak dibandingkan balita (Nhung et al., 2018).

Faktor kelembapan sangat berpengaruh pada kejadian pneumonia anak, sehingga diperlukan kontrol kelembapan misalnya dengan penambahan ventilasi. Penggunaan furnitur baru bisa meningkatkan risiko pneumonia, kemungkinan disebabkan terlepasnya bahan timbal dari lapisan cat atau pernis yang digunakan sebagai lapisan furniture dan terhirup oleh anak-anak. Insiden pneumonia anak di Foshan, Cina Selatan adalah 23,8%, terjadi pada rata-rata usia 2,23 tahun. Beberapa faktor yang meningkatkan risiko pneumonia adalah hunian yang sempit (luas rumah 41-75 m²), material dekorasi dinding, bahan bakar memasak, lantai yang lembab, dan penggunaan furnitur baru (Wu et al., 2020). Selain faktor udara dalam ruangan, perilaku merokok orang tua di dekat anak juga dapat meningkatkan kejadian pneumonia pada anak (Yunus et al., 2020).

Pneumonia memiliki dampak negatif pada kualitas hidup terkait kesehatan atau *health-related quality of life* (HRQOL). Dilaporkan bahwa anak-anak yang dirawat karena pneumonia mengalami penurunan kualitas hidup dibandingkan dengan kontrol, yang disebabkan oleh pembatasan waktu luang, kekhawatiran, dan stres. Hasil penelitian yang dilakukan di Yogyakarta terhadap 384 pasien pneumonia usia balita mengalami ketidaknyamanan karena nyeri dan kecemasan atau depresi. Evaluasi menggunakan instrumen HRQOL penting dilakukan untuk mengetahui keberhasilan pengobatan dan perawatan untuk menekan angka kematian akibat pneumonia (Hadning et al., 2021). Pneumonia pada anak secara signifikan terkait dengan pajanan polutan udara pada masa prakonsepsi dan prenatal. Lokasi tempat tinggal dengan suhu lebih tinggi dan berada di daerah industri akan meningkatkan risiko pajanan, salah satunya yang diakibatkan oleh pajanan SO₂. Dari hasil penelitian, anak-anak yang menderita pneumonia memiliki jumlah sel darah putih dan neutrofil yang lebih tinggi. Begitu pula dengan anak yang memiliki jumlah eosinofil atau hemoglobin yang rendah akan lebih rentan terkena pneumonia (Lu et al., 2021).

Hasil penelitian di Changsha, China menunjukkan prevalensi pneumonia pada anak prasekolah (usia 3-6 tahun) sebesar 38,6%. Pneumonia pada anak ini dikaitkan dengan paparan pada masa partikulat udara luar PM₁₀ pada masa post-natal. Sedangkan faktor risiko dalam ruangan yang meningkatkan kejadian pneumonia pada anak adalah renovasi ruangan, penggunaan furniture, dan dekorasi ruangan. Gabungan kedua variabel luar dan dalam ruangan ini meningkatkan risiko pneumonia, terutama pada kelompok anak laki-laki dan usia anak lebih muda (Jiang et al., 2018).

Selain berisiko pada anak-anak, pneumonia juga berisiko menyerang usia lanjut yang diperparah dengan adanya faktor komorbid. Hasil penelitian menunjukkan faktor risiko pada pasien dengan usia lanjut adalah penurunan kemampuan fisik, penurunan imun terkait usia, dan malnutrisi. Studi di Spanyol menunjukkan insiden pneumonia untuk kelompok usia lebih dari atau sama dengan 65 tahun adalah 14 per 1000 orang per tahun. Begitu pula kasus pneumonia yang dirawat di rumah sakit lebih tinggi pada kelompok usia lebih dari atau sama dengan 65 tahun. Riwayat merokok juga meningkatkan risiko pneumonia pada usia lanjut. Diperkirakan sebesar 15-30% kasus pneumonia dewasa dapat dihindari apabila faktor risiko merokok dihilangkan (Cillóniz et al., 2017).

Iklim perkotaan yang relatif lebih hangat juga dapat meningkatkan kasus kematian penderita pneumonia pada usia lanjut, hal ini terkait dengan kandungan polutan udara. Dari sebuah penelitian di Hongkong diperoleh informasi bahwa terjadi peningkatan risiko kematian akibat pneumonia pada orang tua yang tinggal di wilayah perkotaan dengan cuaca lebih hangat dibandingkan di wilayah yang lebih dingin. Peningkatan ini berhubungan dengan pengaruh polusi udara (peningkatan NO). Diantara 66.820 responden orang tua (usia lebih dari 65 tahun), telah teridentifikasi 2.208 kasus kematian yang disebabkan oleh pneumonia.

Tabel 5.1.1 Matriks deskripsi pneumonia dan ISPA

Nama Fokus Kajian dan Waktu kejadian	Faktor Pembentuk (cantumkan referensi)	Kelompok Rentan
Risiko penyakit pneumonia semakin tinggi saat musim kemarau dibandingkan dengan saat musim hujan (Kim et al., 2016) dan akan semakin meningkat ketika asap dari kebakaran hutan memperburuk kualitas udara (Daswito et al., 2019)	Iklim: - Kelembapan (Wu et al., 2020) - Suhu (Huh et al., 2020) Polusi udara di dalam: - Bahan bakar masak (Guercio et al., 2021) Polusi udara di luar: - PM _{2,5} (Shi et al., 2021) - NO _x (Kalbarczyk, 2020) - O ₃ (Qiu et al., 2021) Sosial-ekonomi: - Kondisi ekonomi (Dewi dan Agustina, 2016) - Pendidikan ibu (Dewi dan Agustina 2016) - Kepadatan Hunian (Dewi dan Agustina, 2016) Risiko Penyakit lain: - BBLR (Dewi dan Agustina, 2016) - Imunisasi tidak lengkap dan penyakit kronis (Supriandi dan Mansyah, 2018) - Malnutrisi (Maryunani, 2010)	- Anak-anak dibawah umur 5 tahun (Budihardjo dan Suryawan, 2020) - Insiden Tertinggi pada kelompok umur 12 - 23 tahun (Dewi dan Agustina, 2016)
Kejadian ISPA meningkat selama musim dingin (Ayres et al., 2009; Price et al., 2019) dan akan menjadi semakin tinggi ketika terjadi kondisi cuaca ekstrem seperti banjir, badai, kekeringan dan kebakaran hutan (Mirsaei et al., 2016; Daswito et al., 2019)	Iklim: - Kelembapan (Sunde et al., 2016; Correal et al., 2015) - Suhu (Mailpessov, 2021; Ayres et al., 2009; Prel et al., 2009) - Banjir (Ayres et al., 2009) Polusi udara di dalam: - Bahan bakar masak (Brugha dan Grigg, 2014) - PM, Ozone (Ayres et al., 2009) Polusi udara di luar: - PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO _x , SO ₃ , CO, O ₃ (Ibrahim et al., 2021; Szyszkowicz et al., 2018)	Anak-anak usia kurang dari 5 tahun (Prel et al., 2009)

Penyakit infeksi saluran pernafasan baik pneumonia maupun ISPA merupakan penyebab utama kematian balita di dunia (Mas'udah dan Pristya, 2020). Di Indonesia pneumonia merupakan penyebab kematian terbesar kedua setelah diare berdasarkan data Profil Kesehatan Indonesia tahun 2019, pneumonia telah menyebabkan 979 kasus kematian (Kemenkes, 2020). Angka kematian akibat pneumonia pada kelompok bayi jauh lebih besar dibandingkan dengan kelompok umur 1-4 tahun. Kasus pneumonia tersebar di seluruh provinsi di Indonesia dengan kasus tertinggi pada Provinsi DKI Jakarta (Kemenkes, 2020). Pneumonia memiliki keterkaitan dengan kondisi iklim suatu daerah terutama suhu dan kelembapan (Correal et al., 2015), setiap daerah memiliki kondisi iklim yang spesifik dan memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap kejadian pneumonia (Ayres et al., 2009), dan akan semakin bertambah parah ketika terjadi kondisi cuaca ekstrem (Mirsaedi et al., 2016).

5.2 Data dan Metode

5.2.1 Batasan Analisis

Mengacu pada Permen LHK No. 7 tahun 2018 mengenai batasan atau lingkup analisis dalam kajian perubahan iklim dapat dibedakan menjadi makro, meso, mikro dan tapak. Analisis tingkat meso dapat dilakukan dalam kajian ini untuk mendapatkan gambaran pengaruh perubahan iklim terhadap kejadian pneumonia untuk kepentingan nasional. Unit data yang akan digunakan yaitu data dengan lingkup lintas provinsi atau memiliki 3 zona iklim. Secara umum kasus pneumonia dan ISPA tersebar di seluruh Indonesia, tetapi tidak semua wilayah memiliki kesiapan dalam analisis kajian. Ketersediaan data dalam analisis juga akan berpengaruh pada hasil kajian. Pemilihan lokasi dapat mempertimbangkan ketersediaan data pneumonia dan ISPA maupun data pendukung lainnya.

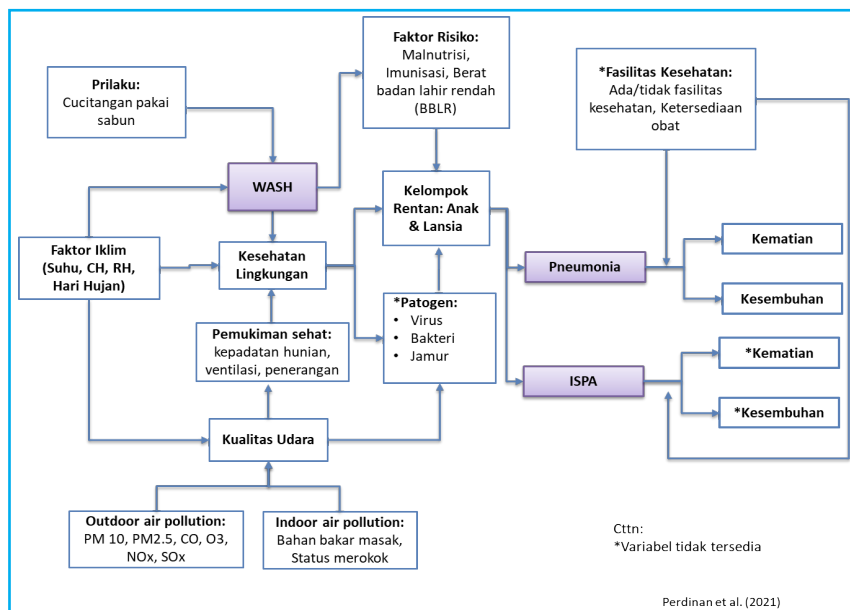
Identifikasi risiko penyakit tular udara telah diatur dalam Permenkes No 35. tahun 2012. Peningkatan risiko penyakit tular udara akibat perubahan iklim diidentifikasi dengan *trend* data iklim seperti curah hujan, suhu dan kelembapan minimal 10 tahun, serta membutuhkan data peningkatan CO₂ dan kualitas udara. Perubahan iklim akan mempengaruhi kualitas udara yang dapat meningkatkan risiko penyakit pneumonia dan ISPA.

5.2.2 Variabel Penyusun

Berdasarkan referensi yang digunakan untuk menentukan variabel pembentuk, dapat dilihat bahwa variabel pembentuk kejadian pneumonia dan ISPA hampir sama, tetapi setiap variabel akan memberikan kontribusi yang berbeda pada kejadian pneumonia maupun ISPA. Dalam kajian ini pneumonia dan ISPA menggunakan variabel yang sama dalam analisis kajiannya. Keterkaitan antar variabel yang digunakan dalam analisis kajian pneumonia dan ISPA dapat dilihat pada Gambar 5.2.1.

Faktor iklim (suhu, curah hujan, kelembapan, hari hujan) mempengaruhi pada kesehatan lingkungan, kualitas udara, dan WASH. Kualitas udara juga bergantung dengan kandungan *outdoor air pollution* (PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, SO₃, CO, O₃) dan *indoor air pollution* (bahan bakar masak dan asap rokok). Kualitas udara suatu permukiman juga dipengaruhi oleh kepadatan hunian, ventilasi, dan penerangan, yang semua itu mempengaruhi pada kesehatan lingkungan. Kualitas WASH (*Water, Sanitation, and Hygiene*) terkait dengan perilaku manusia (seperti mencuci tangan) dan faktor iklim, serta pada akhirnya menentukan kesehatan lingkungan. Tidak terpenuhinya WASH meningkatkan faktor risiko berupa malnutrisi, imunisasi, dan BBLR. Kesehatan lingkungan dan beberapa faktor risiko tersebut berdampak pada kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia, serta pada patogen, sehingga berisiko terserang penyakit pneumonia dan ISPA. Pneumonia dan ISPA yang tidak didukung dengan fasilitas kesehatan yang baik dapat menyebabkan kematian.

Gambar 5.2.1 Kerangka konsep pneumonia dan ISPA



5.2.3 Data Tersedia dan Lingkup Analisis

Tabel 5.2.1 Ketersediaan data pneumonia dan ISPA

Fokus Kajian/ Kejadian Penyakit	Jenis atau Nama Data	Format Data tersedia	Unit Area	Periode Data Tersedia	Sumber Data
Pneumonia	Kasus pneumonia	Tabular	Kab/Kota	2011–2020	Program
ISPA	ISPA/ batuk bukan pneumonia	Tabular	Kab/Kota	2011–2020	Program
Kesehatan lingkungan	Penerangan	Tabular	Kab/Kota	2007, 2013, 2018	Risikesdas
	Luas ventilasi	Tabular	Kab/Kota	2007, 2013, 2018	Risikesdas
	Kepadatan hunian	Tabular	Kab/Kota	2007, 2013, 2018	Risikesdas
Indoor air pollution	Bahan bakar masak	Tabular	Kab/Kota	2007, 2013, 2018	Risikesdas
Faktor risiko	Imunisasi	Tabular	Kab/Kota	2007, 2013, 2018	Risikesdas
	<i>Underweight</i>	Tabular	Kab/Kota	2007, 2013, 2018	Risikesdas
	<i>Stunting</i>	Tabular	Kab/Kota	2007, 2013, 2018	Risikesdas
	Berat badan lahir rendah	Tabular	Kab/Kota	2007, 2013, 2018	Risikesdas
Perilaku	Status merokok	Tabular	Kab/Kota	2007, 2013, 2018	Risikesdas
	Perilaku cuci tangan	Tabular	Kab/Kota	2007, 2013, 2018	Risikesdas

Ketersediaan data untuk kajian pneumonia cukup detail hingga mencakup unit kabupaten/kota. Ketersediaan data mengenai polusi udara perlu adanya koordinasi dengan lembaga terkait agar tidak terjadi kesalahpahaman dalam penggunaan data. Kejadian Pneumonia sangat terkait dengan kondisi iklim terutama suhu dan kelembapan (Ayres et al., 2009). Pada kajian ini diperlukan data iklim yang lebih detail dengan jangka waktu yang cukup lama agar dapat melihat pengaruh variabilitas iklim terhadap kenaikan kasus Pneumonia secara diurnal, seasonal maupun annual.

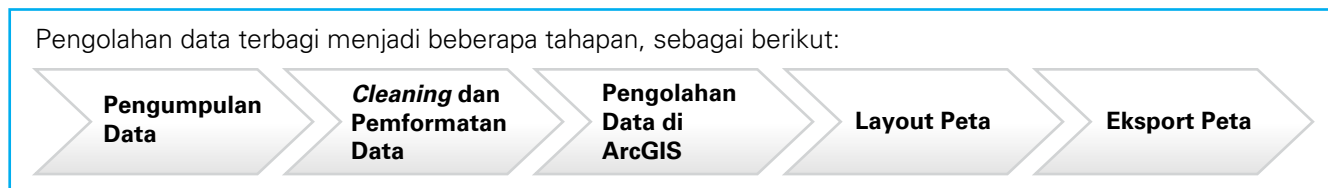
5.2.4 Metode Analisis Data

Data-data yang telah dikumpulkan (Tabel 5.2.1) kemudian dianalisis. Analisis data yang digunakan berupa analisis deskriptif, analisis komparatif dan analisis hubungan. Analisis deskriptif merupakan upaya untuk mendeskripsikan/ menjelaskan data sesuai dengan karakteristik data yang ditampilkan. Hal tersebut berguna



agar data yang divisualisasikan mudah untuk dipahami. Analisis komparatif merupakan analisis yang membandingkan satu atau lebih variabel untuk sampel yang berbeda. Analisis ini berguna untuk mencari jawaban sebab-akibat dengan menganalisis faktor-faktor pembentuk suatu kejadian. Buku profil ini akan melakukan analisis komparatif pada data antar kelompok umur, jenis kelamin, sebaran pneumonia dan ISPA antar wilayah, sebaran faktor iklim, dan faktor-faktor lainnya yang menjadi faktor pembentuk kejadian pneumonia dan ISPA. Analisis hubungan merupakan analisis yang berguna untuk menemukan hubungan atau keterkaitan antar variabel yang satu dengan variabel yang lain. Analisis yang dilakukan melalui metode tumpang susun atau spasial korelasi. Metode tumpang susun atau spasial korelasi dilakukan melalui pemetaan dua atau lebih variabel (*overlay*) untuk mencari hubungan antar variabel. Analisis akan dilakukan untuk menemukan hubungan antara variabel iklim dan non-iklim dengan kejadian penyakit pneumonia dan ISPA.

Gambar 5.2.2 Tahapan pengolahan data pneumonia dan ISPA



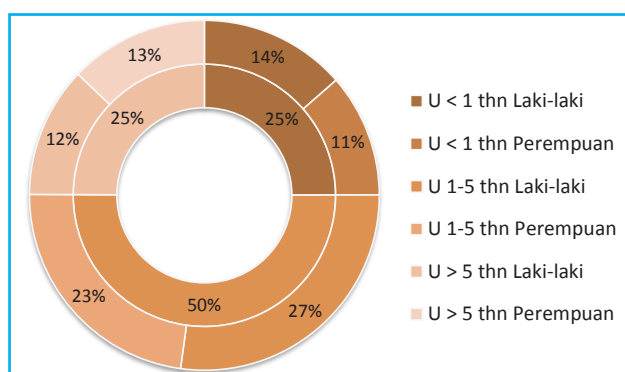
Data yang dikumpulkan adalah data kasus pneumonia dan ISPA kabupaten/kota di Indonesia tahun 2015-2020 yang bersumber dari program pneumonia dan ISPA Kementerian Kesehatan Indonesia, data iklim berupa curah hujan, suhu dan kelembapan kabupaten/kota di Indonesia tahun 2010-2020 yang bersumber dari BMKG, serta data pendukung berupa peta dasar (shp) kabupaten/kota di Indonesia yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Tahapan *cleaning* data diperlukan untuk memeriksa kembali data-data yang diberikan, dan mengecek kondisi ekstrem data sehingga tidak terjadi kesalahan dalam interpretasi data. Pengolahan data dilakukan dengan membuat data spasial rata-rata iklim 10 tahun dan rata-rata musiman, data kasus penyakit akumulasi tahunan dan akumulasi musiman. Sehingga menghasilkan output berupa peta total kasus pneumonia 2015-2020, total kasus ISPA 2015-2020, total kasus musiman pneumonia dan ISPA, sebaran kasus berdasarkan kelompok umur pneumonia dan ISPA 2015-2020.

5.3 Hasil dan Diskusi

5.3.1 Visualisasi Data

Visualisasi data diperlukan untuk mengkomunikasikan informasi secara jelas dan efisien kepada pembaca melalui tabel, grafik, maupun peta. Dalam buku profil ini data-data yang menjadi faktor pembentuk kejadian penyakit pneumonia dan ISPA serta data kejadian kasus divisualisasikan dalam bentuk grafik serta peta spasial. Untuk menunjukkan peningkatan atau penurunan dari variabel digunakan grafik titik dan grafik garis, sedangkan untuk membandingkan persentase dari suatu variabel digunakan grafik lingkaran (*pie chart*). Membandingkan persentase jenis kelamin berdasarkan kelompok umur divisualisasikan dengan *pie chart*. *Incidence rate* kasus pneumonia dan ISPA di setiap provinsi di Indonesia divisualisasikan dalam grafik batang dan peta spasial. Peta spasial memperlihatkan sebaran kejadian suatu variabel dalam suatu wilayah.

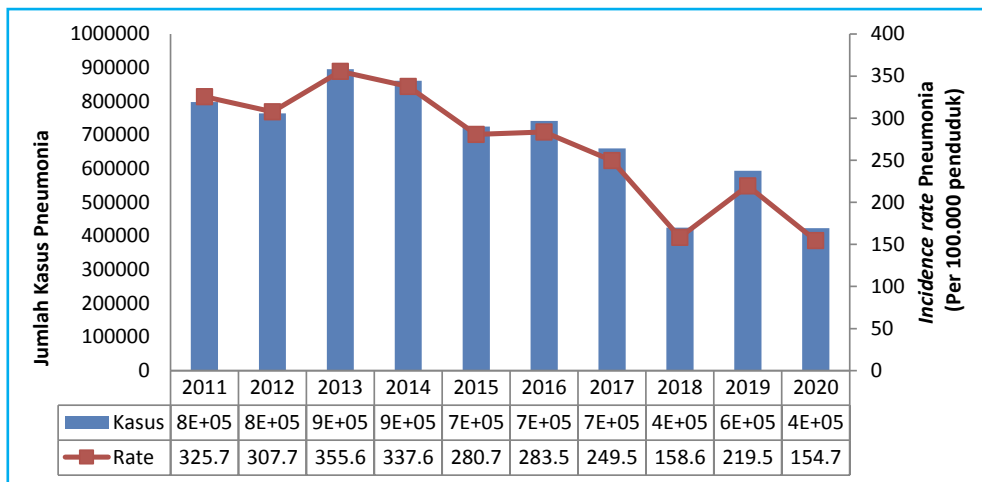
Gambar 5.3.1 Proporsi kasus pneumonia berdasarkan jenis kelamin tahun 2015-2020



Kasus pneumonia paling tinggi terjadi pada anak usia 1-5 tahun. Anak memiliki resiko paling tinggi terkena suatu penyakit karena sistem imunitas tubuh yang belum terbentuk dengan sempurna. Kasus pneumonia dapat mengalami kenaikan dampak tidak langsung dari perubahan iklim. Seperti fenomena yang terjadi pada saat kebakaran hutan dan lahan akibat kekeringan yang berkepanjangan, maupun menurunnya kualitas udara akibat zat pencemar.

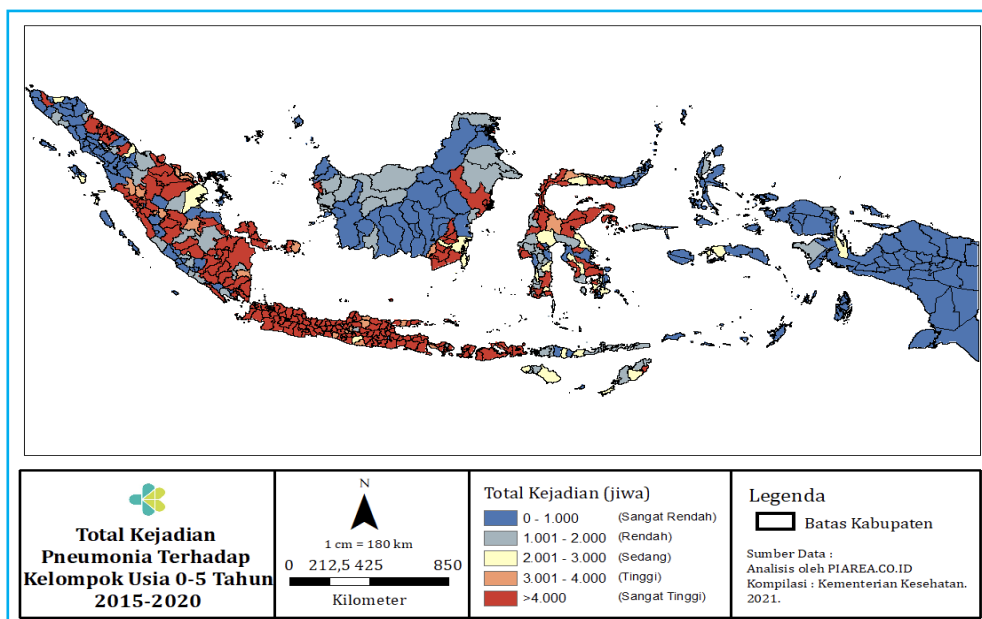
Sebaran kasus pneumonia berdasarkan jenis kelamin dan kelompok usia tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Pada kelompok usia 0-5 tahun kasus pneumonia lebih banyak terjadi pada laki-laki dibandingkan perempuan, sedangkan pada kelompok usia diatas 5 tahun perempuan lebih banyak terinfeksi pneumonia. Akan tetapi, secara umum berdasarkan data di atas laki-laki lebih banyak terkonfirmasi Pneumonia. Kemungkinan dikarenakan aktivitas laki-laki di luar ruangan lebih sering dibandingkan perempuan.

Gambar 5.3.2 Incidence rate kejadian pneumonia tahun 2011-2020

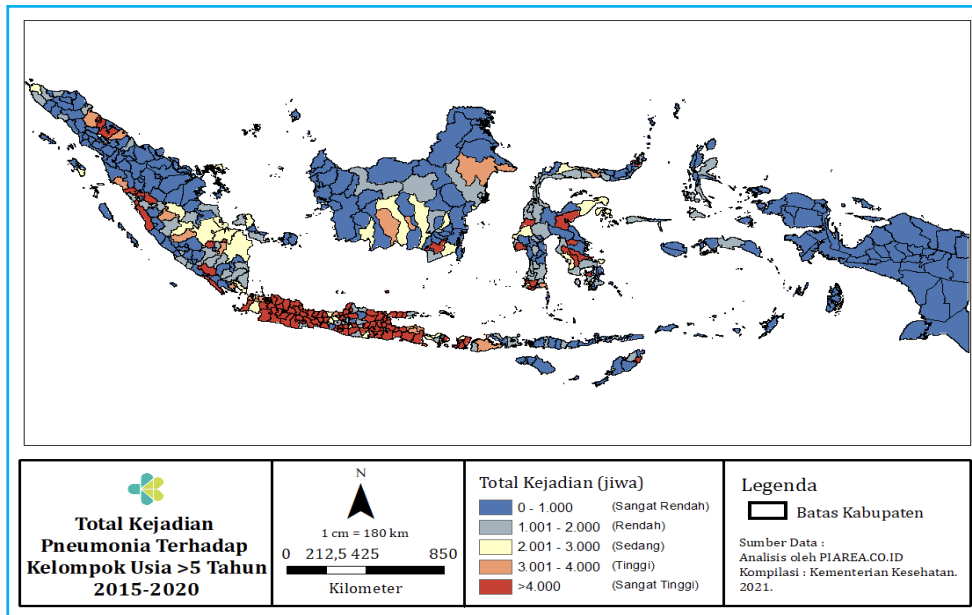


Grafik kasus dan *incidence rate* menunjukkan sebaran kasus pneumonia di Indonesia, secara umum sebaran kasus pneumonia di Indonesia dari tahun 2015 hingga 2020 menunjukkan trend semakin menurun. Hal tersebut dapat berarti kualitas udara di Indonesia semakin membaik serta fasilitas dan sarana kesehatan semakin bagus. Selain itu, semakin baiknya kualitas udara dapat dikaitkan dengan adanya kejadian COVID-19, yang membatasi aktivitas manusia di luar ruangan, sehingga terjadi penurunan polusi akibat dari pembakaran bahan bakar kendaraan.

Gambar 5.3.3 Peta sebaran jumlah kasus pneumonia tahun 2015-2020 kategori usia anak 0-5 tahun

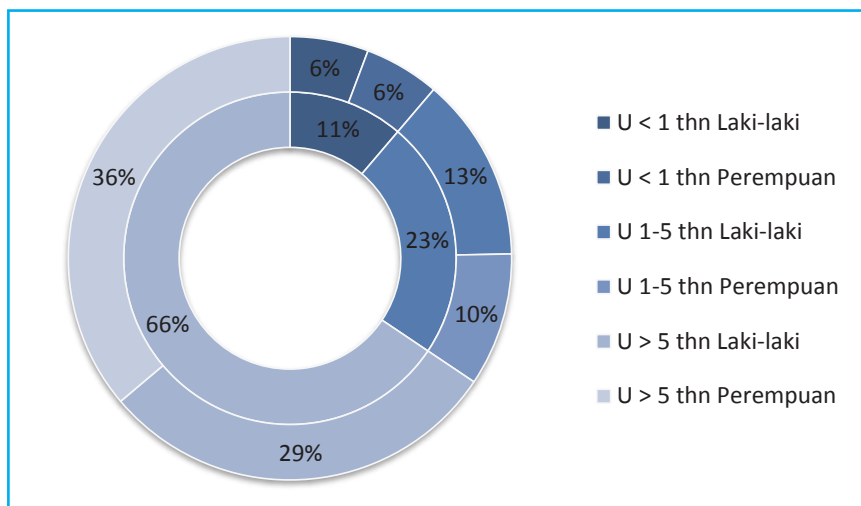


Gambar 5.3.4 Peta sebaran jumlah kasus pneumonia tahun 2015-2020 kategori usia > 5 tahun



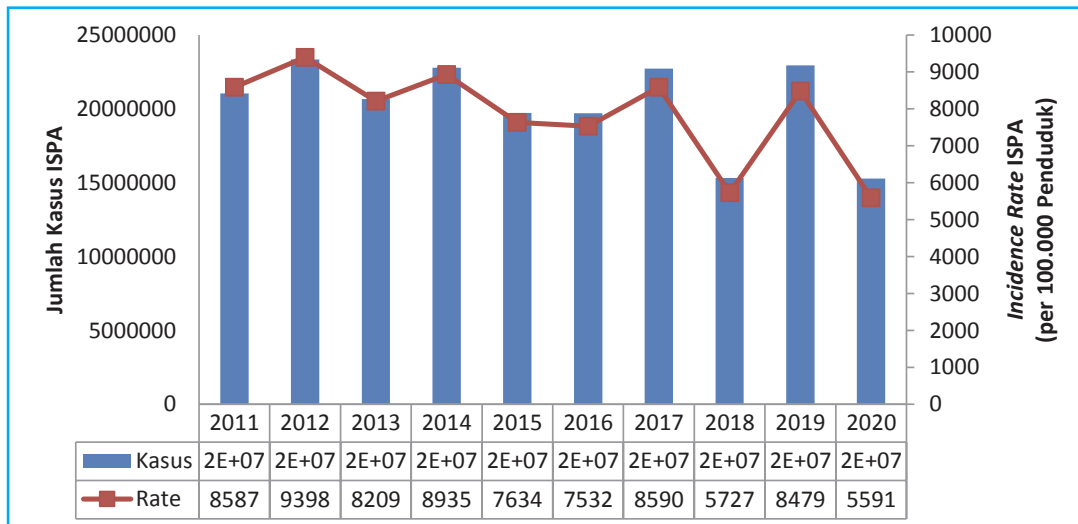
Sebaran penderita pneumonia untuk kategori sangat tinggi sebanyak lebih dari 4.000 kasus dalam 6 tahun, pada kedua kelompok umur terdapat di Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, Bali dan Nusa Tenggara Barat. Kategori kejadian sangat tinggi untuk balita (0-5 tahun) juga sebagian besar terjadi di Provinsi Lampung, Sumatera Selatan, Jambi, dan Sumatera Utara, dan Gorontalo. Berdasarkan peta sebaran di atas pun dapat terlihat bahwa usia 0-5 tahun memiliki sebaran kategori kejadian tinggi hingga sangat tinggi (3.000 – lebih dari 4.000 kasus) yang lebih banyak dibandingkan dengan kelompok usia di atas 5 tahun, yang menunjukkan bahwa balita lebih rentan terinfeksi pneumonia khususnya di wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi dan tempat hunian yang kurang layak. Balita usia 0-5 tahun lebih banyak menghabiskan waktunya di dalam rumah, dengan kondisi sirkulasi udara dalam ruangan yang kurang baik diimbangi dengan imunitas tubuh yang masih rendah mengakibatkan balita lebih banyak terpapar polusi udara dalam rumah dan menyebabkan infeksi pneumonia.

Gambar 5.3.5 Proporsi kasus ISPA berdasarkan jenis kelamin tahun 2011-2020



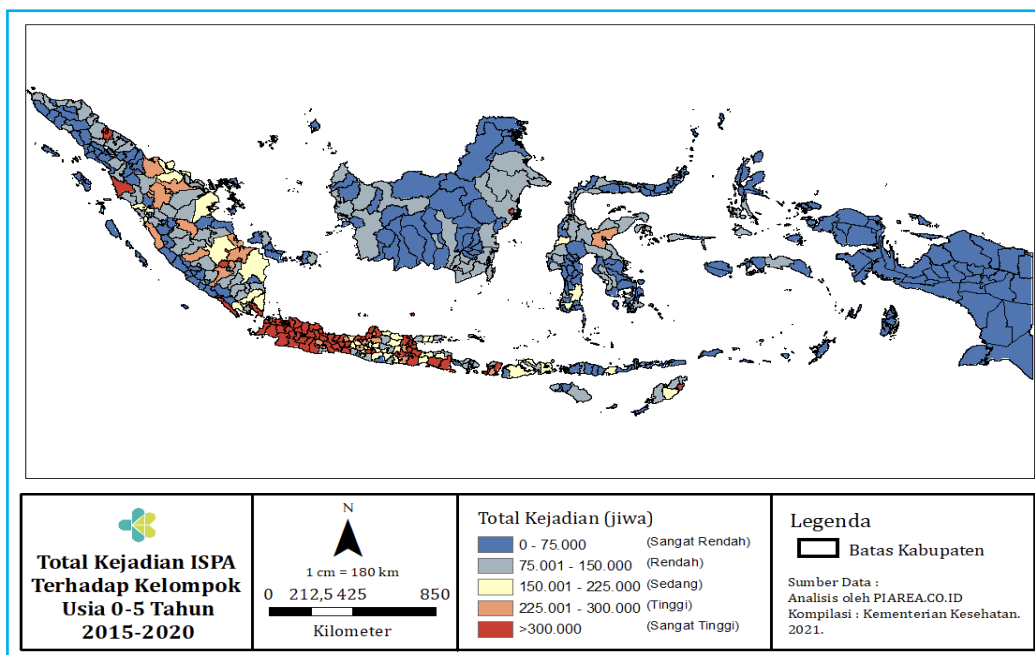
Sebaran kasus ISPA berdasarkan kategori usia dan jenis kelamin menunjukkan bahwa kasus ISPA tertinggi terjadi pada kelompok usia di atas 5 tahun dan jumlah kasus pada perempuan lebih tinggi jika dibandingkan dengan jumlah kasus pada laki-laki. Menurut Firza et al., 2020 kasus ISPA tertinggi terjadi pada usia produktif yaitu 20-44 tahun dan kemudian usia anak 5- 9 tahun. Kasus ISPA tertinggi terjadi pada perempuan disebabkan oleh aktivitas yang dilakukan di dalam rumah, terutama terkait dengan bahan bakar masak (Guercio et al., 2021).

Gambar 5.3.6 Incidence rate kejadian ISPA tahun 2011-2020

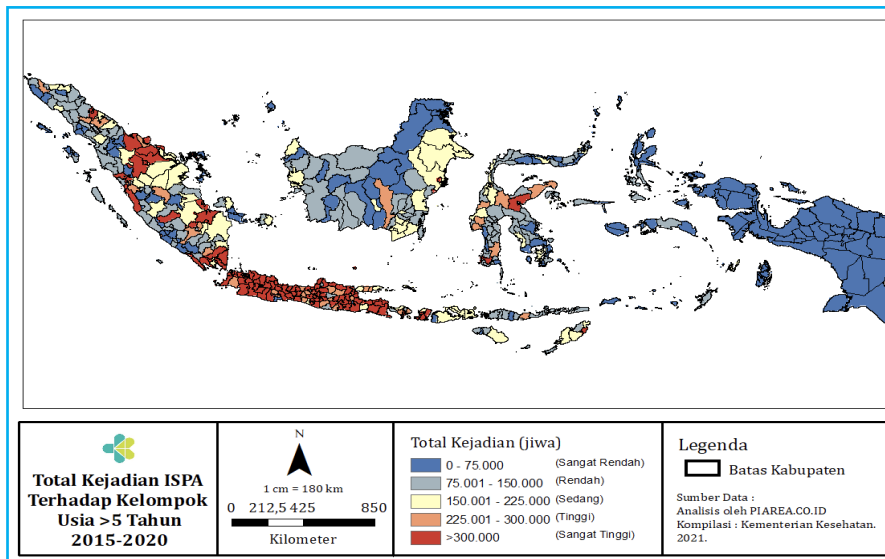


Secara umum, gambar 5.3.6 menunjukkan penurunan kasus ISPA di Indonesia hingga tahun 2020 walaupun tidak begitu signifikan. Sama seperti pneumonia, hal tersebut dapat berarti kualitas udara di Indonesia semakin membaik serta fasilitas dan sarana kesehatan semakin bagus. Selain itu, semakin baiknya kualitas udara dapat dikaitkan dengan adanya kejadian COVID-19, yang membatasi aktivitas manusia di luar ruangan, sehingga terjadi penurunan polusi akibat dari pembakaran bahan bakar kendaraan.

Gambar 5.3.7 Peta sebaran jumlah kasus ISPA tahun 2015-2020 kategori usia anak 0-5 tahun



Gambar 5.3.8 Peta sebaran jumlah kasus ISPA tahun 2015-2020 kategori usia > 5 tahun



Sebaran penderita ISPA untuk kategori sangat tinggi dengan total kasus lebih dari 300.000 dalam kurun waktu 6 tahun, pada kedua kelompok umur terdapat di Provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. Sebaran ISPA untuk usia di atas 5 tahun untuk kategori sangat tinggi juga terdapat pada sebagian besar wilayah Jambi. Berdasarkan peta di atas sebaran kategori kasus sedang hingga sangat tinggi (150.000 – lebih dari 300.000 kasus) lebih banyak pada kelompok usia di atas 5 tahun, khususnya di wilayah dengan tingkat polusi udara yang tinggi. Hal tersebut karena penduduk usia di atas 5 tahun lebih banyak beraktivitas di luar ruangan sehingga tingkat keterpaparan polusi udara luar ruangan lebih tinggi.

5.3.2 Kontribusi Faktor Iklim

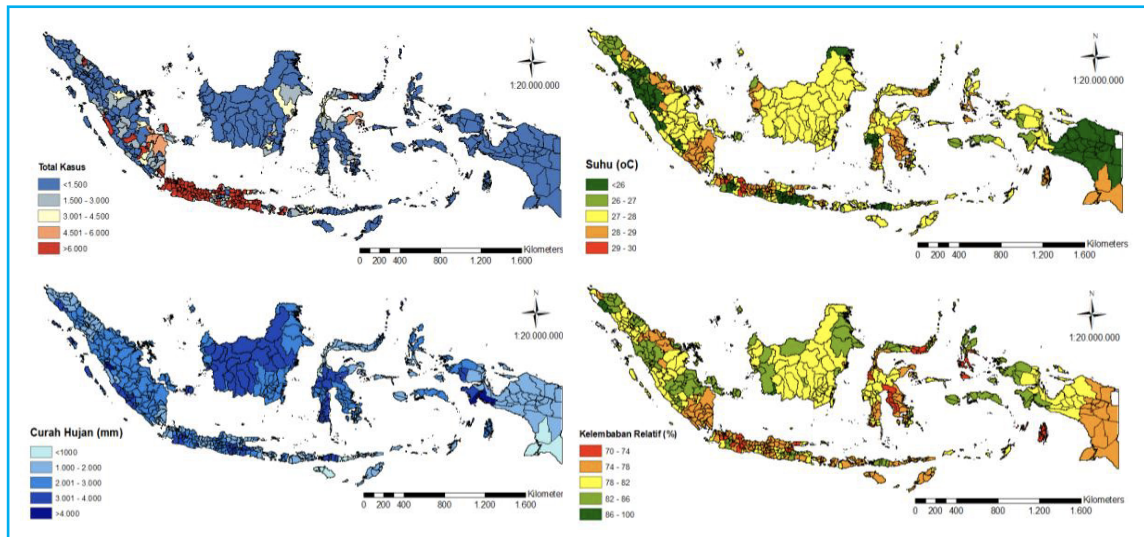
Sebaran kasus pneumonia dan ISPA terdiri dari sebaran jumlah total kasus tahunan dan sebaran total kasus musiman. Sebaran iklim terdiri dari peta curah hujan, suhu dan kelembapan rata-rata dan juga musiman. Analisis hubungan penyakit dengan faktor iklim dapat dilihat pada peta sebarannya.

Kasus pneumonia paling banyak tersebar di wilayah Jawa, hal ini disebabkan oleh padatnya penduduk di Pulau Jawa serta pengaruh lainnya seperti kualitas udara maupun lingkungan tempat tinggal yang kurang memadai. Berdasarkan sebaran kasusnya pneumonia tidak memiliki keterkaitan langsung dengan variabel curah hujan tetapi memiliki keterkaitan dengan suhu dan juga kelembapan. Suhu dan kelembapan merupakan indikator untuk mengetahui kualitas udara di dalam ruang yang ideal untuk kesehatan manusia.

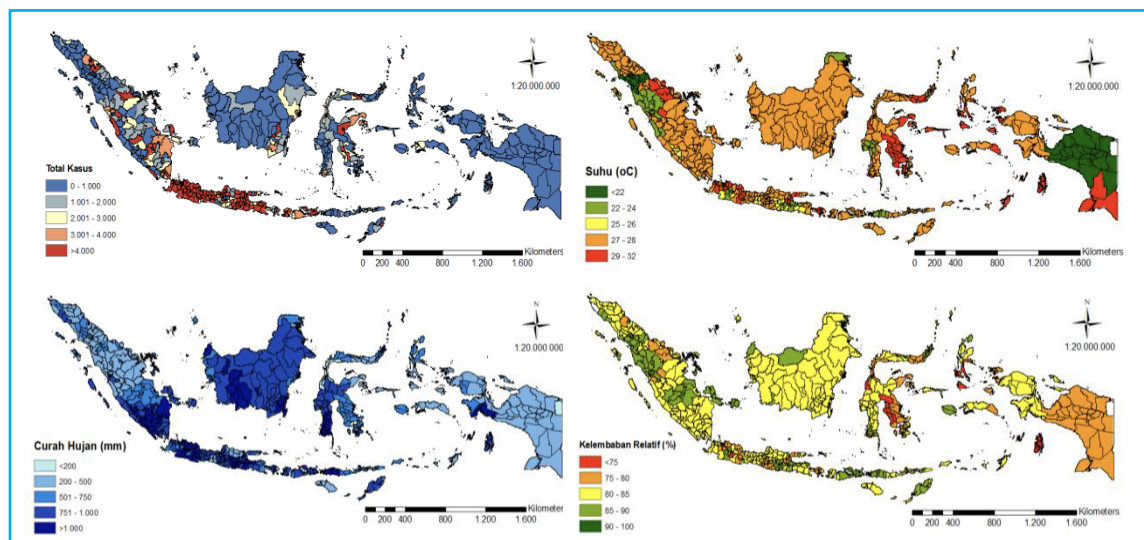
Pada periode musiman DJF merupakan puncak musim hujan untuk daerah dengan pola hujan monsoon seperti daerah Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. Pada gambar total kejadian pneumonia terlihat di daerah-daerah tersebut jumlah kejadiannya cenderung tinggi (warna merah). Gambaran kejadian pneumonia di Pulau Sumatera terlihat bervariasi, belum terlihat berhubungan dengan kondisi rata-rata suhu atau rata-rata curah hujan di lokasi tersebut.

Curah hujan di musim MAM sudah mengalami penurunan di lokasi dengan tipe curah hujan monsun. Sementara di daerah tipe curah hujan ekuatorial seperti Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan mengalami peningkatan curah hujan dengan puncak di sekitar bulan April. Pola kejadian penyakit pneumonia pada musim ini tidak terlihat ada hubungan dengan rata-rata curah hujan, maupun rata-rata suhu. Untuk kelembapan dimana kelembapan 40-80% mendukung untuk terjadinya peningkatan kejadian pneumonia, hal ini mendukung tetap tingginya kejadian pneumonia di Pulau Jawa.

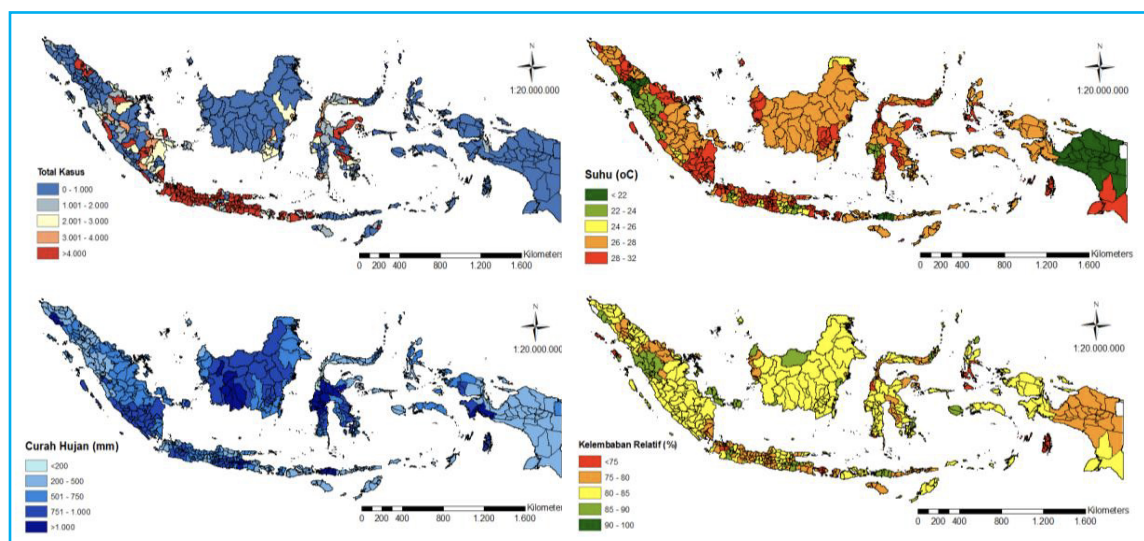
Gambar 5.3.9 Peta sebaran total kasus pneumonia tahun 2015-2020 dan peta sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020



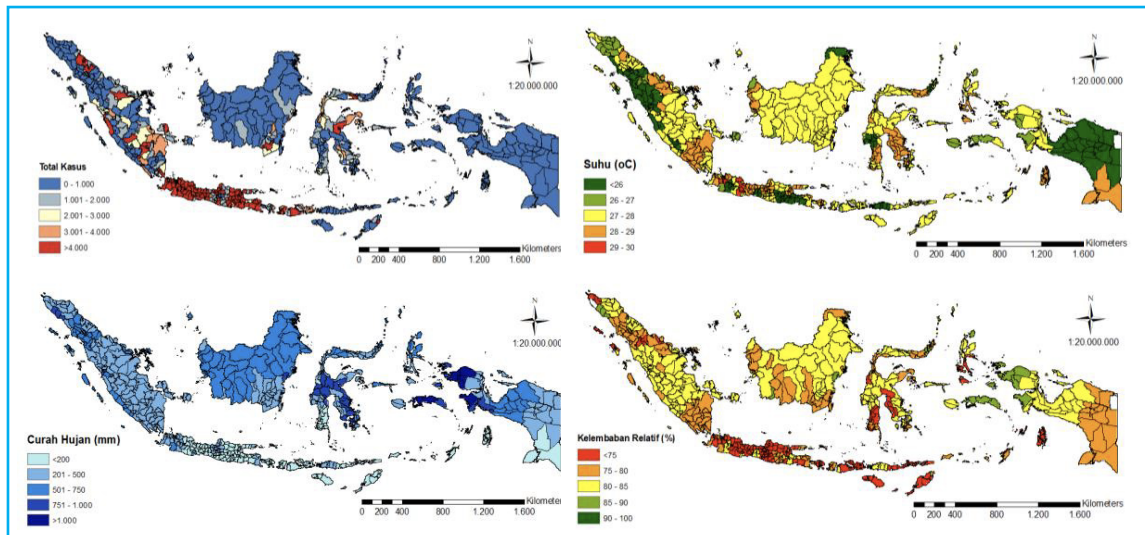
Gambar 5.3.10 Peta sebaran jumlah kasus pneumonia musim penghujan (DJF) tahun 2015- 2020



Gambar 5.3.11 Peta sebaran jumlah kasus pneumonia musim peralihan (MAM) tahun 2015- 2020

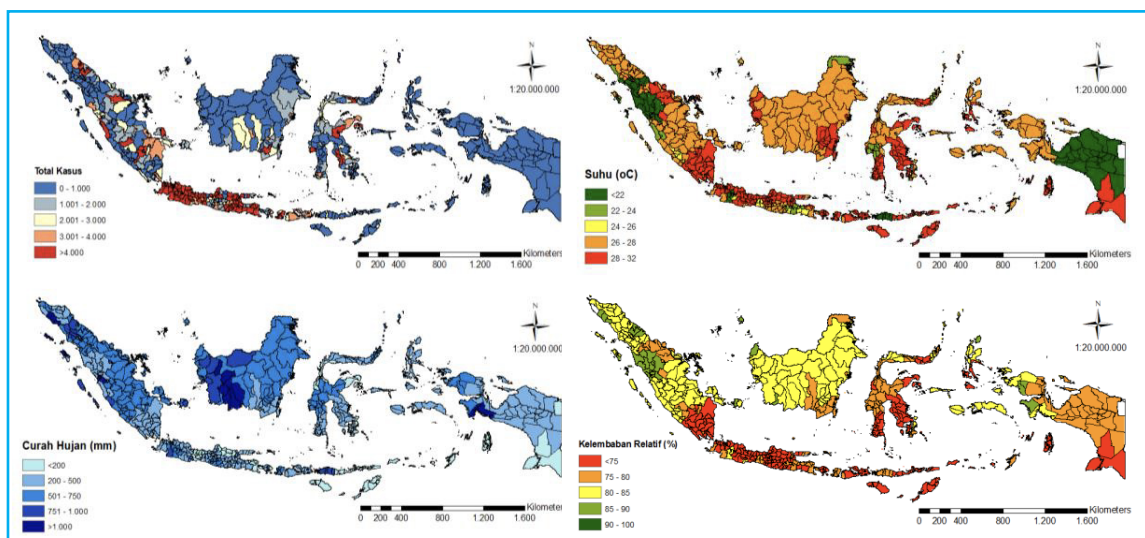


Gambar 5.3.12 Peta sebaran jumlah kasus pneumonia musim kemarau (JJA) tahun 2015-2020



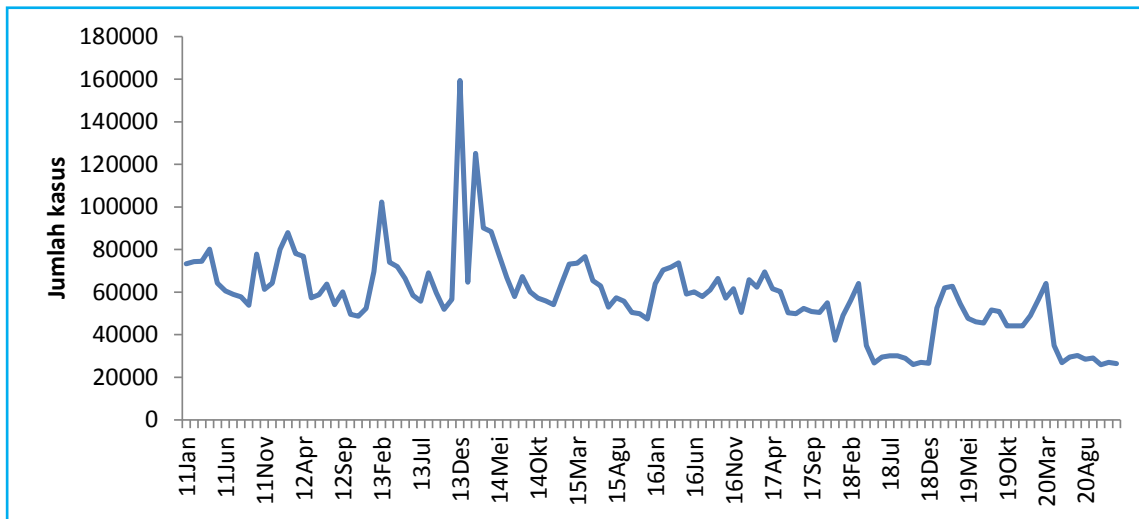
Daerah dengan pola musim hujan monsun mengalami musim hujan dengan curah hujan musiman paling sedikit. Begitu pula untuk daerah dengan musim hujan pola ekuatorial. Untuk lokasi musim hujan tipe kebalikan dari monsun terdapat di daerah Sulawesi Tengah, dimana disitu juga terlihat angka kejadian penyakit pneumonia tetap tinggi. Kelembapan di Pulau Jawa yang kebanyakan berada di bawah 80% juga mendukung untuk terjadinya peningkatan jumlah kejadian pneumonia sehingga terlihat adanya jumlah yang tetap tinggi di Pulau Jawa. Di Pulau Sumatera walaupun terjadi penurunan rata-rata curah hujan, suhu, dan kelembapan, namun tidak terlihat adanya hubungan dengan jumlah kejadian pneumonia.

Gambar 5.3.13 Peta sebaran jumlah kasus pneumonia musim peralihan (SON) tahun 2015- 2020



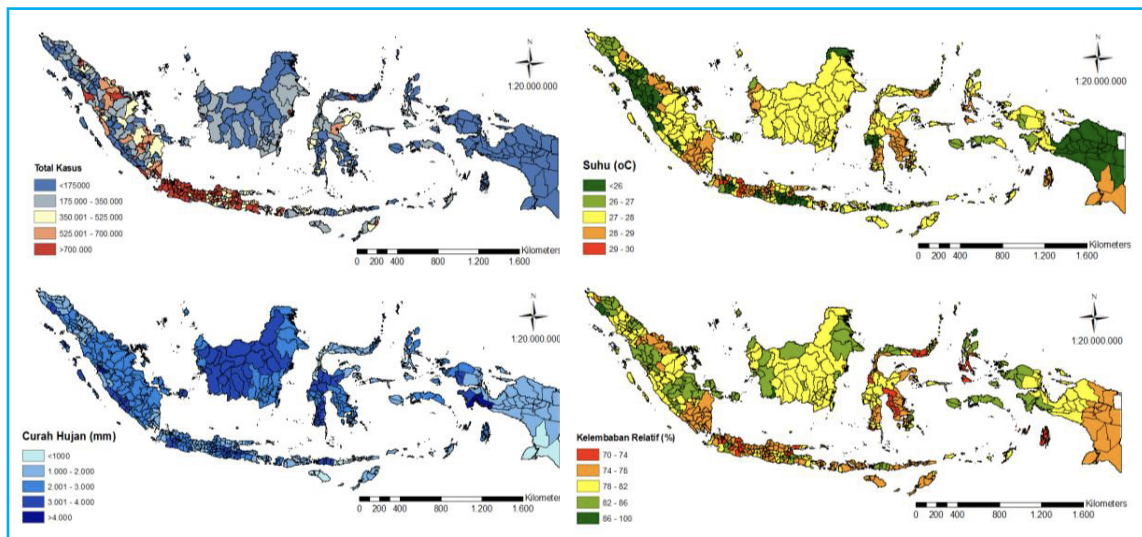
Di Pulau Kalimantan dimana terdapat lokasi dengan rata-rata curah hujan tinggi, rata-rata suhu tinggi, dan rata-rata kelembapan cukup tinggi, disana terjadi peningkatan jumlah kejadian pneumonia. Untuk daerah dengan tipe hujan monsoon, sudah ada peningkatan curah hujan di bulan Oktober sehingga kemungkinan mendukung tetap tingginya jumlah penyakit pneumonia di Pulau Jawa. Untuk daerah Papua tidak terlihat adanya hubungan antara jumlah pneumonia yang rendah dengan variabel iklim yang bervariasi pada setiap musim.

Gambar 5.3.14 *Trend* bulanan kasus pneumonia tahun 2011-2020



Trend penyakit pneumonia meningkat pada bulan-bulan musim hujan (Desember, Januari, Februari) dan peralihan pertama (Maret, April, Mei), dan menurun pada bulan-bulan musim kering (Juni, Juli, Agustus) dan peralihan kedua (September, Oktober, November). Penyakit pneumonia berhubungan dengan polusi udara dalam ruangan (WHO, 2019). Bulan-bulan dengan intensitas curah hujan yang tinggi berkaitan dengan manusia yang cenderung lebih banyak menghabiskan waktunya di dalam ruangan, jika sirkulasi udara di dalam ruangan buruk meningkatkan risiko terinfeksi pneumonia. Hal tersebutlah menjadi salah satu faktor peningkatan kejadian pneumonia. Selain itu, pada musim hujan kelembapan tinggi. Kelembapan yang tinggi (>80%) merupakan kondisi yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan sel bakteri (*pneumococcus*), sehingga bakteri dapat tumbuh dengan cepat dan meningkatkan persebaran pneumonia (Dewi dan Agustina, 2016).

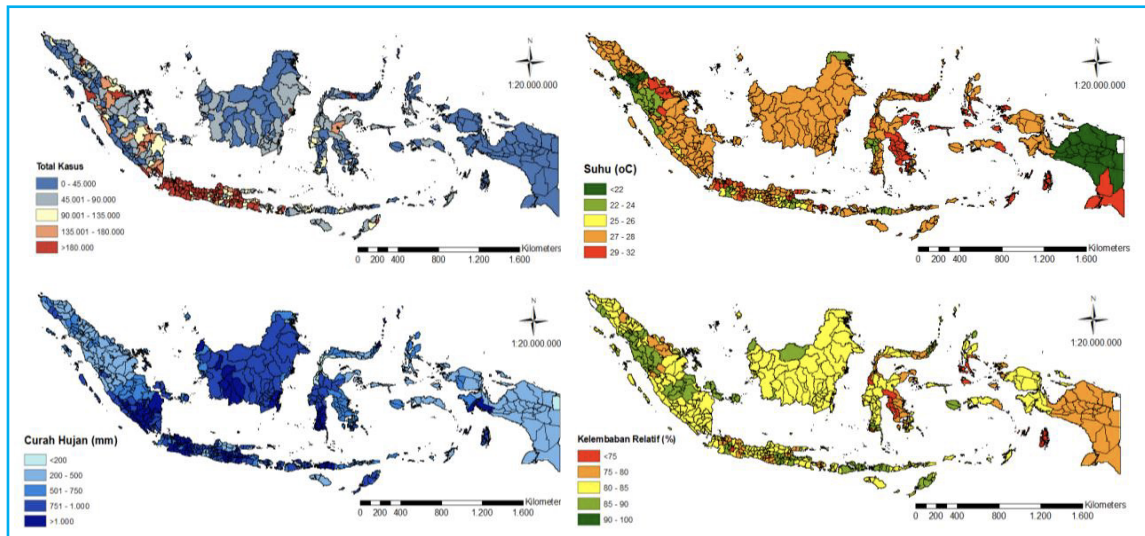
Gambar 5.3.15 Peta sebaran total kasus ISPA tahun 2015-2020 dan peta sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020



Tidak berbeda halnya dengan kasus pneumonia kasus ISPA di Indonesia tertinggi berada di Pulau Jawa dan juga menyebar ke beberapa wilayah di Sumatera. Beberapa wilayah di Sumatera yang mencatatkan angka kasus ISPA lebih tinggi terlihat memiliki pola suhu udara yang lebih hangat dibandingkan wilayah lain di Sumatera. Namun untuk wilayah Papua, kesesuaian pola sebaran kasus dan suhu berbeda antara Papua bagian utara dengan selatan. Rata-rata suhu Papua bagian utara lebih hangat, tercatat kasus ISPA juga tinggi; sebaliknya rata-rata suhu di Papua bagian selatan yang lebih hangat, kasus ISPA tidak setinggi wilayah Papua bagian utara. Berbeda dengan pneumonia, pola sebaran kasus ISPA memiliki kaitan dengan sebaran suhu dan juga kelembapan; tetapi tidak sesuai dengan pola sebaran curah hujan.

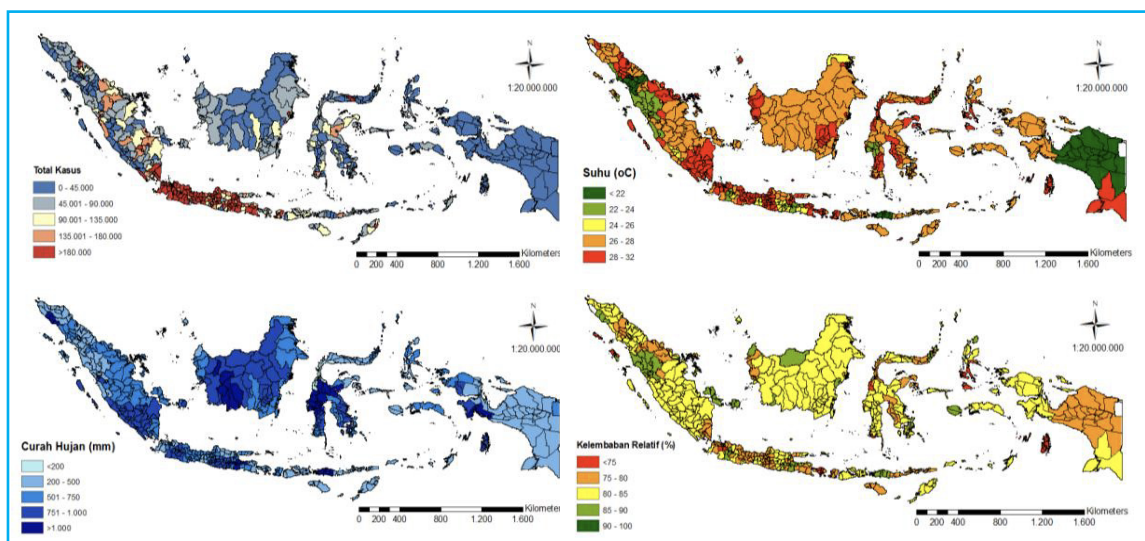
Pada periode Desember, Januari dan Februari (DJF), kasus ISPA berada pada kategori sedang hingga tinggi (90.000 hingga lebih dari 180.000 kasus dalam 6 tahun) pada musim penghujan terjadi di Pulau Jawa, Lampung, Sumatera Selatan, dan Riau. Sebaran kasus ISPA tinggi di pulau jawa (135.000 hingga lebih dari 180.000 kasus dalam 6 tahun) sebagian besar mengikuti pola kejadian curah hujan tinggi (750 hingga di atas 1.000 mm dalam 10 tahun) dan suhu yang tinggi (27–32oC). Hal tersebut berarti terdapat hubungan positif antara kejadian ISPA dengan curah hujan dan suhu di Pulau Jawa pada musim penghujan: akan tetapi di luar Pulau Jawa tidak terlihat adanya hubungan antara kejadian ISPA dan variabel curah hujan, suhu, maupun kelembapan.

Gambar 5.3.16 Peta sebaran jumlah kasus ISPA musim penghujan (DJF) tahun 2015-2020



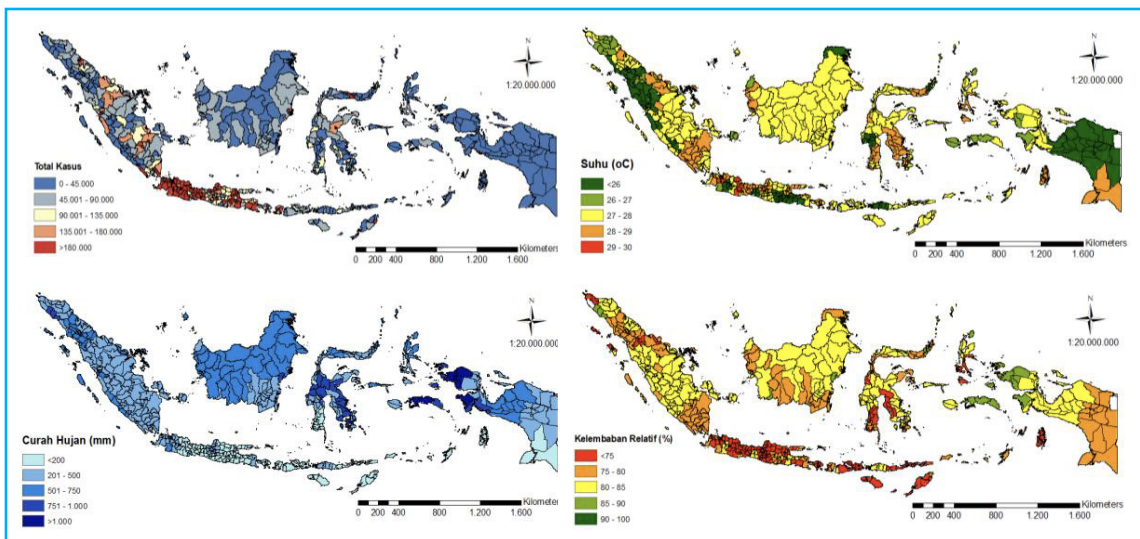
Periode Maret, April Mei (MAM) merupakan peralihan dari musim hujan ke musim kemarau, rata-rata curah hujan di beberapa wilayah Indonesia masih cukup tinggi, meskipun terlihat penurunan intensitas curah hujan dibandingkan periode DJF. Kelembapan menurun hingga 75- 80%, terutama di beberapa wilayah di Pulau Jawa. Meskipun curah hujan masih cukup tinggi, namun terjadi kenaikan rata-rata suhu udara terutama di Pulau Jawa, Sumatera bagian selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, dan Sulawesi Selatan. Pada periode ini, pola sebaran ISPA di sebagian besar wilayah Indonesia sama dengan dengan musim penghujan. Tingginya total kasus ISPA di Pulau Jawa memiliki kesesuaian dengan tingginya curah hujan dan suhu, serta rendahnya kelembapan. Begitu pula dengan sebagian wilayah Sumatera bagian utara dan selatan.

Gambar 5.3.17 Peta sebaran jumlah kasus ISPA musim peralihan (MAM) tahun 2015-2020



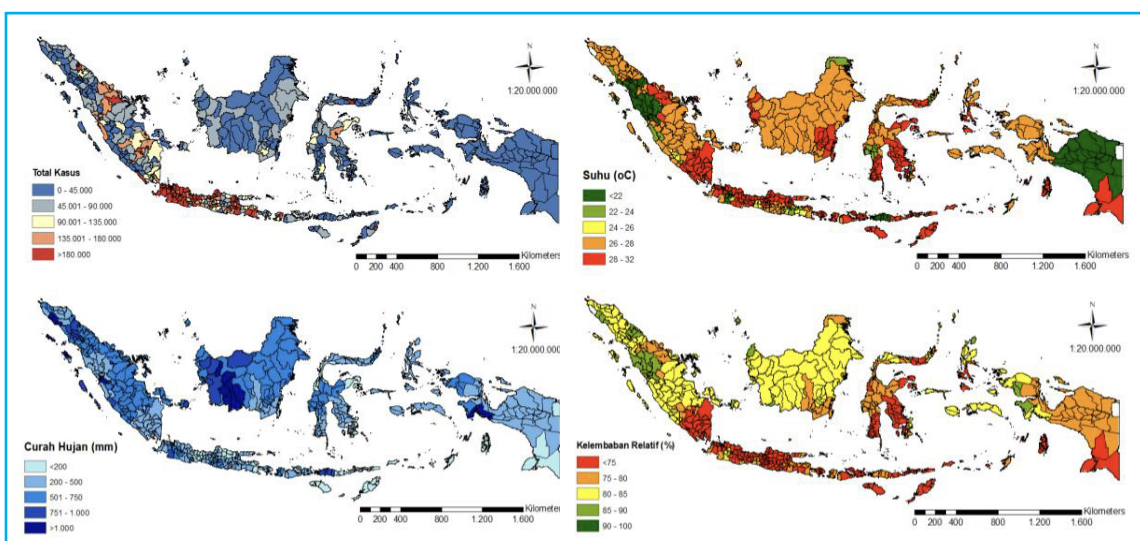
Periode Juni, Juli, Agustus (JJA) terlihat penurunan intensitas curah hujan di sebagian besar wilayah Indonesia, terutama di Pulau Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara. Meskipun demikian tidak terlihat perubahan pola sebaran rata-rata suhu dibandingkan periode MAM. Bahkan jika dilihat lebih detail, terjadi penurunan rata-rata suhu di wilayah Jawa Timur Lampung dan Papua bagian selatan, dibandingkan periode MAM. Pada periode ini, terjadi penurunan kasus pada kategori tinggi hingga sangat tinggi (135.000 – lebih dari 180.000 dalam 6 tahun), dibandingkan dengan periode sebelumnya (musim hujan). Penurunan tersebut jelas terlihat pada wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur. Spesifik di Jawa Barat, dengan total kejadian ISPA yang sangat tinggi (>180.000 kasus) sesuai dengan curah hujan rendah dan kelembapan rendah.

Gambar 5.3.18 Peta sebaran jumlah kasus ISPA musim kemarau (JJA) tahun 2015-2020



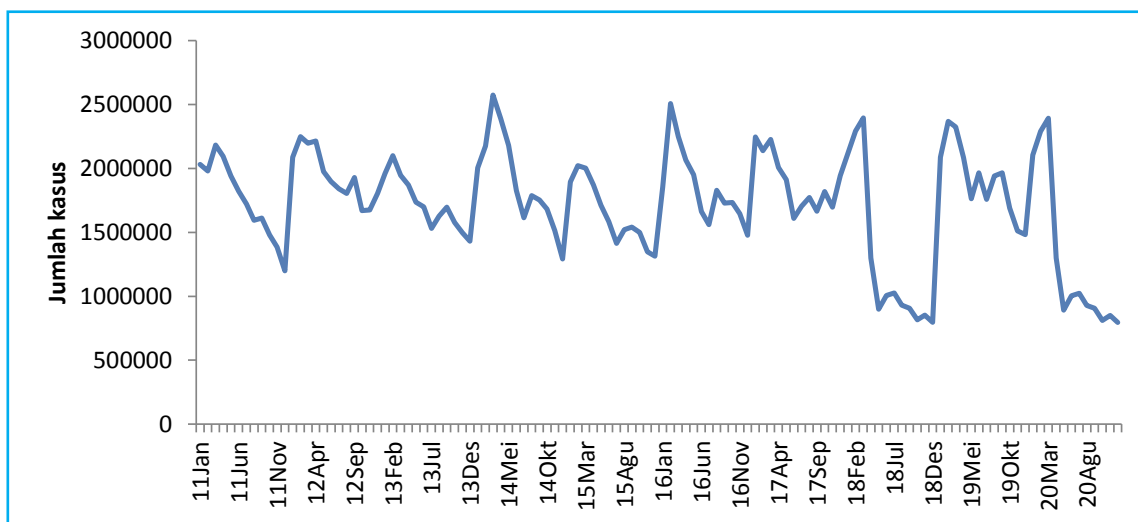
Sebaran kasus ISPA pada musim peralihan 2 periode September, Oktober, November (SON) memasuki awal musim hujan untuk beberapa wilayah dan terlihat ada peningkatan intensitas curah hujan di sebagian wilayah Pulau Sumatera, Jawa, dan Kalimantan yang diikuti juga dengan peningkatan kelembapan. Pada musim pancaroba ini, peningkatan intensitas curah hujan tidak diikuti dengan penurunan suhu rata-rata. Bahkan terjadi kenaikan suhu di beberapa wilayah Pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara, bagian selatan Sumatera dan Sulawesi. Untuk Pulau Jawa terlihat hubungan yang positif antara kasus ISPA dengan suhu, dan hubungan yang negatif antara kasus ISPA dengan curah hujan dan kelembapan. Akan tetapi, kesesuaian tersebut tidak terlihat pada wilayah lain.

Gambar 5.3.19 Peta sebaran jumlah kasus ISPA musim peralihan (SON) tahun 2015-2020



Trend kejadian ISPA terendah teridentifikasi terjadi pada musim hujan, dan tertinggi pada musim peralihan pertama dan musim kering. Secara umum, kasus ISPA terjadi karena polusi udara luar ruangan yang buruk. Hujan menurunkan kadar polusi di udara, sehingga pada bulan-bulan hujan tersebut kejadian ISPA menurun. Disisi lain kondisi suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan efek buruk dari polutan, berupa penurunan fungsi paru-paru, penyakit pernapasan kronis, dan peningkatan penerimaan rumah sakit pernapasan (Ayres et al., 2009). Oleh sebab itu, bulan-bulan kering yang identik dengan suhu yang tinggi dan intensitas curah hujan rendah menjadi faktor peningkatan penderita ISPA.

Gambar 5.3.20 *Trend* bulanan kasus ISPA tahun 2011-2020



5.4 Kesimpulan

5.4.1 Hasil dan Dampaknya

Data pendukung untuk mengkaji keterkaitan faktor iklim dan noniklim dengan pneumonia dan ISPA di Indonesia mayoritas telah teridentifikasi, baik dari sumber data rutin maupun survei nasional. Inventarisasi juga mencakup jenis data, unit area, dan periode. Data kasus pneumonia dan ISPA tersedia dalam jangka waktu yang cukup panjang (2011-2020) sehingga dapat menjadi bahan untuk dilakukan analisis lanjut terkait dampak perubahan iklim terhadap kejadian pneumonia dan ISPA di Indonesia.

Kasus pneumonia berdasarkan kelompok umur terjadi paling banyak pada kelompok 1-5 tahun, sementara untuk ISPA pada kelompok umur >5 tahun. *Trend* jumlah kasus pneumonia dan ISPA selama tahun 2015-2020 menunjukkan penurunan, walaupun tidak begitu signifikan. Berdasarkan hasil analisis *trend*, kasus pneumonia dan ISPA memiliki pola yang terkait dengan faktor iklim. Kasus pneumonia meningkat saat memasuki musim penghujan bulan Desember, Januari dan Februari, sedangkan kasus ISPA mengalami penurunan kasus saat memasuki musim penghujan dan mengalami peningkatan di musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau (Maret, Apri, Mei). Perubahan iklim akan mempengaruhi kualitas udara yang dapat mempengaruhi peningkatan kasus pneumonia dan ISPA. Analisis risiko penularan penyakit tular udara akibat perubahan iklim membutuhkan data faktor risiko, diantaranya kualitas udara.

5.4.2 Limitasi dan arahan lanjutan

Dalam penyusunan buku profil ini, terdapat beberapa faktor iklim yang belum dapat dianalisis lebih lanjut walaupun sudah teridentifikasi sumbernya seperti kualitas udara baik *indoor air pollution* maupun *outdoor air pollution*. Sementara untuk faktor non-iklim terdapat kepadatan hunian, ventilasi, serta faktor risiko seperti BBLR, malnutrisi yang belum dapat dianalisis lebih lanjut. Perlu koordinasi dengan instansi pemegang/pengelola data terkait.

Analisis lanjut yang diperlukan antara lain menghubungkan kejadian pneumonia dan ISPA dengan faktor risiko iklim maupun non-iklim secara lintas ruang dan waktu (*spatiotemporal*). Sehingga diharapkan dapat diketahui faktor pembentuk yang berkorelasi dengan pneumonia dan ISPA serta besaran pengaruhnya pada periode dan waktu tertentu terutama untuk kelompok rentan yaitu anak dan lansia.

5.5 Referensi

Ayres JG, Forsberg B, Maesano IA, Dey R, Ebi KL, Helms PJ, Ramon MM, Windt M, Forastiere F. 2009. Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement. *Journal European Respiratory*. 34: 295-302.

Badan Litbangkes. 2013. Laporan Riset Kesehatan Dasar. Badan Litbangkes. Jakarta.

Badan Litbangkes 2018. Laporan Riset Kesehatan Dasar. Badan Litbangkes. Jakarta.

Brugha R dan grigg J. 2014. Urban air pollution and respiratory infection. *Pediatric Respiratory Reviews*.

Budihardjo SN dan Suryawan IWB. 2020. Faktor-faktor resiko kejadian Pneumonia pada pasien Pneumonia usia 12-59 bulan di RSUD Wangaya. *Jurnal Intisari Sains Medis*. Vol 11(1):398-404.

Cillóniz, Catia. 2017. Risk factors for community-acquired pneumonia in adults. *Minerva Pneumologica*, vol. 56, No 3, pp. 206–216

Dewi, Vivian, and Silvia Agustina, 2016. Incidence of toddler pneumonia in Maumere, Flores, East Nusa Tenggara. *Media Health Sciences*, vol. 5, no. 2.

Hadning, Ingenida, et al. 2021. Health-Related Quality of Life Among Children With Pneumonia in Indonesia using the EuroQoL Descriptive System Value Set for Indonesia. *Value Health Regulation Issues*, vol. 12-16.

Jiang, Jianjun. 2018. Role of qSOFA in predicting mortality of pneumonia: a systematic review and metaanalysis. *Medicine*, no. 40, e12634.

Lu, Wenjie, et al. 2021. Early immune responses and prognostic factors in children with COVID-19: a single-center retrospective analysis. *BMC Pediatrics*, vol. 21, no. 181.

Mas'udah, Nawas, and Terry Pristya. 2020. Climate characteristic and childhood pneumonia: systematic review. *Journal Respiriologi Indonesia*, vol. 40, no. 1, pp. 53–60.

Correal ME, Martha JE, Saemiento R. 2015. Influence of the climate variability on acute respiratory infections in the city of Bogota. *Biomedica*. 130-138.

Daswito R, Noerjoedianto D, Hubaybah. 2019. Studi ekologi kabut asap dan kejadian ISPA di kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Kesehatan*. 12(2):213-220.

Guercio V, Pojum IC, Leonardi GS, Shrubsole C, Gowers AM, Sani D, Exley KS. 2021. Exposure to indoor and outdoor air pollution from solid fuel combustion and respiratory outcomes in children in developed countries: a systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment*. 755.

Huh K, Hong J, Jung J. 2020. Association of meteorological factors and atmospheric particulate matter with the incidence of Pneumonia: an ecological study. *Clinical Microbiology and Infection*.

Ibrahim MF, Hod R, Nawi AM, Sahani M. 2021. Association between ambient air pollution and childhood respiratory in low- and middle-income Asian Countries: A systematic review. *Atmospheric Environment*. 256.

- Kalbarczyk R dan Eliza K. Meteorological condition of the winter-time distribution of nitrogen oxides in Poznan: A proposal for a catalog of the pollutants variation. *Urban Climate*. 33.
- Kementerian Kesehatan, 2019a. Draft Dokumen Rencana Adaptasi Nasional Kesehatan. Dokumen laporan ke WHO.
- Kementerian Kesehatan, 2019b. Profil Kesehatan Indonesia 2018. Kementerian Kesehatan. Jakarta.
- Kementerian Kesehatan, 2020. Profil Kesehatan Indonesia 2019. Kementerian Kesehatan. Jakarta.
- Kim J, Kim JH, Cheong HK, Kim H, Honda Y, Ha M, Hashizume M, Kolam J, Inape K. 2016. Effect of climate factors on the childhood Pneumonia in Papua New Guinea: a time-series analysis. *Int J Environmental Research and Public Health*. Vol 13(2):213.
- Mailepessov D, Aik J, Seow WJ. 2021. A time series analysis of the short-term association between climatic variables and acute respiratory infection in Singapore. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 234.
- Mirsaedi M, Motahari H, Khamesi MT, Sharifi A, Campos M, Dean ES. 2016. Climate change and respiratory infection. *Annalsats Article in Press*. 13(8): 1223-1230
- Prel JB, Puppe W, Grondahl B, Knuf M, Weigl F, Schaaff F, Josef Schmitt J. 2009. Are meteorological parameters associated with acute respiratory tract infections. *Clinical Infectious Diseases*. Vol 49(6): 861-868.
- Price RHM, Graham C, Ramalingam S. 2019. Association between viral seasonality and meteorological factors. *Scientific Reports*. 9: 929.
- Qiu H, Chuang KJ, Bai CH, Fan YH, Chang TP, Yim S, Wong T, Ho K. 156. Association of ambient ozone with Pneumonia hospital admission in Hong-Kong and Taipei: A tale of two Southeast Asian cities. *Environment International*. 156.
- Sundell N, Andersson LM, Long RB, Lindh M, Westin J. 2016. A four year seasonal survey of the relationship between outdoor climate and epidemiology of viral respiratory tract infection in a temperate climate. *Journal of Clinical Virology*. 84: 59-63.
- Supriandi, and H. Barto Mansyah. 2018. Risk factors associated with the event of pneumonia in children in 1-5 years of age in Blud Rdus Dr. Doris Sylvanus Palangka Raya. *Avicenna Journal of Health Research*, vol. 1, no. 2, pp. 54–64).
- Shi W, Liu C, Mesano IA, Norback D. 2021. Ambient PM_{2,5} and its constituents on lifetime- ever Pneumonia in Chinese children: A multi-center study. *Environmental International*. 146: 106-176.
- Szyszkowicz M, Kousha T, Castner J, Dales R. 2018. Air pollution and emergency department visits for respiratory diseases: A multi-city case crossover study. *Environmental Research*. 163: 263-269.
- WHO. 2017. The Global Impact of Respiratory Disease. Forum of International Respiratory Societies.
- Wu Z, Zhang S, Tang YT, Jiang W, Jiang H, Xie Z, Zhang B. 2020. Indoor environment in relation to recurrent childhood Pneumonia in Southern China. *Building and Environment*. 172.

BAB VI

**Penyakit Tular Udara:
Tuberkulosis**

6.1 Pendahuluan

6.1.1 Proses Kejadian Tuberkulosis

Penyakit berbasis udara (*airborne disease*) adalah penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme yang ditularkan melalui 'transmisi' udara. Banyak penyakit berbasis udara yang penting secara klinis, penyakit tersebut antara lain disebabkan oleh virus, bakteri, dan jamur (Fernstrom et al., 2013). Berbeda dengan Penyakit Tular Vektor (PTV) yang membutuhkan agen organisme lain sebagai perantara, maka pada *airborne disease* dapat diartikan sebagai penyakit menular langsung dengan transmisi udara. Organisme ini dapat menyebar melalui bersin, batuk, penyemprotan cairan, penyebaran debu, atau aktivitas apa pun yang menghasilkan partikel aerosol (Gammon dan Hunt, 2018; Broussard dan Kahwaji, 2020).

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), "Transmisi agen infeksi di udara mengacu pada penularan penyakit yang disebabkan oleh penyebaran droplet yang tetap menular ketika masih dalam keadaan dorman di udara dalam jarak dan waktu yang jauh." Transmisi udara dapat dicirikan sebagai obligat atau preferensial tergantung pada apakah itu hanya ditularkan melalui droplet atau jika memiliki beberapa rute transmisi lain (Seto, 2015).

Mikroorganisme di udara dapat menyebar melalui kabut, debu, aerosol, atau cairan. Partikel aerosol dapat dihasilkan dari sumber infeksi, seperti sekresi tubuh pasien yang terinfeksi atau bahkan hewan. Selain itu, aerosol dapat dihasilkan dari produk limbah biologis yang menumpuk dalam sampah, dan wadah kering. Selama aerosolisasi, mikroorganisme yang berukuran kurang dari 100 mikron mengapung di udara. Kadang-kadang, mikroorganisme dapat terkandung dalam partikel debu yang ada di udara. Setelah 'droplet' yang mengandung mikroorganisme telah terbentuk, mereka kemudian tersebar melalui arus udara ke berbagai jarak dan dapat dihirup oleh inang yang rentan (Brouqui et al., 2017; MacIntyre et al., 2017; Moriceau et al., 2016). Meskipun sebagian besar partikel akan berkurang/jatuh dalam perjalanannya, partikel aerosol dengan droplet infeksi sering tetap tersuspensi di udara dan bahkan beberapa mikroorganisme dapat bertahan dan dapat menempuh jarak yang cukup jauh. Ketika jarak antara sumber dan individu yang rentan meningkat, tingkat penularan menurun.

Dalam hampir semua kasus, patogen udara menyebabkan reaksi inflamasi dari saluran udara bagian atas yang mempengaruhi hidung, sinus, tenggorokan, dan paru-paru. Setiap aktivitas batuk atau bersin dapat menghasilkan partikel aerosol yang mengarah ke transmisi udara. Beberapa patogen umum yang dapat menyebar melalui transmisi udara adalah:

1. *Anthrax*
2. *Aspergillosis*
3. *Blastomycosis*
4. *Chickenpox*
5. *Adenovirus*
6. *Enteroviruses*
7. *Rotavirus*
8. *Influenza*
9. *Rhinovirus*
10. *Neisseria meningitidis*
11. *Streptococcus pneumonia*
12. *Legionellosis*
13. *Measles (measles)*
14. *Mumps (mumps)*
15. *Smallpox/variola (chickenpox)*
16. *Cryptococcosis*
17. *Tuberculosis (TB)*
18. *Bordetella pertussis*
19. *Severe acute respiratory syndrome (SARS)*
20. *Middle East Respiratory Syndrome (MERS)*
21. *Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)*

Ini adalah daftar yang tidak lengkap yang hanya mencakup beberapa penyakit umum yang telah terlibat dalam transmisi udara (Tang et al., 2006). Catatan khusus yang harus dibuat adalah mengenai COVID-19, pandemi abad ke-21 yang diperkirakan menyebar melalui rute udara (di antara rute lainnya) (Morawska dan Cao, 2020). Penyakit yang ditularkan melalui udara tidak eksklusif untuk manusia dan juga dapat menginfeksi hewan. Contoh penting adalah unggas yang sering dipengaruhi oleh gangguan burung (penyakit *Newcastle*), yang juga ditularkan melalui rute udara. Namun, penting untuk dipahami bahwa terpaparnya hewan atau manusia dengan penyakit tular udara tidak secara otomatis dapat menyebabkan penularan penyakit (Beam et al., 2015; Paton et al., 2014).

6.1.2 Faktor Pembentuk Tuberkulosis

Kejadian TB di suatu wilayah dipengaruhi oleh beberapa faktor pembentuk, seperti faktor iklim dan faktor non-iklim. Faktor-faktor ini secara bersama-sama mendukung bakteri *Mycobacterium tuberculosis* menginfeksi tubuh manusia dan pada akhirnya berkembang menjadi penyakit TB.

a. Faktor Iklim

Suhu dan kelembapan relatif/*relative humidity* (RH) memiliki hubungan yang negatif dengan risiko TB, sedangkan kecepatan angin memiliki hubungan yang positif dengan risiko TB. Sehingga, lingkungan yang memiliki suhu yang rendah, kecepatan angin yang relatif cepat, dan RH yang rendah menjadikan lingkungan tersebut konduktif terhadap penularan TB. Suhu dapat berpengaruh terhadap kemungkinan penularan *M. tuberculosis* dengan berubahnya waktu aktivitas di dalam/luar ruangan dari populasi yang rentan dan terinfeksi TB, mengingat bahwa interval waktu rata-rata antara infeksi *M. tuberculosis* dan gejala klinis yang dapat diamati biasanya 7 minggu. Kecepatan angin mendorong difusi *M. tuberculosis* di udara, sehingga meningkatkan risiko penularan TB. Akan tetapi, jika kecepatan angin rata-rata lebih besar atau sama dengan 3 m/s, akan memiliki keterkaitan yang negatif dengan risiko TB. Hal ini karena kecepatan angin yang lebih tinggi dapat menurunkan konsentrasi polutan udara, sehingga secara tidak langsung mengurangi risiko TB, (paparan polutan udara dengan konsentrasi tinggi dianggap secara signifikan meningkatkan risiko TB). Kelembapan rata-rata yang dapat menurunkan risiko TB, adalah lebih dari atau lebih dari 72%. *M. tuberculosis* biasanya terhirup masuk ke paru-paru dalam bentuk aerosol untuk menyebabkan TB. RH yang sangat tinggi dapat mengurangi pembentukan aerosol, sehingga menyebabkan penurunan risiko TB. Lendir pada permukaan saluran pernapasan dapat membantu menahan invasi *M. tuberculosis*, sementara paparan udara kering (kelembapan rendah) jangka panjang dapat menurunkan produksi lendir pelindung ini, sehingga meningkatkan risiko infeksi *M. tuberculosis* (Li Z et al., 2021).

b. Outdoor Air Pollution

Paran PM_{2,5} dan NO₂ secara signifikan mempengaruhi pada peningkatan risiko kunjungan rawat jalan penyakit TB, sedangkan paparan SO₂ dan O₃ berkaitan dengan penurunan risiko kunjungan rawat jalan penyakit TB. Karena partikel aerodinamis yang kecil dan toksisitasnya, PM_{2,5} dapat membawa kotoran eksternal seperti ion logam dan mineral ke dalam bronkiolus dan alveoli (Popovic et al., 2019), yang menyebabkan berbagai bentuk peradangan dan merusak fungsi imun seluler. Tingginya tingkat PM_{2,5} yang terdiri dari logam transisi meningkatkan kandungan besi, yang menciptakan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan dan reproduksi *M. tuberculosis*. Tingkat kelangsungan hidup *M. tuberculosis* lebih tinggi pada sel yang terpapar partikel halus daripada pada kelompok yang tidak terpapar. Pada intinya paparan PM_{2,5} dapat mengurangi ketebalan paru-paru dan mempercepat perkembangan TB aktif (Huang et al., 2020).

Nitrogen Dioksida (NO₂) adalah gas yang mengiritasi yang terutama mengiritasi dan menimbulkan korosi pada saluran pernapasan bagian bawah dan alveoli. Oleh karena itu, NO₂ dapat membantu *mycobacterium tuberculosis* menyerang alveoli dan mempercepat perkembangan TB. Nitrogen oksida merupakan penyebab penting kabut asap fotokimia, yang memiliki efek toksik akut pada paru-paru (Wang et al., 2014). Ini mungkin menjadi alasan mengapa NO₂ menyebabkan efek akut pada pasien berisiko TB rawat jalan (Huang et al., 2020).

M. tuberculosis adalah patogen intraseluler fakultatif, yang permukaannya kaya akan lipid kompleks, terutama menyerang makrofag alveolar, bereplikasi dan menyebar di dalam inang. Inhalasi SO₂ eksogen dapat merusak lipid, protein, DNA dan struktur molekul bakteri lainnya, yang menghambat pertumbuhan *M. tuberculosis*. Selain itu, SO₂ memiliki efek restriksi tertentu pada pertumbuhan *M. tuberculosis* karena SO₂ dapat memblokir aktivitas enzim dalam membran sel mikroorganisme (DoHaHS, Dibandingkan dengan efek paparan PM_{2.5}, Meng et al., 2005 melaporkan bahwa menghirup sejumlah kecil SO₂ dapat meningkatkan kadar sitokin inflamasi, termasuk faktor nekrosis tumor- α (TNF- α) dan interleukin-6 (IL-6) dalam jaringan paru-paru tikus, sehingga menghambat proliferasi *M. tuberculosis* (Huang et al., 2020).

Paparan Ozon (O₃) dan risiko kunjungan rawat jalan TB memiliki hubungan yang negatif di musim dingin. Kemoterapi yang dilengkapi dengan injeksi intravena ozon terlarut juga meningkatkan stabilitas proses kemoterapi. Sementara itu, uji klinis menunjukkan bahwa pemberian obat pelarut ozon secara intravena juga dapat mengurangi resistensi obat pada strain TB. Namun, karena ketidakstabilan O₃ di lingkungan, ia dapat bereaksi dengan polutan udara lain untuk menghasilkan senyawa baru. Oleh karena itu, efek paparan O₃ harus ditafsirkan dengan hati-hati. Mekanisme O₃ dalam tubuh manusia masih layak untuk diteliti lebih lanjut (Huang et al., 2020).

c. Indoor Air Pollution

Asap rokok menjadi salah satu polusi di dalam ruangan dan menjadi penyebab berbagai jenis penyakit pernapasan. Terdapat lebih dari 4.500 bahan kimia yang memiliki efek racun mutagenik dan karsinogenik yang terkandung dalam asap rokok. Tar dan nikotin dalam rokok telah terbukti immunosupresif dengan mempengaruhi respon kekebalan tubuh dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi. Semakin tinggi kadar tar dan nikotin dampaknya terhadap sistem imun tubuh akan semakin besar. Hal tersebut menjadikan perokok berisiko lebih tinggi terinfeksi TB paru dibandingkan dengan orang yang tidak merokok. Seseorang yang berhenti merokok akan mengurangi hampir dua per tiga risiko terinfeksi TB (Nurjan, 2015).

Polusi dalam ruangan juga ditimbulkan dari pemakaian bahan bakar biomassa untuk memasak atau pemanas di rumah tangga. Bahan bakar biomassa mencakup kayu bakar, batu bara, lignit, arang, jerami, semak, rumput, atau sisa tanaman pertanian (Kan, 2011). Studi-studi terdahulu telah melaporkan hubungan antara paparan asap dari bahan bakar padat dengan TB. Para pengguna bahan bakar biomassa memiliki risiko 1,49 kali terjangkit TB aktif daripada pengguna minyak tanah (Kurmi, 2014). Asap pembakaran kayu bakar mengandung sejumlah komponen yang dikenal bersifat racun atau mengiritasi sistem pernapasan, seperti *particulate matter* (PM₁₀) yang terhirup, karbon monoksida (CO), nitrogen dan sulfur oksida (NO₂, SO₂), aldehid (contoh: formaldehid), hidrokarbon aromatik polisiklik (contoh: benzopyrene), senyawa organik yang mudah menguap, dioksin terklorinasi, dan radikal bebas. Asap pembakaran biomassa berpotensi melemahkan pertahanan saluran pernafasan dari *mycobacterium tuberculosis*, sama seperti paparan asap rokok. Dalam studi populasi, TB dikaitkan dengan obstruksi aliran udara pernafasan; sehingga TB mungkin merupakan mekanisme lain dari dampak paparan polusi udara dalam ruangan, yang juga dapat menyebabkan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) (Duque, 2008).

d. Faktor Non-Iklim

Orang-orang berisiko tinggi terkena TB umumnya kekurangan vitamin D. Kekurangan vitamin D ini erat kaitannya dengan paparan sinar matahari langsung yang kurang. Defisiensi vitamin D merupakan faktor risiko infeksi dan penyakit tuberkulosis karena menekan respons imun spesifik terhadap infeksi tuberkulosis. Metabolit aktif vitamin D (1,25-dihidroxyvitamin D) meningkatkan regulasi reseptor vitamin D seluler untuk menghambat pertumbuhan mikobakteri dan meningkatkan ekspresi *cathelicidin* oleh makrofag, yang mendorong kematian sel mikobakteri (Wingfield T et al., 2010).

Sebanyak 90% penderita TB di dunia berasal dari keluarga dengan tingkat sosioekonomi yang rendah/miskin. Hubungan antara kemiskinan dengan penyakit TB bersifat timbal balik, dimana karena penyakit TB seseorang dapat tertimpa kemiskinan, namun sebaliknya kemiskinan dapat menyebabkan seseorang terkena penyakit TB. Keluarga yang berpenghasilan lebih tinggi akan mampu untuk menjaga kebersihan lingkungannya, menyediakan air minum yang higienis, membeli makanan dengan jumlah dan kualitas yang baik serta memadai bagi seluruh anggota keluarga, dan mampu membiayai pemeliharaan kesehatan yang diperlukan. Berbeda halnya dengan masyarakat dengan sosioekonomi yang rendah, mereka cenderung tidak dapat membeli makanan dan minuman dengan jumlah dan kualitas yang baik sehingga menyebabkan kondisi gizi yang buruk, selain itu kondisi perumahan pun rata-rata tidak sehat dan akses terhadap pelayanan kesehatan rendah (Nurjan, 2015).

Kemiskinan menjadi faktor terbesar yang menyebabkan seseorang memiliki tingkat pendidikan yang rendah. Semakin rendah pendidikan seseorang maka semakin besar risiko untuk menderita TB paru. Pendidikan yang dimaksud berkaitan dengan pengetahuan berupa perilaku hidup sehat, pengetahuan terkait penyakit dan pencarian pengobatan. Jika dikaitkan dengan TB, maka semakin tinggi pendidikan seseorang pengetahuan terhadap TB dan penanganan yang baik, maka pengendalian penyakit ini akan semakin maksimal (Nurjan, 2015).

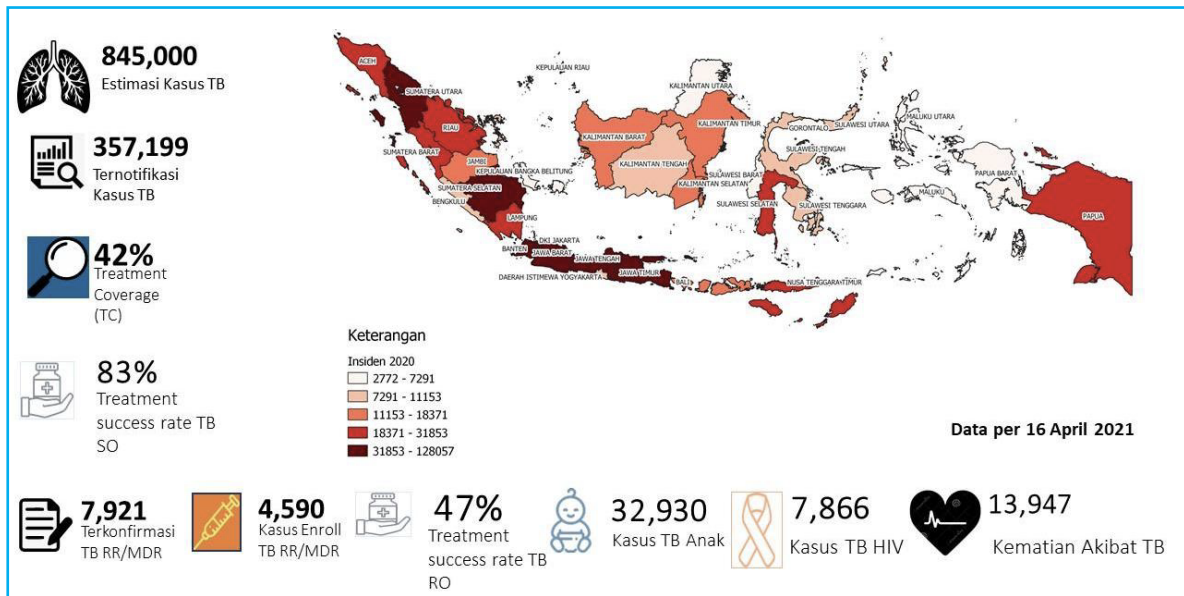
Diabetes mellitus merupakan penyakit penyerta yang diketahui sebagai faktor risiko TB. Diabetes mellitus meningkatkan risiko TB sebanyak 3 kali lipat (Jeon dan Murray, 2008). Tanpa pengobatan yang memadai, akan terjadi komplikasi akibat diabetes dan TB (CDC, 2021). Peningkatan kerentanan terhadap TB paru pada penderita diabetes mellitus (DM) terjadi melalui berbagai mekanisme. Efek langsung DM seperti hiperglikemia dan insulinopenia seluler dan efek tidak langsung pada fungsi makrofag dan limfosit menyebabkan penurunan kemampuan tubuh menahan TB. Sebagai respon terhadap TB, DM mempengaruhi kemotaksis, fagositosis, aktivasi dan presentasi antigen oleh fagositosis. Bahkan pemberian insulin tidak memperbaiki kerusakan kemotaksis monosit. Literatur menunjukkan bahwa DM membuat pasien rentan terhadap infeksi yang terkait imunitas yang diperantarai sel, seperti TB (Solá et al., 2016).

Koinfeksi dengan human immunodeficiency virus (HIV) merupakan salah satu faktor risiko TB. Menurut WHO, ada sebanyak 215.000 kematian akibat TB yang terkait HIV di tahun 2020. Kemungkinan orang dengan HIV/AIDS (ODHA) untuk memiliki TB aktif adalah 18 (uncertainty interval 15-21) kali lebih tinggi daripada orang tanpa HIV/AIDS (WHO, 2021). Studi lain menyebutkan risiko TB meningkat 2 sampai 5 kali di tahap awal infeksi HIV-1 (salah satu jenis virus HIV pada manusia) dan lebih dari 20 kali di tahap lanjut HIV-1. Bahkan pada pasien dengan HIV-1 yang dirawat dengan *antiretroviral therapy* (ART), risiko TB tetap meningkat sekitar 4 kali lipat (Bell et al., 2018).

HIV dan TB merupakan kombinasi mematikan karena saling memperkuat satu sama lain mempercepat penurunan fungsi imunologi. Adanya koinfeksi HIV membuat seseorang lebih rentan untuk mendapatkan infeksi primer atau reinfeksi TB, dan meningkatkan risiko reaktivasi TB pada pasien TB laten. Sebaliknya, perkembangan infeksi HIV menjadi AIDS dipercepat oleh adanya infeksi mikobakterium TB (Bruchfeld et al., 2015).

6.1.3 Kelompok Rentan Penyakit Berbasis Udara

Gambar 6.1.1 Situasi tuberkulosis Indonesia tahun 2020 (Dashboard TB Indonesia, 2021)



Indonesia menjadi negara dengan pasien TB terbanyak ke-3 di dunia setelah India dan Cina. Pasien TB diperkirakan sebanyak 10% dari total pasien TB dunia. Pada tahun 2020, diperkirakan ada 845.000 kasus TB di Indonesia (Gambar 6.1.1); dengan kasus ternotifikasi 362.418, *treatment coverage* 43%, kasus TB anak 33.366, kasus TB HIV 7.915, dan kematian selama pengobatan TB 13.110 (data per 14 Juni 2021). Saat ini kasus TB paling banyak ditemukan pada usia produktif (15-49 tahun) dan lebih rentan pada jenis kelamin laki-laki. Ditemukan sebanyak 75% penderita TB paru menyerang usia yang paling produktif (15-49 tahun) secara ekonomi (Nurjan, 2015) dan pada usia dewasa (49-61 tahun) (Novita dan Ismah, 2017). Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh terinfeksi TB primer saat anak-anak, yang tidak dilakukan preventif sehingga muncul saat sudah dewasa. Kemungkinan kedua yaitu dengan tingginya tingkat aktivitas pada kelompok umur produktif akan meningkatkan tingginya risiko terinfeksi TB karena interaksinya juga tinggi (Novita dan Ismah, 2017). Laki-laki berisiko terinfeksi TB 1,6 kali lebih besar dibandingkan perempuan. Data Riskesdas (2013) menunjukkan kasus TB ditemukan pada kelompok laki-laki 10% lebih banyak dari pada kelompok perempuan. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan perbedaan perilaku, dimana laki-laki lebih banyak yang merokok (96,3%) dibandingkan dengan perempuan (3,7%) (Nurjan, 2015; Novita dan Ismah, 2017). Selain itu, orang dengan status sosial-ekonomi yang rendah, berpendidikan rendah, serta perokok aktif lebih rentan terserang penyakit TB (Novita dan Ismah, 2017).

Menurut *Global Report TB 2020*, sebesar 8,75% (3,5 juta dibanding 40 juta) target pengobatan TB adalah kelompok anak. Hasil Study Inventory, 2016-2017 sebesar 18,5% (3.942 dari 21.320) kasus yang ditemukan adalah kelompok anak (di bawah 15 tahun). Dan 51% diantaranya berada pada kelompok umur 1-4 tahun. Laporan program per 16 April 2021 data tahun 2020 sebesar 9% (32.251 dari 357.199) adalah kasus anak dan 53% berada pada kelompok umur 1-4 tahun. Menurut penelitian Siregar et al., (2018), status gizi normal, sosial-ekonomi rendah dan tidak mendapat imunisasi BCG, merupakan variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap kejadian penyakit tuberkulosis paru (*Global Report TB 2020*). Sebagian besar kasus TB pada anak tidak dapat menular ke anak yang lain, kecuali pada anak yang menderita "adult type TB" atau TB tipe dewasa, yaitu TB pada anak dengan gambaran menyerupai TB pada dewasa dan ditemukan BTA pada pemeriksaan dahak (TB Indonesia, 2021).

Pasien HIV-AIDS adalah pasien yang lemah daya tahan tubuhnya sehingga tidak mampu melawan jenis penyakit yang datang. Hal ini didukung hasil penelitian di RSUD Merauke, Papua menunjukkan bahwa koinfeksi HIV di antara pasien TB lebih tinggi daripada wilayah studi lain (Bisara et al., 2019). Diabetes mellitus dapat menimbulkan berbagai macam komplikasi, penurunan imunitas pada pasien DM dapat meningkatkan risiko infeksi TB paru. Menurut Fauziah et al., 2016 pada pasien DM tipe 2 yang dirawat di Ruang Rawat Inap Penyakit Dalam RSUP Dr. M. Djamil Padang selama tahun 2011, insidensi TB paru pada pasien DM tipe 2 adalah 3,88% (Fauziah et al., 2016).

Risiko terjadinya TB juga meningkat pada orang dengan kondisi sistem imun yang lemah, sehingga pasien yang menderita kanker dan kelainan darah (anemia, leukemia) yang cenderung memiliki gangguan sistem kekebalan tubuh karena akibat dari penyakit itu sendiri dan konsekuensi kemoterapi yang dijalani berisiko untuk mengembangkan penyakit TBC. Sama halnya dengan kanker paru seperti keganasan lain membuat penderitanya mengalami status *immunocompromised* yang dapat menyebabkan reaktivasi kuman TB. Faktor risiko kanker paru yaitu merokok juga dapat meningkatkan risiko infeksi TB. Durasi dan dosis dari rokok dapat menyebabkan gangguan klirens mukus dan menurunkan kemampuan fagosit makrofag yang dapat menyebabkan kuman *M. tuberculosis* lolos dari sistem pertahanan paru. Invasi ke dalam fokus lesi TB lama oleh sel kanker paru juga dapat mengakibatkan reaktivasi TB. Pada daerah dimana prevalensi TB dan kanker paru sama, maka dapat terjadi kanker paru dan infeksi TB secara bersamaan (Nugroho dan Wati, 2020).

Penelitian Ellyse et al. tentang “Pengaruh kepadatan hunian, malnutrisi, umur dan jenis kelamin terhadap kejadian tuberkulosis paru di wilayah kerja Puskesmas Batulicin I Kecamatan Karang Bintang Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2019” hasil analisis multivariat faktor risiko yang paling besar pengaruh atau kontribusinya terhadap kejadian tuberkulosis paru yaitu malnutrisi $p= 0,040 < p= 0,05$ dan OR= 6,245; CI 1,084-38.074 dan jenis kelamin $p= 0,00$ dan OR= 914,237; CI 1,967-103,052 (Ellyse, 2021).

Kelompok rentan TB lainnya adalah narapidana. Menurut studi/laporan tahun 2017 terdapat sebanyak 232.081 narapidana penderita TB di Indonesia dengan kapasitas hunian rumah tahanan (rutan) dan lembaga permasyarakatan (lapas) seharusnya 123.481, ada selisih antara jumlah total penghuni dengan kapasitas hunian sebesar 108.600 (Ferinkie, 2020). Mereka menjadi rentan karena tinggal di sel sempit dan berdesakan. Apalagi jika mereka pengguna narkoba dengan jarum suntik yang tidak aman sehingga rentan terjangkit HIV. Narapidana dengan status HIV positif 10,1 kali mengalami kejadian TB Paru, dan demikian juga narapidana yang pernah kontak dalam sel dengan penderita TB Paru cenderung berisiko 4,2 kali mengalami TB paru. Narapidana juga rentan terjangkit TB melalui perilaku berisiko seperti kebiasaan batuk $p=0,022 < p=0,05$ dan OR=3,9; CI 1,288 – 8,440 (Putri et al., 2018).

Tabel 6.1.1 Matriks deskripsi TB

Nama Fokus Kajian dan Waktu kejadian	Faktor Pembentuk (cantumkan referensi)	Kelompok Rentan
<p>Puncak penyakit TB terjadi pada saat musim semi dan musim panas, akibat jeda waktu transmisi <i>M.</i> <i>Tuberculosis</i> di bulan bulan musim dingin (Fares, 2011; Tedijijianto et al., 2019)</p> <p>Puncak TB di Cina terjadi pada musim dingin (Maret), dan terendah di musim gugur (Februari) setelah faktor delay transmisi dihilangkan (Li X et al., 2013; Li Y et al., 2020)</p>	<p>Iklm:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Curah Hujan, kelembapan, suhu, tekanan atmosfer, kecepatan angin (Huang et al., 2020; Li Z et al., 2021; Zhang, 2019) <p>Outdoor air pollution:</p> <ul style="list-style-type: none"> - PM₁₀ dan PM_{2.5} (Popovic et al., 2019; Huang et al., 2020) - NOx dan SOx (Zhu et al., 2018) - O₃ (Yao L et al., 2016; Huang et al., 2020) - NO₂ (Huang et al., 2020) <p>Indoor air pollution:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cahaya matahari, vitamin D, kepadatan dalam rumah (Wingfield et al., 2010) - Asap rokok (Nurjan, 2015) - Bahan bakar biomassa untuk memasak (Kurni, 2014) - Sosial-ekonomi (Nurjan, 2015) <p>Perilaku:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pengawas minum obat (Yao et al., 2016) <p>Komorbidity:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diabetes mellitus (Jeon dan Murray, 2008, Sola et al., 2016) - HIV (WHO, 2021; Bell et al., 2018, Bruchfeld et al., 2015) - Malnutrisi (Ellyse, 2021) 	<ul style="list-style-type: none"> - Kasus TB paling banyak ditemukan pada usia produktif (15-49 tahun) dan lebih rentan pada jenis kelamin laki-laki (Novita dan Ismah, 2017; Nurjan, 2015) - Kasus TB paru anak rentan pada usia 1-4 tahun (Siregar et al., 2018) - Narapidana (Putri et al., 2018)

6.2 Data dan Metode

6.2.1 Batasan Analisis

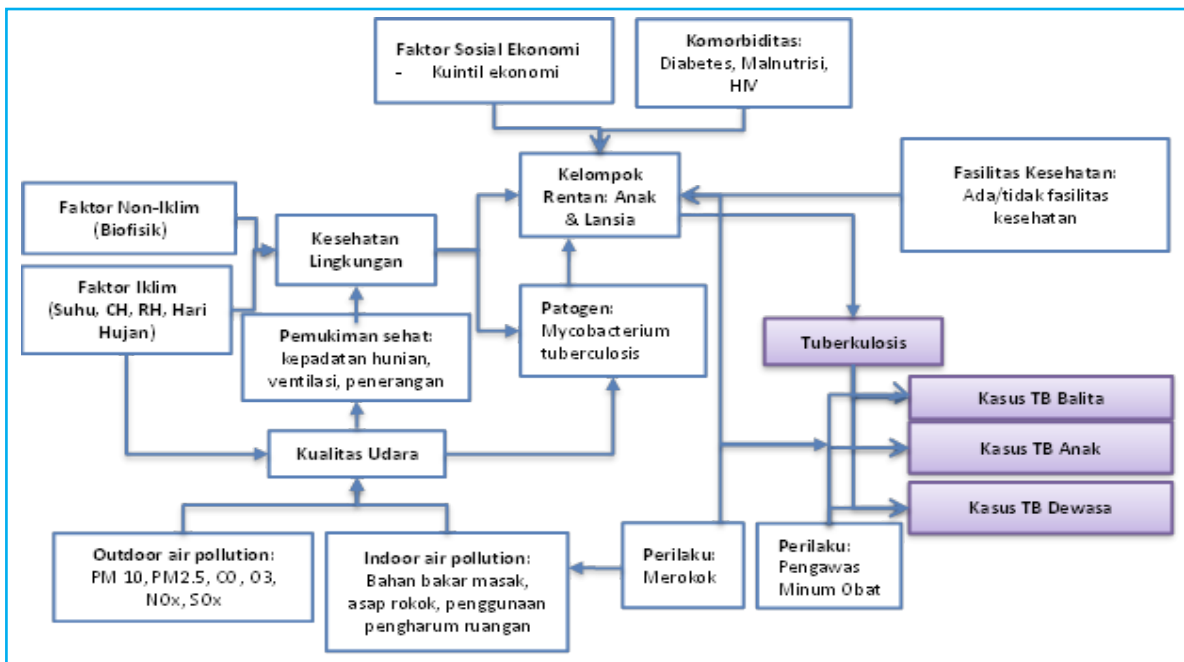
Mengacu pada Permen LHK No. 7 tahun 2018 mengenai batasan atau lingkup analisis dalam kajian perubahan iklim dapat dibedakan menjadi makro, meso, mikro dan tapak. Analisis tingkat meso dapat dilakukan dalam kajian ini untuk mendapatkan gambaran pengaruh perubahan iklim terhadap kejadian TB untuk kepentingan nasional. Unit data yang akan digunakan yaitu data dengan lingkup lintas provinsi atau memiliki 3 zona iklim.

TB termasuk risiko penyakit tular udara akibat perubahan iklim. Permenkes No. 35 tahun 2012 telah diatur identifikasi risiko penyakit tular udara dengan analisis *trend* data iklim seperti curah hujan, suhu dan kelembapan minimal 10 tahun, serta data peningkatan CO₂ dan juga kualitas udara. Perubahan iklim akan mempengaruhi kualitas udara yang dapat meningkatkan risiko penyakit tular udara seperti TB.

6.2.2 Variabel Penyusun

Faktor pembentuk kejadian TB sangat beragam sehingga terbentuklah kerangka konsep untuk menggambarkan proses kejadian TB dan pengaruh variabel pembentuknya. Perubahan iklim tidak hanya mempengaruhi kualitas udara tetapi juga akan mempengaruhi kondisi lingkungan yang dapat meningkatkan kejadian TB.

Gambar 6.2.1 Kerangka konsep TB



Faktor iklim (suhu, curah hujan, kelembapan, hari hujan) dan faktor non-iklim (biofisik) mempengaruhi kesehatan lingkungan. Faktor iklim akan mempengaruhi pada kualitas udara luar ruang, yang terkait dengan kandungan outdoor air pollution (PM₁₀, PM_{2.5}, CO, O₃, NO_x, dan SO_x). Sementara itu, kualitas udara dalam ruang dipengaruhi oleh indoor air pollution (bahan bakar masak, asap rokok dan pengharum ruangan). Kualitas udara suatu permukiman juga dilihat dari kepadatan hunian, ventilasi, dan penerangan. Kesehatan lingkungan mempengaruhi potensi patogen penyebab TB (*Mycobacterium tuberculosis*) untuk menginfeksi manusia, terutama kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia. Namun, kondisi sosial-ekonomi, penyakit penyerta lain, status gizi, dan perilaku dari manusia juga berhubungan dengan kerentanan mereka terkena TB. Selain itu, keberadaan fasilitas kesehatan untuk diagnosis dan pengobatan juga berkaitan erat dengan TB.

6.2.3 Data Tersedia dan Lingkup Analisis

Tabel 6.2.1 Ketersediaan data TB

Fokus Kajian/ Kejadian Penyakit	Jenis atau Nama Data	Format Data tersedia	Unit Area	Periode Data Tersedia	Sumber Data
TB	Kasus TB Balita (0-4 th)	Tabular	Kab/Kota	2000–2020	Substansi TB
	Kasus TB Anak 5- 14 th)	Tabular	Kab/Kota	2000–2020	Substansi TB
	Kasus TB Dewasa (≥15 th)	Tabular	Kab/Kota	2000–2020	Substansi TB
	Kasus TB Total	Tabular	Kab/Kota	2000–2020	Substansi TB
Indoor Air Pollution	Kepadatan Hunian	Tabular	Rumah tangga	2013, 2018	Risikesdas, Susenas
	Ventilasi Ruang Keluarga	Tabular	Rumah tangga	2010, 2013, 2018	Risikesdas
	Ventilasi Ruang Tidur	Tabular	Rumah tangga	2010, 2013, 2018	Risikesdas
	Ventilasi Ruang Masak	Tabular	Rumah tangga	2013, 2018	Risikesdas
	Bahan Bakar Masak	Tabular	Rumah tangga	2010, 2013, 2018	Risikesdas, Susenas

Fokus Kajian/ Kejadian Penyakit	Jenis atau Nama Data	Format Data tersedia	Unit Area	Periode Data Tersedia	Sumber Data
	Frekuensi berada dekat orang merokok di ruang tertutup	Tabular	Individu	2018	Riskesdas
	Merokok Dalam Rumah	Tabular	Individu	2007, 2010, 2013, 2018	Riskesdas
Perilaku	Perokok Setiap Hari Saat Ini	Tabular	Individu	2007, 2010, 2013, 2018	Riskesdas
	Pengawas Minum Obat	Tabular	Individu	2013, 2018	Riskesdas
Status Gizi	Malnutrisi balita (BB/U)	Tabular	Individu	2007, 2010, 2013, 2018	Riskesdas
	Malnutrisi Dewasa > 18th (IMT/U)	Tabular	Individu	2007, 2010, 2013, 2018	Riskesdas
Komorbiditas/ Koinfeksi	Diabetes	Tabular	Individu	2013, 2018	Riskesdas
	HIV	Tabular	Provinsi	2009-2020	Sistem Informasi HIV/AIDS
Sosial-ekonomi	Kuintil Ekonomi	Tabular	Provinsi	2017, 2018, 2019, 2020	Program

Ketersediaan data kasus TB tersedia hingga level unit kab/kota sedangkan variabel lainnya tersedia level individu, rumah tangga dan provinsi. Periode data tersedia sangat beragam sehingga diperlukan *cleaning* data untuk memperoleh data yang siap digunakan dalam analisis. Sumber data yang berbeda juga dapat mempengaruhi periode data tersedia dan format penulisan data. Data TB mencakup wilayah yang luas dengan periode waktu yang cukup panjang sangat baik digunakan dalam analisis perubahan iklim. Periode pencatatan data TB secara triwulan dapat dianalisis berdasarkan kondisi iklim musiman dengan data iklim sehingga terlihat pengaruh musiman terhadap kasus TB.

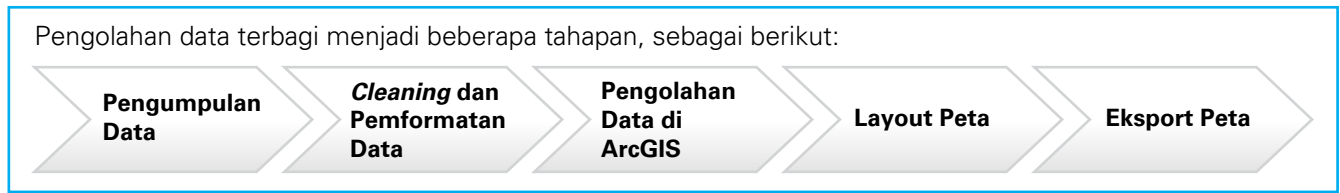
Jumlah kasus TB diperoleh dari data rutin yang dikelola oleh Substansi TB, Direktorat Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Menular Langsung, Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, Kementerian Kesehatan. Saat buku profil ini disusun, data ini tersedia untuk periode 2000-2020. Untuk tahun 2000-2016, kasus TB dilaporkan secara agregat per kabupaten/kota setiap tiga bulan; sedangkan tahun 2017-2020, kasus individu dilaporkan ke aplikasi sistem informasi, yaitu Sistem Informasi TB Terpadu (2017-2019) atau pun Sistem Informasi TB (sejak 2020). Data variabel faktor risiko mayoritas berasal dari survei nasional, seperti Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) dan Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas). Akan tetapi, terdapat faktor risiko di kerangka konsep belum teridentifikasi sumber datanya, misalnya penerangan atau pemakaian pengharum ruangan.

6.2.4 Metode Analisis Data

Data-data yang telah dikumpulkan (Tabel 6.2.1) kemudian dianalisis. Analisis data yang digunakan berupa analisis deskriptif, analisis komparatif dan analisis hubungan. Analisis deskriptif merupakan upaya untuk mendeskripsikan/menjelaskan data sesuai dengan karakteristik data yang ditampilkan. Hal tersebut berguna agar data yang divisualisasikan mudah untuk dipahami. Analisis komparatif merupakan analisis yang membandingkan satu atau lebih variabel untuk sampel yang berbeda. Analisis ini berguna untuk mencari jawaban sebab-akibat dengan menganalisis faktor-faktor pembentuk suatu kejadian. Buku profil ini akan melakukan analisis komparatif pada data antar jenis kelamin, anatomi, *incidence rate* kasus TB, sebaran faktor iklim, dan faktor-faktor lainnya yang menjadi faktor pembentuk kejadian TB. Analisis hubungan merupakan analisis yang berguna untuk menemukan hubungan atau keterkaitan antar variabel yang satu dengan variabel yang lain. Analisis yang dilakukan melalui metode tumpang susun atau spasial korelasi. Metode tumpang susun atau spasial korelasi

dilakukan melalui pemetaan dua atau lebih variabel (*overlay*) untuk mencari hubungan antar variabel. Analisis akan dilakukan untuk menemukan hubungan antara variabel iklim dan non-iklim dengan kejadian penyakit TB.

Gambar 6.2.2 Tahapan pengolahan data TB



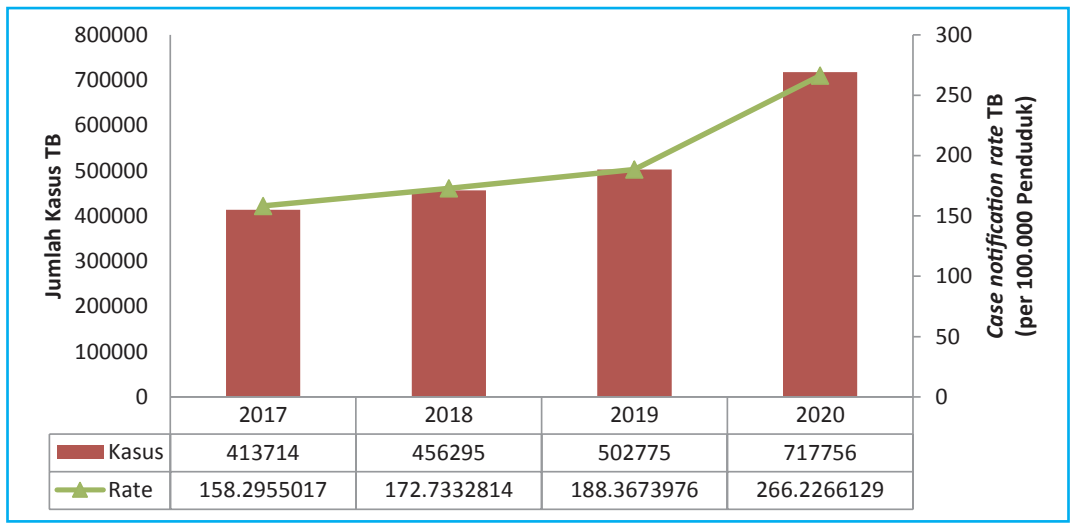
Data yang dikumpulkan adalah data kasus TB kabupaten/kota di Indonesia tahun 2008-2020 yang bersumber dari substansi TB Kementerian Kesehatan Indonesia, data iklim berupa curah hujan, suhu dan kelembapan kabupaten/kota di Indonesia tahun 2010-2020 yang bersumber dari BMKG, serta data pendukung berupa peta dasar (shp) kabupaten/kota di Indonesia yang bersumber dari BIG. Tahapan *cleaning* data diperlukan untuk memeriksa kembali data-data yang diberikan, dan mengecek kondisi ekstrem data sehingga tidak terjadi kesalahan dalam interpretasi data. Pengolahan data dilakukan dengan membuat data spasial rata-rata iklim 10 tahun dan rata-rata musiman, data kasus penyakit akumulasi tahunan dan akumulasi musiman. Sehingga menghasilkan output berupa peta CNR TB 2017-2020, total kasus TB 2007-2020 dan total musiman TB.

6.3 Hasil dan Diskusi

6.3.1 Visualisasi Data

Visualisasi data diperlukan untuk mengkomunikasikan informasi secara jelas dan efisien kepada pembaca melalui tabel, grafik, maupun peta. Dalam buku profil ini data-data yang menjadi faktor pembentuk kejadian penyakit TB serta data kejadian kasus divisualisasikan dalam bentuk grafik serta peta spasial. Untuk menunjukkan peningkatan atau penurunan dari variabel digunakan grafik titik dan grafik garis, sedangkan untuk membandingkan persentase dari suatu variabel digunakan grafik lingkaran (*pie chart*). Melihat trend angka notifikasi kasus (*case notification rate*) dan jumlah kasus TB per tahunnya divisualisasikan dalam bentuk grafik. *Case notification rate* didefinisikan sebagai total seluruh kasus TB yang mendapat pengobatan dan dilaporkan di antara 100.000 penduduk suatu wilayah. Membandingkan persentase jenis kelamin berdasarkan kelompok umur divisualisasikan dengan *pie chart*. *Case notification rate* kasus TB divisualisasikan juga dalam peta spasial. Peta spasial memperlihatkan sebaran kejadian suatu variabel dalam suatu wilayah.

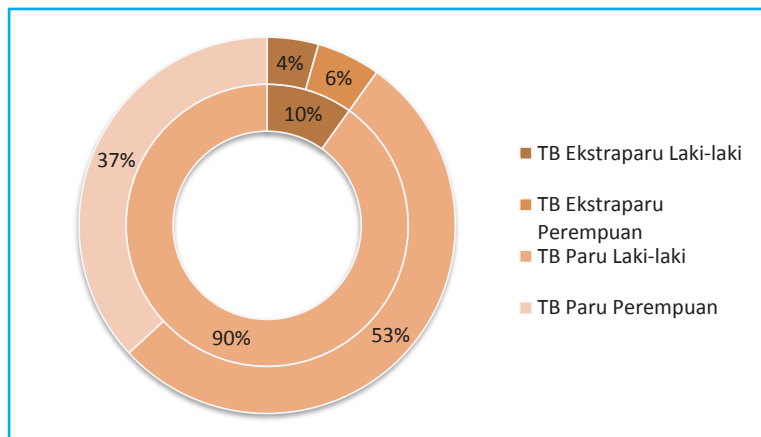
Gambar 6.3.1 Jumlah kasus dan *case notification rate* TB Indonesia di tahun 2017-2020



Dalam buku profil ini, definisi operasional kasus TB yang digunakan adalah kasus TB paru dan ekstra paru pada pasien baru. Pertimbangannya adalah bahwa perubahan iklim lebih berdampak pada munculnya kasus baru daripada kasus pengobatan berulang, sehingga pasien pengobatan berulang tidak dimasukkan dalam analisis.

Terjadi peningkatan *case notification rate* dan jumlah kasus TB di Indonesia dari tahun 2017 hingga tahun 2020. Bahkan kenaikan yang sangat signifikan terjadi di tahun 2020, yang mencapai 717.7756 orang dengan *case notification rate* 266 per 100.000 penduduk (Gambar 6.3.1).

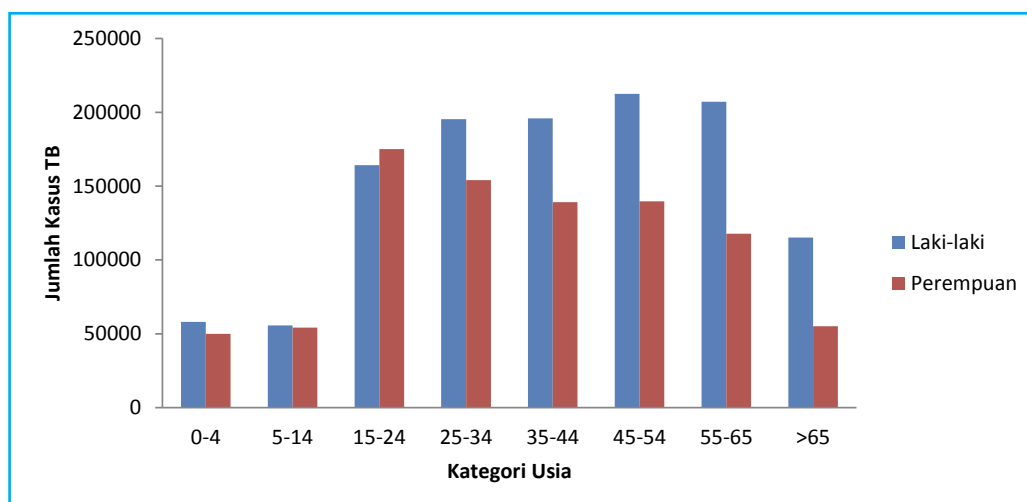
Gambar 6.3.2 Proporsi kasus TB berdasarkan anatomi dan jenis kelamin tahun 2017-2020



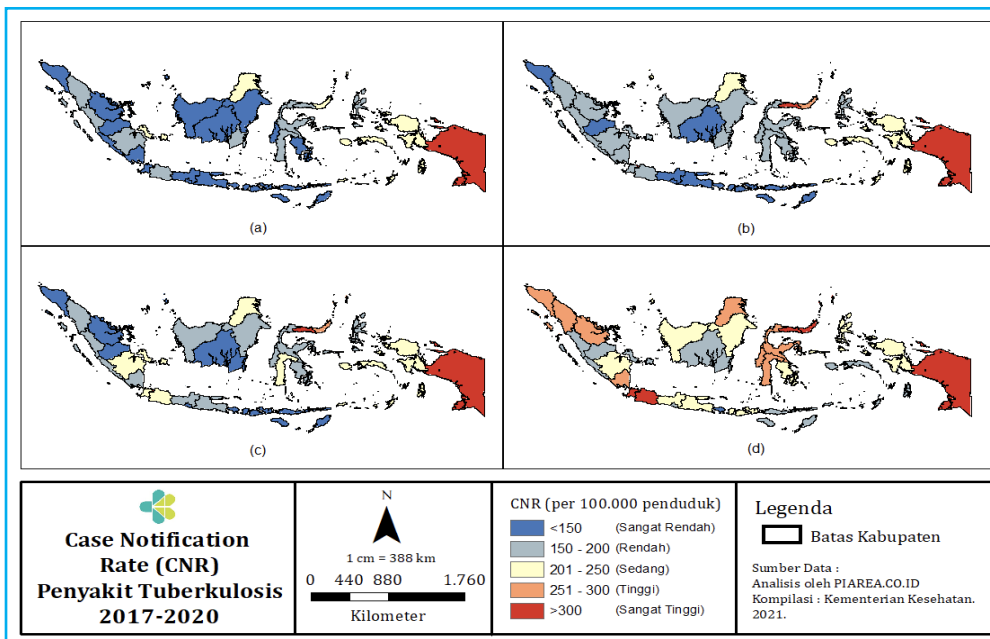
Kejadian kasus TB tertinggi terjadi pada penderita TB paru mencapai 90% dari keseluruhan kasus. Sebagian besar penderita TB paru adalah laki-laki yaitu 53% dari total penyandang TB paru di Indonesia. Salah satu faktor yang mungkin karena sebagian besar perokok adalah laki-laki. Perokok berisiko lebih tinggi terinfeksi TB paru dibandingkan dengan orang yang tidak merokok.

Secara umum, kasus TB lebih banyak menyerang pada laki-laki daripada perempuan. Pada laki-laki, kasus tertinggi terjadi di kelompok umur 45-54 tahun. Sedangkan pada perempuan kasus TB banyak menyerang kelompok umur 15-24 tahun, yang merupakan umur-umur produktif. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan dua hal. Pertama, seseorang saat kecil terinfeksi TB primer di lingkungannya, akan tetapi tidak dilakukan preventif sehingga muncul saat sudah dewasa. Kemungkinan kedua yaitu dengan tingginya tingkat aktivitas pada kelompok umur produktif akan meningkatkan tingginya risiko terinfeksi TB karena interaksi sosialnya juga tinggi (Novita dan Ismah, 2017).

Gambar 6.3.3 Proporsi jumlah kasus TB berdasarkan jenis kelamin dan usia tahun 2017-2020



Gambar 6.3.4 (a) *Case notification rate* TB tahun 2017, (b) *Case notification rate* TB tahun 2018, (c) *Case notification rate* TB tahun 2019, (d) *Case notification rate* TB tahun 2020

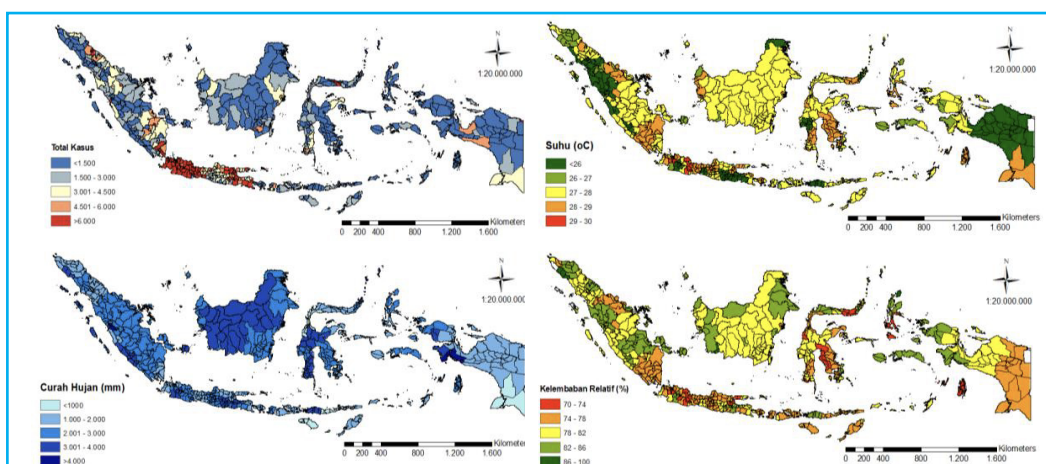


Berdasarkan peta sebaran *case notification rate* di atas, Papua dan Sulawesi Utara secara konsisten memiliki angka notifikasi kasus yang tinggi selama 2017-2020. Bahkan, Papua menjadi wilayah yang paling banyak terinfeksi TB, yang mana sebagian besar kejadian kasusnya melebihi 400 kasus/tahun. Kemungkinan ada dua hal yang mempengaruhi, Pertama, kemungkinan karena jarak rumah dengan fasilitas Kesehatan yang jauh, sehingga pengobatan sulit terjangkau. Kedua, dapat dikaitkan dengan koinfeksi HIV, di mana Papua merupakan salah satu provinsi dengan angka HIV tertinggi di Indonesia (Kemenkes, 2020). Peta sebaran juga menunjukkan bahwa seiring dengan waktu beberapa provinsi lain mengalami trend peningkatan angka notifikasi kasus, misalnya Jawa Barat, Kalimantan Utara, Sulawesi Selatan, dan Sumatera Selatan. Kondisi ini mungkin merupakan dampak dari sistem pelaporan kasus TB yang semakin baik dengan adanya aplikasi daring sistem informasi TB sebagai upaya surveilans TB sehingga makin banyak kasus yang dilaporkan.

6.3.2 Kontribusi Faktor Iklim

Faktor iklim mempengaruhi sebaran penyakit TB hal ini dapat dilihat dari Peta sebaran kasus TB dan peta sebaran iklim. Peta sebaran TB terdiri dari peta jumlah kasus TB dari tahun 2017- 2020 serta sebaran TB musiman yang terlihat dari data TB triwulan. Sebaran iklim terdiri dari peta curah hujan, suhu dan kelembapan rata-rata tahunan dan juga rata-rata musiman. Hubungan faktor iklim dengan kasus TB dideskripsikan dalam sebaran berikut.

Gambar 6.3.5 Sebaran total kejadian penyakit TB (2017-2020) dan rata-rata curah hujan, suhu dan kelembapan tahunan (2010-2020)

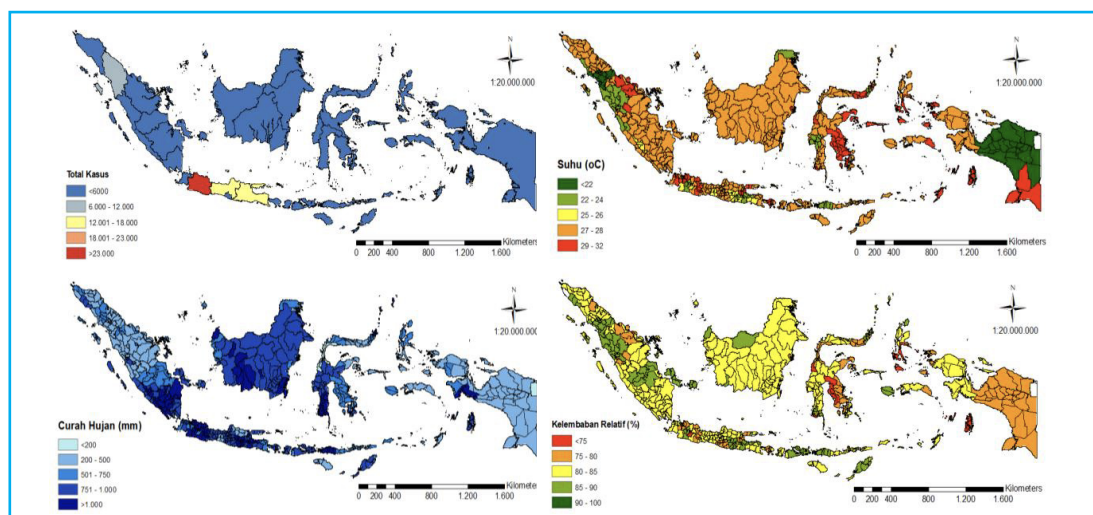


Terjadinya kasus TB di Indonesia selama 2017-2020 kemungkinan tidak mengikuti pola tertentu rata-rata iklim tahunan 2010-2020 secara menyeluruh, melainkan di sebagian wilayah saja (Gambar 6.3.5). Kesesuaian pola sedikit terlihat antara kasus TB dengan rata-rata suhu tahunan, terutama di Pulau Jawa dan sebagian Sumatera, di mana semakin tinggi suhu ($\geq 27^{\circ}\text{C}$) maka semakin besar jumlah kasus TB. Begitu pula antara kasus TB dan rata-rata kelembapan tahunan (74-78%), yang terlihat sedikit selaras polanya di sebagian besar Pulau Jawa dan bagian selatan Pulau Sumatera.

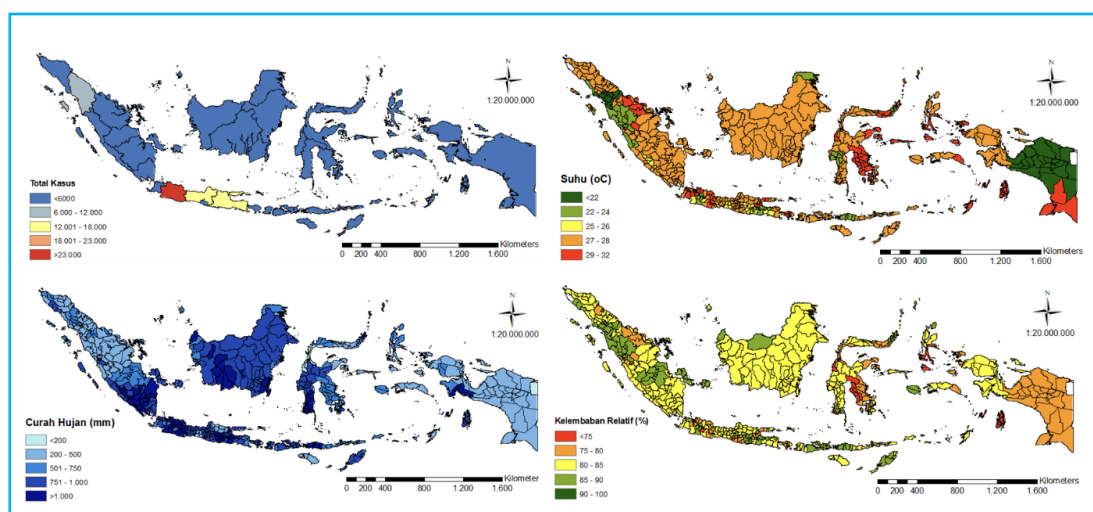
Selama musim hujan, yang berlangsung bulan Desember hingga Februari, tidak terlihat kesesuaian pola antara kejadian TB di triwulan 1 (Januari s.d. Maret) 2017-2020 dengan rata-rata iklim musiman 2010-2020 (Gambar 6.3.6). Kasus TB di Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur pada triwulan ini mencapai lebih dari 12.000, jauh lebih besar daripada di wilayah lain. Namun, pola iklim musiman tidak menunjukkan adanya kejadian yang ekstrem di wilayah-wilayah tersebut, sehingga kemungkinan kasus TB tidak mengikuti kejadian iklim di musim hujan.

Serupa dengan musim hujan, kejadian TB yang dilaporkan di triwulan 2 (April s.d. Juni) 2017-2020 tidak mengikuti pola rata-rata iklim musiman selama musim peralihan hujan ke kemarau (Maret s.d Mei) 2010-2020 (Gambar 6.3.7). Jumlah kasus yang sangat tinggi masih terjadi di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur, seperti di triwulan 1. Sementara itu, iklim masih tidak menunjukkan pola yang ekstrem di wilayah tersebut meskipun suhu di sebagian besar wilayah Pulau Jawa meningkat menjadi berkisar $28-32^{\circ}\text{C}$.

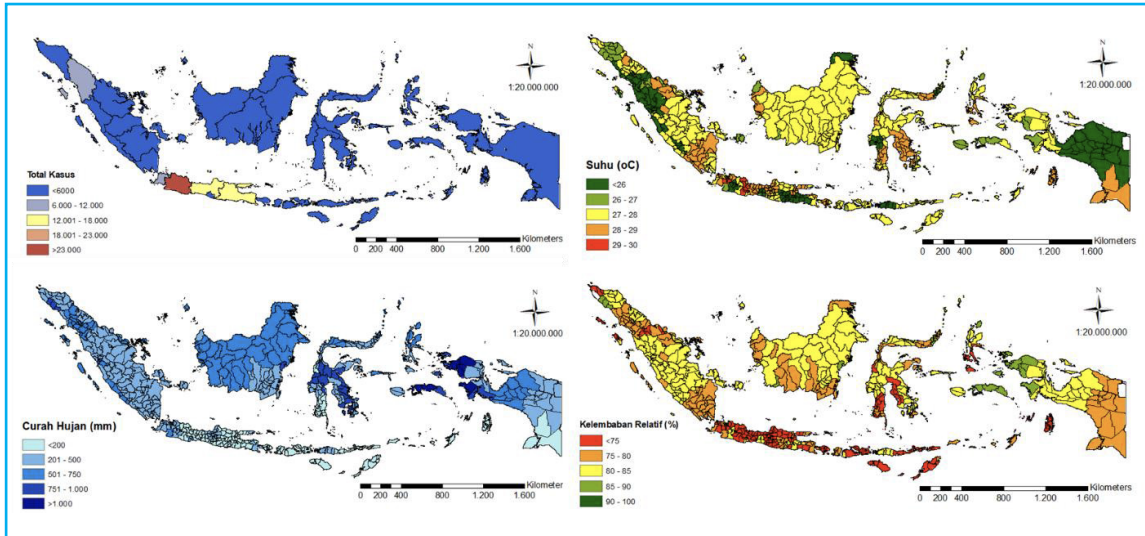
Gambar 6.3.6 Sebaran total kejadian penyakit TB di Triwulan 1 (2017-2020) dan rata-rata curah hujan, suhu dan kelembapan di musim hujan (2010-2020)



Gambar 6.3.7 Sebaran total kejadian penyakit TB di Triwulan 2 (2017-2020) dan rata-rata curah hujan, suhu dan kelembapan di musim peralihan hujan ke kemarau (2010-2020)

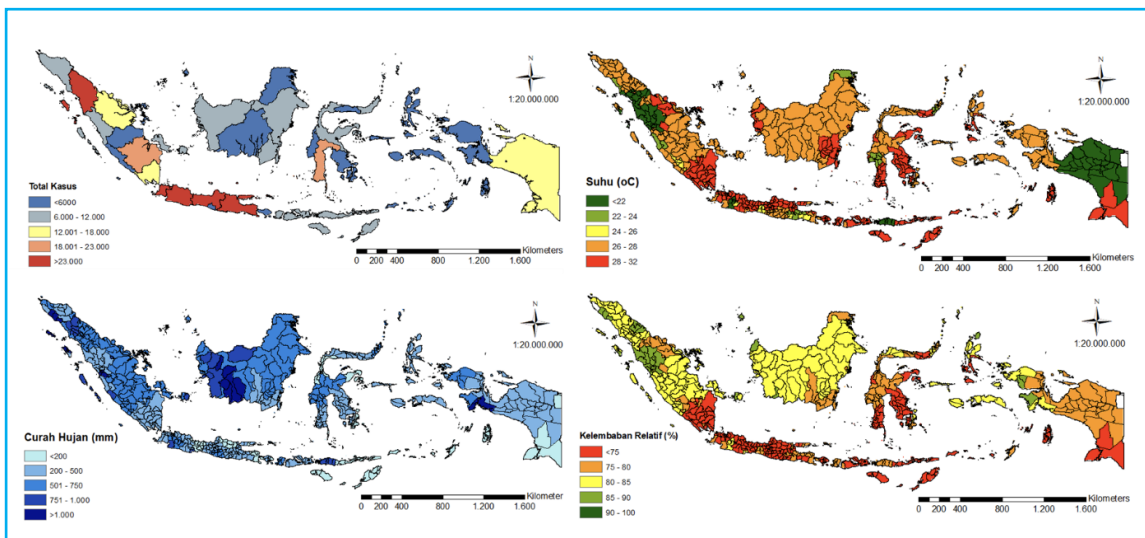


Gambar 6.3.8 Sebaran total kejadian penyakit TB di Triwulan 3 (2017-2020) dan rata-rata curah hujan, suhu dan kelembapan di musim kemarau (2010-2020)



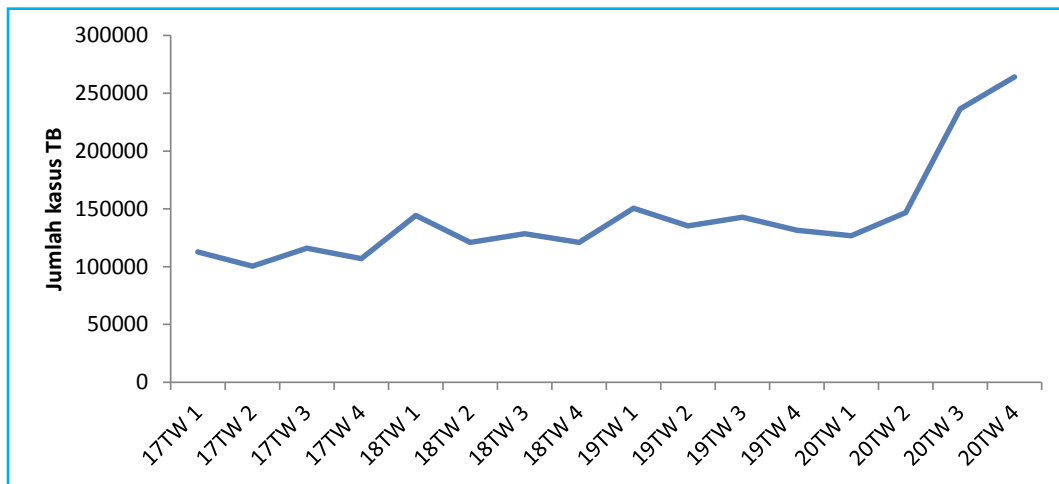
Pola sebaran penyakit TB di triwulan 3 (Juli s.d September) 2017-2020 juga tidak mengikuti pola kejadian iklim musiman di musim kemarau (Juni s.d Agustus) 2010-2020. Kasus TB masih tetap tinggi di tiga wilayah di Pulau Jawa meskipun menurun untuk Jawa Barat. Rata-rata curah hujan terendah sepanjang tahun. Rata-rata suhu masih tinggi meskipun lebih menurun daripada musim sebelumnya. Rata-rata kelembapan terlihat menurun, terutama di Pulau Jawa, sebagian Sulawesi, sebagian Kalimantan dan sebagian Sumatera.

Gambar 6.3.9 Sebaran total kejadian penyakit TB di Triwulan 4 (2017-2020) dan rata-rata curah hujan, suhu dan kelembapan di musim peralihan kemarau ke hujan (2010-2020)



Di musim peralihan kemarau ke hujan (September s.d November), sebaran penyakit TB di sebagian wilayah Indonesia selama triwulan 4 (Oktober s.d Desember) 2017-2020 agak mengikuti pola rata-rata suhu dan kelembapan musiman 2010-2020. Peningkatan kasus TB di Pulau Jawa, bagian barat Sumatera dan Sulawesi Selatan selaras dengan peningkatan suhu ($28-32^{\circ}\text{C}$) dan penurunan kelembapan ($<75\%$). Provinsi Papua juga mengalami kenaikan kasus TB dibanding triwulan 3, namun kenaikan suhu dan penurunan kelembapan musiman hanya terjadi di bagian selatan Papua.

Gambar 6.3.10 *Trend* triwulan kasus TB tahun 2017-2020



Trend kasus TB terdiri dari data triwulan TB tahun 2017-2020. Secara umum trend kasus TB mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Kasus TB mengalami fluktuasi disetiap musim terlihat dari total kasus pada setiap triwulan. TB mengalami peningkatan pada musim penghujan (TW1) dan musim kemarau (TW3), dan mengalami penurunan kasus pada saat musim peralihan (TW 1 dan TW2). Pada musim penghujan kondisi kelembapan udara semakin tinggi yang akan mempengaruhi kualitas udara dalam ruangan, yang dapat meningkatkan kasus TB (Zhang, 2019). Pada musim kemarau kasus TB menjadi tinggi dapat disebabkan oleh pengaruh suhu. Suhu yang tinggi dapat meningkatkan efek buruk dari polutan, berupa penurunan fungsi paru-paru, eksaserbasi penyakit pernapasan kronis, dan peningkatan sakit pernapasan (Ayres JG et al., 2009). Oleh sebab pada musim kemarau dapat meningkatkan risiko penyakit TB.

6.3.3 Kontribusi Faktor Non-Iklim

Faktor iklim yang berkorelasi secara signifikan dengan kejadian TB adalah suhu, sementara curah hujan dan kelembapan tidak memiliki korelasi dengan penyakit tersebut antara faktor non-iklim yang dianalisis, korelasi secara signifikan dengan kasus TB ditunjukkan oleh koinfeksi HIV. Sementara itu, kebiasaan merokok dan paparan asap rokok serta asap bahan bakar memasak tidak berkorelasi dengan timbulnya kasus TB.

Tabel 6.3.1 Korelasi kejadian TB dengan faktor iklim dan faktor non-iklim

Penyakit	Korelasi	CH	T	RH	Perilaku merokok	Frekuensi dekat orang merokok	Bahan Bakar Masak	HIV
TB	<i>Pearson Correlation</i>	-0,072	0,121**	-0,072	-0,202	0,027	-0,259	0,879**
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,104	0,006	0,105	0,252	0,879	0,140	0,000

* korelasi signifikan 5% (*two-tailed*)

** korelasi signifikan 1% (*two-tailed*)

Penyakit	Korelasi	CH	T	RH	Perilaku merokok	Frekuensi dekat orang merokok	Bahan Bakar Masak	HIV
TB	<i>Pearson Correlation</i>	Tidak ada korelasi	Ada korelasi	Tidak ada korelasi	Tidak ada korelasi	Tidak ada korelasi	Tidak ada korelasi	Ada korelasi
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	Tidak signifikan	Signifikan	Tidak signifikan	Tidak signifikan	Tidak signifikan	Tidak signifikan	Signifikan

6.4 Kesimpulan

6.4.1 Hasil dan Dampaknya

Data pendukung untuk mengkaji keterkaitan faktor iklim dan non-iklim dengan TB di Indonesia mayoritas telah teridentifikasi, baik bersumber dari data rutin maupun survei nasional. Inventarisasi ini juga mencakup jenis data, tipe data, unit area dan periode. Selain itu, kelengkapan data kasus TB dan iklim dalam waktu yang panjang merupakan suatu kelebihan yang dapat dimanfaatkan dalam analisis lanjut terkait dampak perubahan iklim terhadap kejadian TB di Indonesia. Bagi pembuat kebijakan, inventarisasi ini memudahkan saat dibutuhkan data relevan untuk analisis sesuai dengan kebutuhan.

Trend jumlah dan angka notifikasi kasus (CNR) TB selama 2017-2020 menunjukkan peningkatan. Disparitas sebaran kasus TB selama periode tersebut terjadi menurut jenis kelamin dan kelompok usia; sementara disparitas sebaran CNR TB terjadi menurut wilayah. Selain itu, meskipun relatif sedikit terlihat di sebagian wilayah Indonesia yang bertipe iklim monsoon, pola kasus TB sesuai dengan pola rata-rata suhu tahunan dan rata-rata suhu serta kelembapan di musim peralihan kemarau ke hujan. Menurut statistik, suhu tahunan dan koinfeksi HIV memiliki korelasi dengan kejadian TB di Indonesia.

Peningkatan CNR TB dapat menjadi indikator keberhasilan penemuan dan pelaporan kasus. Akan tetapi, ini juga menunjukkan besaran masalah kesehatan di masyarakat yang perlu ditangani oleh pemegang program melalui kebijakan yang efektif. Perlu untuk mengkaji kondisi yang mempengaruhi rendahnya CNR di suatu wilayah, terutama apabila terkait dengan kendala penemuan kasus atau kepatuhan pelaporan, sehingga dapat segera dicarikan solusinya. Seiring dengan itu, intervensi yang menasar kelompok laki-laki, usia produktif, dan/atau yang memiliki HIV perlu terus ditingkatkan, misalnya melalui program yang sudah berlangsung maupun melalui revitalisasi promosi kesehatan berbasis faktor risiko. Dengan demikian, peningkatan kasus TB dapat dikendalikan meskipun terjadi variasi iklim tahunan atau musiman.

6.4.2 Limitasi dan arahan lanjutan

Dalam penyusunan buku profil ini, terdapat beberapa limitasi antara lain masih ditemukan perbedaan periode waktu antara data TB dengan cuaca dan beberapa data faktor non-iklim tidak tersedia untuk dianalisis meskipun telah teridentifikasi sumbernya, misalnya kepadatan hunian, ventilasi, PMO, status gizi, DM, dan sosial-ekonomi. Untuk itu, diperlukan koordinasi dengan instansi pemegang/pengelola data terkait apabila data tersebut akan dianalisis di masa depan. Akan lebih baik jika koordinasi tersebut menjadi kolaborasi yang sinergi antara instansi yang terlibat sehingga menghasilkan output yang bermanfaat bagi pemegang kebijakan.

Analisis lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi kluster TB, yaitu daerah berisiko tinggi, di level nasional atau subnasional. Selanjutnya, mengaitkan keberadaan kluster TB tersebut dengan faktor risiko iklim dan non-iklim secara lintas ruang dan waktu (spatiotemporal). Dengan demikian, akan diketahui faktor pembentuk yang berkorelasi dengan TB dan besaran pengaruhnya di periode dan wilayah tertentu.

6.5 Referensi

- Beam E, Gibbs SG, Hewlett AL, Iwen PC, Nuss SL, Smith PW. Clinical challenges in isolation care. *Am J Nurs*. 2015 Apr;115(4):44-9.
- Bell L, Noursadeghi M. 2018. Pathogenesis of HIV-1 and Mycobacterium tuberculosis co- infection. *Nat Rev Microbiol*. 16: 80–90. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.128>.
- Bisara D. 2019. Situasi human immunodeficiency virus-tuberkulosis di kabupaten merauke 2018: ancaman pada umur produktif', *Jurnal Kesehatan Reproduksi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 10(1), pp. 1–9. doi: 10.22435/KESPRO.V10I1.1711.
- Bruchfeld J, Correia-Neves M, Källenius G. 2015. Tuberculosis and HIV Coinfection. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 5(7): 17871. doi:10.1101/cshperspect.a017871.
- Brouqui P, Boudjema S, Soto Aladro A, Chabrière E, Florea O, Nguyen H, Dufour JC. New Approaches to Prevent Healthcare-Associated Infection. *Clin Infect Dis*. 2017 Aug 15;65(suppl_1):S50-S54.
- Broussard IM, Kahwaji CI. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Dec 20, 2020. Universal Precautions.
- CDC. 2021. TB and Diabetes. (<https://www.cdc.gov/tb/topic/basics/tb-and-diabetes.html>).
- Dashboard TB Indonesia. 2021. <https://tbindonesia.or.id/pustaka-tbc/dashboard-tb/>.
- Duque T. 2008. Biomass Fuels and Respiratory Diseases A Review of the Evidence. *Proceedings Of The American Thoracic Society*. Vol 5: 577–590. DOI: 10.1513/pats.200707- 100RP).
- Ellyse B. 2021. Pengaruh kepadatan hunian, malnutrisi, umur dan jenis kelamin terhadap kejadian tuberkulosis paru. (<http://eprints.uniska-bjm.ac.id/id/eprint/5617>). Diunduh tgl 26 Oktober 2021.
- Evrilda Andani Putri, Martini, Lintang Dian Saraswati, Mateus Sakundarno Adi. 2018. Faktor Risiko Tuberkulosis Paru Pada Warga Binaan Pemasyarakatan di Lembaga Pemasyarakatan Kelas I Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol 6(1).
- Fares A. 2011. Seasonality of Tuberculosis. *Journal of Global Infectious Diseases*. Vol 3(1): 49-55. 10.4103/0974-777X.77296.
- Fauziah D. 2006. Insidensi tuberkulosis paru pada pasien diabetes melitus tipe 2 di ruang rawat inap penyakit dalam rsup dr. m. djamil padang. Vol 5(2): 349-354. DOI: <https://doi.org/10.25077/jka.v5i2>.
- Ferinkie A. 2020. Pencegahan dan penindakan penyakit menular tuberkulosis terhadap narapidana di lembaga pemasyarakatan kelas iia salemba. *Jurnal Justitia*. Vol 7(2). <http://jurnal.um-tapsel.ac.id/index.php/Justitia/article/view/1527>.
- Fernstrom A, Goldblatt M. Aerobiology and its role in the transmission of infectious diseases. *J Pathog*. 2013;2013:493960.
- Gammon J, Hunt J. A review of isolation practices and procedures in healthcare settings. *Br J Nurs*. 2018 Feb 08;27(3):137-140.
- Hadifah Z, Manik UM, Zulhadi A, Wilya V. 2017. Gambaran penderita tuberkulosis paru di tiga Puskesmas wilayah kerja Kabupaten Pidie Provinsi Aceh. *Jurnal Penelitian Kesehatan*. Vol 4(1): 33-44.

- Huang K, Ding K, Yang XJ, Hu CY, Jiang W, Hua XG. 2020. Association between short-term exposure to ambient air pollutants and the risk of tuberculosis outpatient visit: A time-series study in Hefei China. *Environmental Research*. 184.
- Jeon C dan Murray M. 2008. Diabetes mellitus increases the risk of active tuberculosis: a systematic review of 13 observational studies. *PLoS Medicine*. 5(7):152. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0050152>.
- Kan Xiaohong. 2011. Indoor solid fuel use and tuberculosis in China matched case-control study. *BMC Public Health*. 11:498).
- Kemendes (2019) Studi Inventori Tuberkulosis Indonesia 2016-2017. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. Jakarta.
- Kurmi OP. 2014. Tuberculosis risk from exposure to solid fuel smoke: a systematic review and meta-analysis. <https://www.jstor.org/stable/43282055>. Nugroho N dan Wati F . 2020. Koeksistensi kanker paru dan tuberkulosis. *Syifa Medika*. Vol 11(1).
- Li X, Wang L, Zhang H, Du X, Jiang SH, Shen T, Zhang YP, Zeng G. 2013. Seasonal variation in notification of active tuberculosis cases in China, 2005-2012. 10.1371/journal.pone.0068102.
- Li Y, Zhu L, Lu W. 2020. Seasonal variation in notified tuberculosis cases from 2014 to 2018 in eastern China. *Sage Journals*. <https://doi.org/10.1177/0300060520949031>.
- Li Z, Liu Q, Zhan M, Tao B, Wang J, Lu W. 2021. Meteorological factors contribute to the risk of pulmonary tuberculosis: A multicenter study in eastern China. *Science of the Total Environment*. 793.
- MacIntyre CR, Chughtai AA, Rahman B, Peng Y, Zhang Y, Seale H, Wang X, Wang Q. The efficacy of medical masks and respirators against respiratory infection in healthcare workers. *Influenza Other Respir Viruses*. 2017 Nov;11(6):511-517.
- Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environ Int*. 2020 Jun;139:105730.
- Moriceau G, Gagneux-Brunon A, Gagnaire J, Mariat C, Lucht F, Berthelot P, Botelho-Nevers E. Preventing healthcare-associated infections: Residents and attending physicians need better training in advanced isolation precautions. *Med Mal Infect*. 2016 Feb;46(1):14-9.
- Novita E dan Ismah Z. 2017. Studi karakteristik pasien tuberculosis di Puskesmas Seberang Ulu 1 Palembang. *Unnes Journal of Public Health*. 6(4).
- Nugroho, Nur, and Farah Wati. 2020. Coexistence of lung cancer and tuberculosis. *Syifa Medika*, vol. 11, no.1.
- Nurjana MA. 2015. Faktor risiko terjadinya tuberkulosis paru usia produktif (15-49tahun) di Indonesia. *Media Litbangkes*. Vol 25(3): 165-170.
- Paton R, Tolhurst N, Perisa M, Dempsey K, Tallon J. What mask to use? *Aust Nurs Midwifery J*. 2014 Nov;22(5):31.
- Popovic I, Magalhaes RJS, Ge E, Marks GB, Dong GH, Wei X, Knibbs LD. 2019. A systematic literature review and critical appraisal of epidemiological studies on outdoor air pollution and tuberculosis outcome. *Environment Research*. 170: 33-45.

- Rini Handayani. 2019. Faktor risiko tuberkulosis paru pada narapidana di lembaga pemasyarakatan narkotika Jakarta. Vol 11(2). DOI: <https://doi.org/10.52022/jikm.v11i2.3>.
- Solá E, Rivera C, Mangual M, Martinez J, Rivera K, dan Fernandez R. 2016. Diabetes mellitus: an important risk factor for reactivation of tuberculosis. *Endocrinology, diabetes dan metabolisme case reports*. 16. 0035. (<https://doi.org/10.1530/EDM-16-0035>).
- Seto WH. 2015. Airborne transmission and precautions: facts and myths. *J Hosp Infect*. 89(4): 225-8. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25578684>.
- Siregar PA, Gurning FP, Eliska, Pratama MY. 2018. Analisis faktor yang berhubungan dengan tuberkulosis paru anak di RSUD Sibuhuan. *Jurnal Berkala Epidemiologi*. Vol 6(3): 268-275.
- Tang JW, Li Y, Eames I, Chan PK, Ridgway GL. Factors involved in the aerosol transmission of infection and control of ventilation in healthcare premises. *J Hosp Infect*. 2006 Oct;64(2):100-14.
- Tedijijanto C, Hermans S, Cobelens F, Wood R, Andrews JR. 2019. Drivers of seasonal variation in tuberculosis incidence: insights from a systematic review and mathematical model. *HSS*. 29(6): 857-886. 10.1097/EDE.0000000000000877.
- Wingfield T, Schumacher SG, Sandhu G, Tovar MA, Zevallos K, Baldwin R, Motoya R, Ramos E, Jongkaewwatana 2010. *Journal of Infectious Diseases*. Vol 210(5): 774-783.
- Yao L, Liang CL, Yue LJ, Mei SW, Lili S, Fan LY, Chen LH. 2019. Ambient air pollution exposures and risk of the drug-resistant tuberculosis. *Environment International*. 124: 161-169.
- Zhang CY, Zhang A. 2019. Climate and air pollution alter incidence of tuberculosis in Beijing, China. *Annals of Epidemiology*. 37: 71-76.
- Zhu S, Xia L, Wu J, Chen S, Chen F. 2018. Ambient air pollution are associated with newly diagnosed tuberculosis: A time-series study in Chengdu. *Science of the Total Environment*. 631: 47-55.
- WHO. 2014. Infection prevention and control of epidemic- and pandemic-prone acute respiratory infections in healthcare. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112656/1/9789241507134_eng.pdf?ua=1. World Health Organization: Geneva.
- WHO. 2020. Global tuberculosis report 2020. Geneva. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240013131> (Accessed: 15 September 2021).
- WHO. 2021. Tuberculosis. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>. World Health Organization.

BAB VII

**Penyakit Tular Air:
Diare**

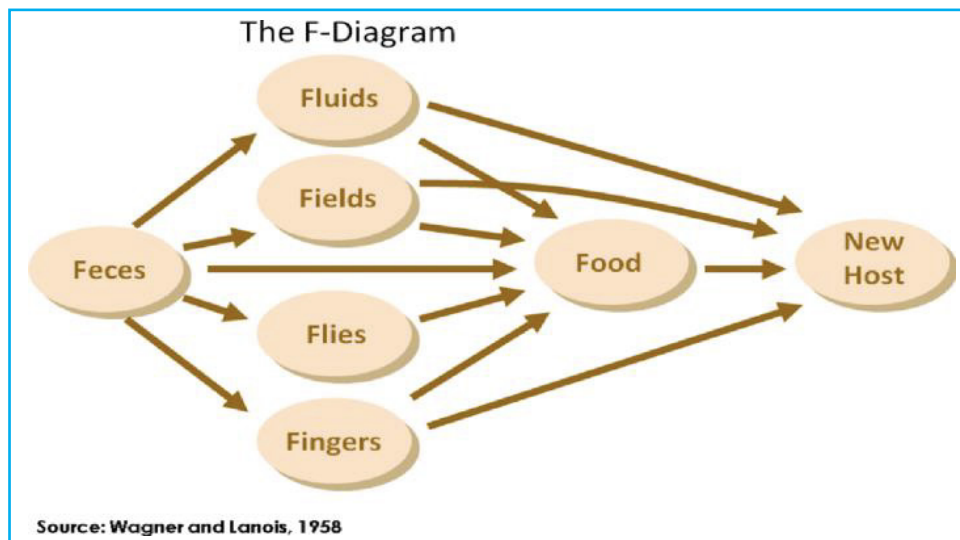
7.1 Pendahuluan

7.1.1 Proses Kejadian Penyakit Berbasis Air dan Sanitasi

Penyakit berbasis air dan sanitasi yang paling utama adalah diare yang berperan dalam beban penyakit dan penyebab utama kedua karena kehilangan waktu sehat (WHO, 2008). Secara etiologi, diare merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri, virus dan parasit yang ditandai dengan gejala buang air besar dengan konsistensi tinja encer dan frekuensinya tiga atau lebih dalam sehari (Ahs et al., 2010). Ada berbagai macam penyebab manusia untuk terinfeksi diare. Agen penyebab diare yang umum adalah rotavirus dan *Escherichia coli* (*E. coli*). Bakteri *Escherichia coli* enteropatogenik juga merupakan salah satu bakteri penyebab diare persisten yang terdapat pada kotoran manusia dan hewan (*warm-blooded animals*) yang menimbulkan prevalensi tinggi baik di komunitas maupun di fasilitas pelayanan kesehatan (Black and Lanata, 2002).

Penyebab utama diare selain *Escherichia coli* enteropatogenik adalah rotavirus. Rotavirus merupakan penyebab utama diare akut dan bertanggung jawab atas sekitar 40% dari penerimaan rumah sakit (Ahs et al., 2010). Lebih dari setengah kasus ini terjadi di Afrika dan Asia Selatan, dimana diare lebih mungkin terjadi daripada di tempat lain. Rotavirus biasanya terjadi di daerah beriklim sedang dan tropis (CDC, 2008). Hasil surveilans rotavirus pada balita yang dirawat di 6 rumah sakit di 6 provinsi di Indonesia pada tahun 2006 menunjukkan prevalensi sebesar 60% dengan gejala dehidrasi. Terjadi sedikit kenaikan prevalensi pada suhu dingin di musim kemarau (Sunarto et al., 2006). Demikian pula penelitian di Bandung membuktikan kejadian infeksi rotavirus terjadi sepanjang tahun dan sedikit meningkat di suhu dingin dan berhubungan dengan kelembapan (Prasetyo et al., 2015).

Gambar 7.1.1 F-diagram yang menunjukkan jalur transmisi fekal-oral, dalam menemukan inang baru



Dari cara penyebarannya, diare ditularkan oleh agen infeksi dari kotoran manusia dan hewan melalui jalur fekal-oral (Moors et al., 2013). Kotoran manusia dapat mengandung lebih dari 50 jenis bakteri, virus, protozoa dan cacing yang termasuk dalam *soil transmitted helminths*. Mayoritas infeksi terkait tinja yang masuk melalui konsumsi/penelanan, dan jarang melalui inhalasi. Infeksi terkait tinja berjalan melalui berbagai jalur dari satu inang ke inang berikutnya, baik sebagai akibat penularan langsung melalui tangan yang terkontaminasi, atau penularan tidak langsung melalui kontaminasi air minum, tanah, peralatan, makanan, dan lantai (Gambar 7.1.1). Pentingnya setiap jalur transmisi bervariasi antara patogen dan pengaturan, dan patogen yang berbeda lebih umum di beberapa populasi (Brown et al., 2013). Kejadian diare juga dikarenakan oleh konsumsi patogen yang sering ditemukan di air minum yang tidak aman, makanan yang terkontaminasi atau dari tangan yang terkontaminasi agen infeksi. Sebanyak 88% kasus diare di seluruh dunia disebabkan oleh air yang tidak aman, sanitasi yang tidak memadai, atau kebersihan yang tidak terjaga (Prüss-Üstün et al., 2008).

Dalam laporannya WHO menyatakan ada sekitar 4 miliar kasus diare terjadi setiap tahun, dimana 88% diantaranya disebabkan oleh air yang tidak aman, sanitasi yang tidak memadai, atau kebersihan yang tidak terjaga (Prajnyaswari et al., 2018, Prüss-Ustün et al., 2019, Oloruntoba et al., 2014). Rotavirus adalah penyebab paling umum rawat inap dan kematian akibat diare pada anak di bawah usia 5 tahun. Rotavirus merupakan penyebab utama diare akut dan bertanggung jawab atas sekitar 40% dari penerimaan rumah sakit. Lebih dari setengah kasus ini terjadi di Afrika dan Asia Selatan, dimana diare lebih mungkin terjadi daripada di tempat lain. Rotavirus terjadi di daerah beriklim sedang dan tropis. Hasil surveilans diare rotavirus di Indonesia pada tahun 2006-2008 menunjukkan bahwa penyebab utama diare cair akut pada anak usia balita adalah rotavirus dengan proporsi 60% untuk yang dirawat inap dan 41% untuk yang dirawat jalan. Di Indonesia, prevalensi balita yang dirawat di rumah sakit karena rotavirus adalah antara 39% dan 67%, antara 10% dan 49% dari pasien muda ini dirawat sebagai pasien rawat jalan. Jumlah deteksi rotavirus dipengaruhi oleh perubahan iklim, dengan jumlah infeksi tertinggi ditemukan di daerah yang lebih dingin dan kering sepanjang tahun (Prasetyo et al., 2015).

Pada tahun 2010-2016 rotavirus juga ditemukan sebagai penyebab utama diare cair akut pada anak usia balita di Indonesia yaitu 47,5% dengan proporsi dalam setiap masing-masing tahun mencapai 53,7%, 53,3%, 45,2%, 41,7%, 38,7%, 52,5%, dan 42,6%. Prevalensi diare rotavirus ditemukan pada anak dalam kelompok usia 6-23 bulan. Genotype terbanyak yang ditemukan adalah G1P8 pada tahun 2010, 2011, dan 2012 sebesar 63,2%, 64,1% dan 74,6% berturut-turut. Pada tahun 2013, 2014, dan 2015 ditemukan G3P8 masing-masing 49,7%, 82,5%, dan 84,4% (Mulyani et al., 2018). Hasil penelitian tahun 2017 dengan menggunakan *Taqman Array Card* (TAC) untuk mendeteksi semua pathogen juga menunjukkan bahwa rotavirus tetap menempati urutan pertama sebagai penyebab diare cair akut pada anak usia balita yaitu 39,24% disusul adenovirus yang hampir mencapai 30% dan norovirus GII sebesar 10,1% (Nirwati et al., 2020).

7.1.2 Faktor Pembentuk Penyakit Diare

a. Determinan Diare dan Variabel Iklim

Diare dapat terjadi karena didorong oleh faktor-faktor risiko terutama faktor iklim. Variabel iklim penyebab diare antara lain curah hujan, suhu maksimum, suhu rata-rata, kelembapan relatif, tekanan udara, curah hujan ekstrem, bencana banjir, dan kekeringan (Bhandari et al., 2019; Liu et al., 2018; Moors et al., 2013; Wang et al., 2019; Chou et al., 2010). Secara umum patogen seperti bakteri menyukai suhu yang lebih hangat. Sebagian besar studi menyajikan hubungan linier dan mengasumsikan peningkatan atau penurunan konstan dalam insiden diare untuk setiap unit peningkatan suhu sepanjang seluruh skala suhu. Peningkatan suhu satu derajat menyebabkan peningkatan antara 3% dan 16% pada kejadian diare (Bhandari et al., 2019), terutama pada anak balita (Delahoy et al., 2021). Setiap kenaikan suhu dapat dikaitkan pula dengan kekeringan dan kelangkaan air (Mukasa et al., 2020) yang berhubungan dengan peningkatan risiko diare (Anwar et al., 2019).

Kelembapan memainkan peran penting dalam kelangsungan hidup penyebaran virus. Beberapa peneliti melaporkan adanya hubungan yang signifikan antara kelembapan relatif dan kejadian diare berupa hubungan terbalik. Artinya secara umum nilai minimum kelembapan dapat meningkatkan risiko kejadian diare, karena dapat memperpanjang kelangsungan hidup virus di lingkungan. Meskipun demikian penting untuk dipahami bahwa hubungan antara faktor iklim dan diare dapat bervariasi tergantung dari jenis mikroorganisme patogen penyebab, pendekatan metodologi hingga letak geografis negara dan iklim yang berbeda, menjadi faktor yang menentukan (Wang et al., 2019).

Dampak banjir terhadap kesehatan meliputi kematian, cedera, penyakit menular berupa penyakit yang ditularkan melalui air dan penyakit yang ditularkan melalui vektor, serta penyakit tidak menular berupa kesehatan psikologi dan kekurangan gizi (Alderman et al., 2012). Diare menjadi salah satu dampak yang paling sering terjadi pasca banjir terutama di daerah yang penduduknya tidak memiliki akses terhadap air minum dan sanitasi (Bhavnani et al., 2014). Banjir dan diare memiliki hubungan yang positif sesuai dengan hasil penelitian Liu et al., (2018) yang dilakukan di Tiongkok. Efek banjir terhadap peningkatan kejadian diare berlangsung selama 2 minggu setelah banjir dan dapat berubah sesuai dengan lokasi dan tingkat ekonomi masyarakat. Orang yang tinggal pada daerah dengan tingkat ekonomi rendah diidentifikasi memiliki risiko yang lebih tinggi dan harus lebih diperhatikan untuk menangani penyakit yang ditularkan melalui air selama musim banjir. Di samping itu, di kota-kota dengan

populasi kumuh yang cukup besar perlu memprioritaskan masalah seperti pengumpulan dan pengolahan sampah padat serta akses ke air minum dan sanitasi yang lebih baik. Masyarakat di lingkungan kumuh merupakan kelompok yang rentan terhadap dampak perubahan iklim (Rahmasary et al., 2019).

Ada dua (2) alasan kekeringan dapat menyebabkan diare (Moors et al., 2013), pertama karena penurunan curah hujan ditambah dengan kelangkaan air membatasi pengenceran, sehingga meningkatkan tingkat konsentrasi mikroorganisme patogen dalam air dan meningkatkan penyakit melalui air (*water borne diseases*), dan kedua karena ketersediaan air yang terganggu disebabkan oleh kekeringan berkontribusi terhadap kondisi higienis dan sanitasi lingkungan yang buruk menjadi faktor penting penyebab diare.

Curah hujan ekstrem dapat mempengaruhi pencemaran air dan berisiko terkena diare (Chou et al., 2010), karena:

1. Peningkatan curah hujan dapat meningkatkan risiko luapan saluran pembuangan yang dapat menyebabkan kontaminasi pasokan air atau jaringan distribusi air.
2. Limpasan kotoran manusia dan hewan di tanah dan di bawah permukaan akan meningkat, sehingga mengakibatkan konsentrasi patogen yang lebih tinggi di air permukaan
3. Peningkatan curah hujan menyebabkan turbulensi dan suspensi sedimen, sehingga mempengaruhi akumulasi patogen.

b. Determinan Diare dan Variabel Non-Iklim

Selain faktor iklim, diare juga didorong oleh faktor non-iklim antara lain tingkat kemiskinan, kepadatan penduduk, dan karakteristik desa/kota (Liu et al., 2018; Lal et al., 2019; Zhang et al., 2019). Daerah yang memiliki tingkat ekonomi yang rendah biasanya memiliki infrastruktur dan layanan kesehatan masyarakat yang buruk. Selain itu, faktor seperti pendidikan atau status sosial-ekonomi yang rendah dapat meningkatkan kerentanan terhadap efek kesehatan. Penduduk dengan kondisi sosial-ekonomi yang buruk memungkinkan tidak memiliki akses air minum aman setelah terjadi banjir, sehingga meningkatkan risiko penularan diare.

Daerah perkotaan, sebagian besar memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan berdampak buruk pada proses hidrologi, terutama dalam meningkatkan risiko banjir perkotaan. Banjir perkotaan meningkatkan risiko seperti pencemaran air minum dan wabah penyakit termasuk diare (Liu et al., 2018), akan tetapi, daerah tertinggal pun juga menjadi daerah yang berisiko diare tinggi dengan diiringi risiko banjir sangat tinggi dan merupakan daerah dengan kepadatan penduduk tertinggi dan ketersediaan infrastruktur sanitasi rendah. Kepadatan populasi manusia dan pembangunan sosial-ekonomi bertindak sebagai *proxy* yang masuk akal untuk beberapa perubahan antropogenik yang mempengaruhi kejadian penyakit menular. Populasi di lintang yang lebih rendah memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan perkembangan sosial-ekonomi yang lebih rendah sehingga menyebabkan risiko penyakit yang lebih tinggi karena jalur selain transmisi lingkungan, seperti infrastruktur kebersihan, air dan sanitasi (Lal et al., 2019).

Karakteristik wilayah menjadi pendukung dalam peningkatan risiko penularan diare. Berdasarkan hasil penelitian Zhang et al., (2019), banjir secara signifikan meningkatkan risiko diare. Risiko diare pascabanjir meningkat di seluruh kota yang dekat dengan sungai, dan anak-anak berusia 5–14 tahun memiliki risiko diare pascabanjir yang lebih tinggi. Daerah dataran tinggi berisiko kecil terkena banjir, sedangkan daerah dataran rendah terutama yang berada dekat sungai lebih berisiko terkena banjir. Mekanisme yang mendasari kejadian banjir meningkatkan risiko diare dapat disebabkan karena air banjir dapat memobilisasi patogen dari kotoran di tanah dan mengangkutnya ke air permukaan, dan curah hujan juga dapat menyebabkan bakteri patogen di tanah menyebar dan menurunkan kualitas air tanah (Levy et al., 2016). Banjir yang tergenang juga dapat merusak pasokan air dan sistem pembuangan limbah (WHO, 2013). Dengan demikian, banjir dapat menyebabkan penurunan kualitas air sehingga membuat manusia terpajan air yang terkontaminasi dengan agen infeksi yang menyebabkan diare. Hasil tersebut juga didukung studi lain yang melaporkan bahwa rumah tangga yang terletak di dekat air permukaan/sungai dan layanan air ledeng yang buruk cenderung menggunakan air langsung dari sumbernya (sungai) yang terkontaminasi bakteri (Jeandron et al., 2019).

Selain topografi, variabel non-iklim lain yang dapat meningkatkan kasus diare dalam kaitannya dengan banjir adalah variabel waktu dan tingkat ekonomi. Hubungan positif antara banjir dan diare di tingkat kota cenderung berkaitan dengan waktu dan efeknya berlangsung selama 2 minggu setelah banjir dan dapat dimodifikasi berdasarkan lokasi dan status ekonomi. Tingkat ekonomi rendah diidentifikasi sebagai faktor risiko yang harus dapat lebih diperhatikan untuk menangani penyakit yang ditularkan melalui air selama musim banjir. Orang-orang di perkampungan kumuh dan gubuk perkotaan dengan tingkat ekonomi rendah, dikenal sebagai daerah rawan harus lebih diperhatikan dalam menanggapi banjir, karena biasanya memiliki infrastruktur dan layanan kesehatan masyarakat yang buruk. Penduduk dengan kondisi sosial dan ekonomi yang buruk tidak memiliki akses ke air minum bersih setelah banjir, yang dapat meningkatkan risiko diare menular (Liu et al., 2018).

c. Peran Air, Sanitasi dan Higienis (WASH) dengan Kejadian Diare

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO, 2019) memperkirakan bahwa 60% kematian (54-65%) dari semua kematian karena diare di negara-negara ekonomi rendah dan sedang disebabkan karena air minum yang tidak memadai (35%), sanitasi (31%) dan higiene (12%) sehingga mengakibatkan 829 ribu kematian setiap tahunnya.

Sebaliknya, peran higiene di negara-negara maju hanya 9%. Peran WASH juga menyumbang 13% pada kematian balita, 3,3% pada kematian global dan 4,3% dari semua jumlah tahun yang hilang untuk hidup sehat karena penyakit dan gangguan kesehatan atau *disability-adjusted life years* (DALYs) (WHO, 2019). Selanjutnya, intervensi program WASH adalah intervensi yang sangat cost-effective karena investasi US\$1 dapat menghasilkan keuntungan sebesar US\$5-63 (WHO, 2019).

Saat ini, langkah-langkah WASH sangat penting untuk kesehatan masyarakat global, terutama di negara berpenghasilan rendah, yang memiliki risiko terbesar terkena infeksi enterik dan gejala, komplikasi, dan gejala sisa yang terkait. Perluasan langkah WASH terbukti dapat menyelamatkan banyak populasi yang berisiko terserang penyakit diare. Diperkirakan 95% kematian akibat diare pada anak di bawah usia 5 tahun dapat dicegah pada tahun 2025, dengan biaya US\$6,715 miliar, melalui peningkatan target intervensi yang terbukti, hemat biaya, dan menyelamatkan jiwa. Ini termasuk akses ke pembuangan kotoran yang aman dan mudah diakses, dukungan untuk praktik kebersihan dasar seperti mencuci tangan dengan sabun, dan penyediaan pasokan air aman (Brown et al., 2013).

Penyakit diare tetap menjadi penyebab utama morbiditas di daerah dengan akses terbatas terhadap air bersih dan sanitasi. Karena intervensi air dan sanitasi terus dilaksanakan, penting untuk memahami konteks ekologi di mana intervensi tersebut dapat mencegah diare. Sumber air dan sanitasi yang tidak layak meningkatkan kemungkinan timbulnya penyakit diare. Penggunaan sumber air yang aman dan fasilitas sanitasi yang layak berhubungan dengan curah hujan dan memerlukan intervensi terpadu untuk mengurangi beban penyakit diare (Bhavnani et al., 2014).

Penyakit diare adalah penyebab utama kematian pada anak-anak di bawah usia 5 tahun secara global. Kondisi air, sanitasi, dan kebersihan yang buruk merupakan jalur utama paparan dan infeksi. Paparan sanitasi dan kebersihan, termasuk akses sanitasi bersama, sebagai faktor risiko diare pada anak-anak di bawah usia 5 tahun.

Mempraktikkan buang air besar sembarangan dan berbagi fasilitas sanitasi dengan 1-2 atau 3 rumah tangga lain merupakan faktor risiko penyakit diare pada anak di bawah usia 5 tahun. Sementara itu, memiliki area cuci tangan khusus di rumah, dengan sabun dapat melindungi balita terhadap terhadap diare. Intervensi yang ditujukan untuk meningkatkan akses ke fasilitas sanitasi rumah tangga dapat mengurangi beban penyakit diare pada anak-anak (Baker et al., 2016). Faktor risiko lain seperti kekurangan air di rumah tangga dan praktik pembuangan limbah padat pun memiliki hubungan yang signifikan secara statistik dengan kejadian diare. Rumah tangga yang kekurangan air tidak dapat menjaga kebersihan pribadi mereka sesuai standar minimal kebutuhan air yang berkaitan dengan kesehatan. Hasil penelitian Ayalew et al., (2018) di Kabupaten Dangla, Etiopia menunjukkan hubungan akses air minum dengan prevalensi diare di desa dengan prevalensi buang air besar sembarangan (BABS) relatif tinggi dan desa dengan prevalensi BABS relatif rendah. Rata-rata penggunaan air untuk minum, memasak, dan kebersihan pribadi di setiap rumah tangga setidaknya 7,5–15 liter per orang per hari untuk minum, memasak, dan personal hygiene dapat mencegah anaknya dari diare yang dapat ditularkan melalui air minum (Ayalew et al., 2018). Demikian pula akses air lebih dari 15 liter/hari juga mengurangi kemungkinan terjadinya diare sebesar 93%.

Standar kebutuhan air minum yang berhubungan dengan kesehatan menurut Howard et al., (2020) dikategorikan menjadi empat (4) yaitu:

1) Akses tidak adekuat

Akses tidak adekuat adalah akses air per orang per hari <5,3 liter sehingga tidak bisa menjamin kecukupan kebutuhan air untuk minum dan memasak serta mengorbankan kebutuhan air untuk higiene makanan, cuci tangan, cuci muka dan higiene yang lain yang harus dilakukan jauh dari rumah. Bahkan kategori akses tidak adekuat ini “sangat tinggi” kaitannya dengan masalah kesehatan.

2) Akses dasar

Akses dasar adalah akses air per orang per hari sebanyak 20 liter yang hanya menjamin ketercukupan kebutuhan air untuk minum dan memasak; higiene (makanan, cuci tangan dan cuci muka) mungkin terjamin, namun mandi dan cuci pakaian tidak bisa dijamin bahkan mungkin bisa dilakukan di sumber air yang jauh dari rumah. Akses dasar dikategorikan “tinggi” berhubungan dengan masalah kesehatan.

3) Akses menengah

Akses menengah adalah akses air per orang per hari rata-rata 50 liter yang dapat menjamin kecukupan kebutuhan air untuk minum, memasak, higiene (makanan, cuci tangan dan cuci muka) pada kondisi tidak terjadi wabah penyakit; mandi dan cuci pakaian terjamin tetapi higiene saat terjadi wabah penyakit belum tentu terjamin.

4) Akses optimal

Akses optimal adalah akses air per orang per hari >100 liter yang dapat menjamin kecukupan kebutuhan air untuk minum pasti terpenuhi, kebutuhan memasak terpenuhi, kebutuhan higiene dapat terpenuhi (makanan, cuci tangan dan cuci muka), termasuk mandi dan cuci pakaian serta kebersihan rumah. Akses optimal ini dikategorikan “rendah” dalam hubungannya dengan masalah kesehatan.

Pembuangan kotoran/tinja balita yang tidak aman juga berkaitan dengan risiko diare di Indonesia. Cronin et al., (2016) membuktikan hubungan yang kuat antara praktik pembuangan tinja dengan risiko kejadian diare. Sebagian besar program sanitasi berfokus pada penyediaan fasilitas jamban dan promosi penggunaan jamban untuk mengurangi buang air besar sembarangan. Kebiasaan buang air besar sembarangan dan akses sanitasi bersama/komunal yang tidak bersih juga merupakan jalur utama pajanan mikroorganisme patogen dan infeksi serta merupakan faktor risiko diare pada anak-anak di bawah usia 5 tahun (Baker et al., 2016). Selain itu, perilaku pembuangan kotoran anak yang tidak aman juga telah dikaitkan dengan risiko diare. Praktik pembuangan tinja untuk anak usia kurang dari 3 tahun dimana pembuangan tidak aman didefinisikan sebagai kotoran yang dimasukkan/dibilas ke selokan, semak atau timbunan sampah atau dibiarkan begitu saja di tanah, sedangkan pembuangan yang aman adalah kotoran yang dimasukkan/dibilas ke jamban atau lubang khusus atau dikubur. Sebagian besar program sanitasi berfokus pada penyediaan fasilitas jamban dan promosi penggunaan jamban untuk mengurangi buang air besar sembarangan. Oleh karena itu pembuangan tinja anak balita yang benar oleh pengasuh juga perlu menjadi perhatian bagi pencegahan penyakit diare (Islam et al., 2018).

Intervensi tidak hanya ditujukan untuk meningkatkan akses ke fasilitas sanitasi rumah tangga namun juga kepada perilaku higienis, sebagai contoh selain memiliki area/sarana cuci tangan dengan sabun khusus di rumah (Baker et al., 2016) juga diperlukan upaya pendidikan kesehatan dalam meningkatkan perilaku cuci tangan (Abuzzer et al., 2020). Beberapa studi telah memaparkan pentingnya fasilitas cuci tangan beserta ketersediaan air dan sabun serta perilaku cuci tangan pakai sabun (CTPS) terhadap pencegahan diare. Tidak adanya sabun di fasilitas cuci tangan dikaitkan dengan kemungkinan yang lebih tinggi untuk mengalami episode diare pada anak di bawah usia lima tahun (Noguchi et al., 2021). Ini menunjukkan bahwa cuci tangan pakai sabun efektif untuk mencegah diare anak di rumah tangga. Perilaku cuci tangan perlu terus ditingkatkan terutama sebelum dan sesudah makan karena sangat berkaitan dengan kejadian diare akut pada balita (Abuzzer et al., 2020). Demikian juga halnya dengan mencuci tangan sebelum menyiapkan makanan adalah signifikan untuk mencegah diare pada anak (Luby et al., 2011).

Upaya lain dalam meningkatkan perilaku higienis masyarakat melalui pendidikan kesehatan dan sosialisasi kepada masyarakat untuk meningkatkan praktik buang air besar dan pembuangan sampah yang benar harus dilakukan oleh petugas kesehatan dan otoritas lokal (Ayalew et al., 2018). Selain cara yang telah dipaparkan, beberapa studi memaparkan upaya intervensi lain yang dapat dilakukan dalam menurunkan kejadian diare. Pengolahan air minum dapat mengurangi dampak buruk dari peristiwa hujan deras setelah periode kering. Kejadian hujan lebat tampaknya mempengaruhi kejadian diare melalui kontaminasi air minum, dan menimbulkan risiko kesehatan setelah periode curah hujan rendah. Intervensi yang dirancang untuk meningkatkan pengolahan air minum dapat mengurangi kerentanan iklim (Carlton et al., 2014). Titik utama pencemaran air minum adalah rumah tangga, jika praktek penanganan air tidak aman, biasanya dengan ditemukan bakteri patogen dalam air minum yang dialirkan lewat pipa. Terutama jika rumah tangga tidak pernah mengolah air sebelum dikonsumsi atau peralatan penyimpan air tidak sering dicuci dan dibersihkan. Oleh sebab itu pengolahan air minum rumah tangga sebelum dikonsumsi sangat penting, setidaknya untuk menghilangkan mikroorganisme patogen yang terbawa air dan masuk ke dalam air minum (Sebsibe et al., 2021).

Selama dua dekade pertama abad ke-20, kematian akibat diare di antara bayi dan anak-anak di Amerika melonjak setiap musim panas. Umumnya orang berpendapat bahwa masalah tersebut akhirnya dikendalikan melalui upaya kesehatan masyarakat di tingkat kota. Ditemukan bahwa adanya upaya penyaringan air dikaitkan dengan penurunan 15% kematian diare di antara anak-anak di bawah usia dua tahun selama bulan-bulan non-musim panas, tetapi tidak berpengaruh pada kematian akibat diare selama musim panas. Secara umum, teknologi dalam pendinginan bahan makanan dan minuman diasumsikan telah berkontribusi pada menurunnya kasus diare di musim panas (Anderson et al., 2020).

7.1.3 Kelompok Rentan Penyakit Diare

a. Penyakit Diare pada Kelompok Balita

Diare menjadi penyebab utama kedua kematian anak di bawah 5 tahun, setelah pneumonia. Dari 17 miliar kasus diare, diperkirakan 1,87 juta atau 2,9 episode/anak/tahun kasus dialami oleh anak di bawah usia 5 tahun. Beban penyakit tertinggi dialami oleh anak usia 6-11 bulan (4,5 episode/anak/tahun) (Brown et al., 2013). Penyakit diare pada anak di bawah 5 tahun memiliki hubungan yang kuat dengan meningkatnya suhu maksimum dan curah hujan dikarenakan sistem kekebalan mereka yang relatif lebih lemah dan kurangnya kontrol atas paparan kontaminan, patogen potensial, dan faktor risiko lainnya. Anak-anak di bawah usia 5 tahun telah dilaporkan lebih rentan terhadap infeksi bakteri patogen bawaan makanan seperti *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, Norovirus genogroup I (GI) dan II (GII) dan *Campylobacter* ketika suhu lingkungan tinggi sehingga menyebabkan peningkatan rawat inap karena diare (Bhandari et al., 2019).

b. Penyakit Diare pada Kelompok bukan Balita

Kelompok masyarakat yang rentan terhadap penyakit diare bukan hanya kelompok balita tetapi juga pada anak usia 5-14 tahun; Remaja, Orang muda dan dewasa usia 10-29 tahun; dan orang dewasa usia 40-64 tahun berdasarkan situasi-situasi khusus yang terjadi (Zhang et al., 2019; Wang et al., 2019; Chou et al., 2010). Pada semua umur, diare menempati urutan ke 7 dari 10 penyakit penyebab kematian pada tahun 2019, setelah sebelumnya pada tahun 2009 menempati urutan ke 5 (GBD 2019 *Diseases and Injuries Collaborators*, 2020). Anak usia 5-14 tahun memiliki risiko yang tinggi terserang penyakit diare setelah terjadi banjir, dengan peningkatan 29,5%. Anak-anak usia 5-14 tahun merupakan anak usia sekolah yang memungkinkan untuk terpisah dengan orang tua/pengasuhnya saat banjir dan memiliki jangkauan aktivitas yang lebih luas daripada mereka yang berusia di bawah 5 tahun, sehingga meningkatkan keterpaparan mereka terhadap banjir dan patogen diare (Zhang et al., 2019).

Suhu rendah menyebabkan lebih banyak efek samping terkait infeksi diare dibandingkan suhu tinggi. Suhu rendah dapat memperpanjang kelangsungan hidup virus di lingkungan, termasuk di tangan manusia, tinja, dan pada benda yang terkontaminasi, yang semua mendorong penularan fekal-oral. Persistensi virus juga dapat berdampak pada reservoir lingkungan. Wang et al., (2019) menjabarkan bahwa remaja, orang muda dan dewasa usia 10-29 tahun lebih rentan terkena infeksi diare selama periode suhu rendah. Orang muda usia 10-29 tahun memiliki pola waktu aktivitas sosial yang tinggi sehingga lebih mungkin untuk kontak dengan orang yang terinfeksi atau permukaan yang terkontaminasi, terutama pada musim dingin yang sejuk orang memiliki peluang tinggi terpapar patogen (Wang et al., 2019).

Hasil penelitian Chou et al., (2010) menyebutkan bahwa suhu maksimum berkontribusi 63% terhadap morbiditas dalam memprediksi dinamika penyakit diare untuk kelompok orang dewasa usia 40-64 tahun. Hal tersebut menyiratkan bahwa peningkatan suhu dapat berpengaruh pada kejadian diare, dikarenakan suhu yang lebih tinggi memainkan peran penting dalam epidemi penyakit diare melalui peningkatan paparan virus dan penularan diare.

Tabel 7.1.1 Matriks deskripsi diare

Nama Fokus Kajian dan Waktu kejadian	Faktor Pembentuk (cantumkan referensi)	Kelompok Rentan
<p>Penyakit Diare terjadi karena infeksi bakteri, virus dan patogen yang penyebarannya dipengaruhi iklim (Bhandari et al.,2019). Kasus Diare meningkat saat terjadi banjir karena kontaminasi air minum dan makanan (Liu et al., 2018).</p> <p>Di Musim kemarau kasus diare dapat meningkat karena berkurangnya ketersediaan air yang berkurang (Anderson et al., 2020)</p>	<p>Iklim:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Curah hujan, suhu maksimum (Bhandari et al., 2019) – Bencana Banjir (Liu et al.,2018) (Levy et al., 2016) – Kekeringan (Moors et al., 2013) – Kelembapan, tekanan udara, suhu rata-rata (Wang et al., 2019) – Curah hujan ekstrem (Chou et al., 2010) <p>Sosial-ekonomi:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tingkat kemiskinan (Liu et al., 2018) – Kepadatan penduduk (Lal et al., 2019) – Karakteristik desa/kota (Zhang et al., 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> – Anak usia dibawah 5 tahun (Bhandari et al., 2019; Liu et al., 2018) – Anak usia 5-14 tahun (Zhang et al., 2019) – Remaja, muda dan dewasa usia 10-29 tahun (Wang et al., 2019) – Dewasa usia 40-64 tahun (Chou et al., 2010)
<p>WASH</p> <p>Ada hubungan positif antara kenaikan suhu dengan diare anak di lokasi dengan akses ke air perpipaan (Delahoy et al., 2021)</p>	<p>Indikator air minum:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sumber air minum (Delahoy et al., 2021), jenis sam (Sebsibe et al., 2021) – Perilaku pengolahan air/penyimpanan (Sebsibe et al., 2021) – Penyaringan air (Anderson et al., 2020) – Kelangkaan air (Mukasa et al., 2020) – Kualitas fisik air (Sebsibe et al., 2021) – Kontaminasi air minum dr sungai (Jeandron et al., 2019) <p>Indikator Sanitasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fasilitas jamban (Carlton et al., 2014) (Baker et al., 2016) – Fasilitas pembuangan sampah, penanganan sampah, sistem pembuangan air limbah (Abuzzer et al., 2020), – Perilaku BAB (Baker et al., 2016) 	<ul style="list-style-type: none"> – Balita (Delahoy et al., 2021) (Abuzzer et al., 2020) (Baker et at., 2016)

Nama Fokus Kajian dan Waktu kejadian	Faktor Pembentuk (cantumkan referensi)	Kelompok Rentan
	Indikator Higiene: – Perilaku cuci tangan pakai sabun, fasilitas cuci tangan (Luby et al., 2011) (Abuzzer et al., 2020) (Noguchi et al., 2021)	

Mencermati hasil analisis faktor pembentuk penyakit diare di Indonesia dari aspek iklim dan kajian literturnya, maka dapat disimpulkan bahwa penyakit diare dapat dicegah dengan mitigasi dan adaptasi kondisi lingkungan yang berkaitan dengan faktor pembentuk tersebut. Oleh karena itu rekayasa lingkungan dan penyiapan masyarakat yang resilien terhadap dampak perubahan iklim harus menjadi prioritas nasional. Intervensi lingkungan dapat dilakukan melalui kemudahan akses dan kecukupan sarana penyediaan air minum aman, sanitasi aman dan kebersihan dasar (WASH) yang telah terbukti *cost-effective* tersebut yang dapat mengurangi beban penyakit diare. Intervensi tersebut juga harus memperhatikan disparitas antar wilayah geografi dan strata sosial ekonomi, sehingga sesuai dengan target SDGs pada tahun 2030.

7.2 Data dan Metode

7.2.1 Batasan Analisis

Mengacu pada Permen LHK No. 7 tahun 2018 mengenai batasan atau lingkup analisis dalam kajian perubahan iklim dapat dibedakan menjadi makro, meso, mikro dan tapak. Analisis tingkat meso dapat dilakukan dalam kajian ini untuk mendapatkan gambaran pengaruh perubahan iklim terhadap kejadian diare untuk kepentingan nasional. Unit data yang akan digunakan yaitu data dengan lingkup lintas provinsi atau memiliki 3 zona iklim.

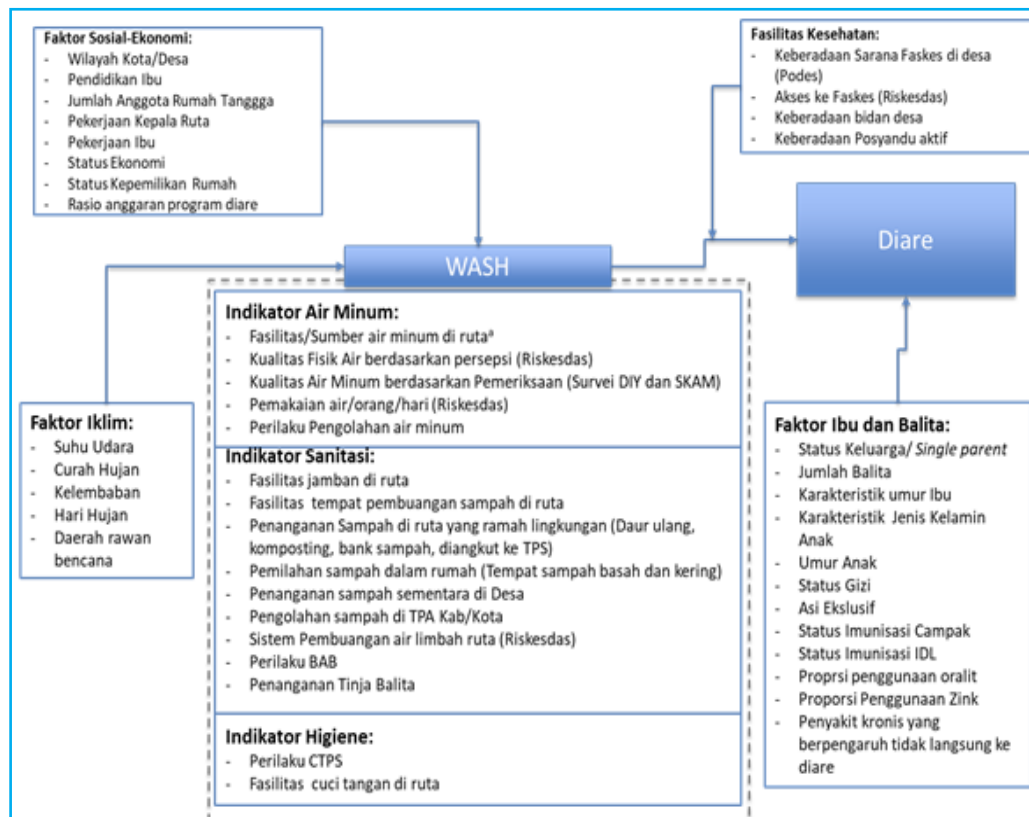
Pedoman identifikasi penyakit diare telah diatur dalam Permenkes No. 35 tahun 2012 mengenai risiko penyakit tular air dan makanan. Identifikasi risiko penyakit tular air akibat perubahan iklim dengan menggunakan data *trend* minimal 10 tahun untuk data iklim seperti curah hujan, suhu dan kelembapan serta data ketersediaan air dan juga data kasus/kematian akibat diare. Perubahan iklim akan mempengaruhi kualitas, kuantitas dan aksesibilitas air minum/air bersih dan sanitasi, sehingga dapat meningkatkan risiko penyakit diare. Penyebaran patogen penyebab diare juga dipengaruhi oleh suhu dan curah hujan.

7.2.2 Variabel Penyusun

Variabel penyusun kejadian diare tidak dapat dipisahkan dengan indikator penyusun WASH, yaitu terdiri dari indikator air, sanitasi dan higiene yang juga akan dipengaruhi oleh kondisi sosial-ekonomi (pendidikan kepala rumah tangga, pekerjaan kepala rumah tangga, status ekonomi), lingkungan fisik serta pengaruh kondisi iklim (suhu udara, curah hujan, kelembapan, hari hujan, dan daerah rawan bencana). Pada kasus diare balita, faktor ibu merupakan pendekatan untuk mengetahui penanganan terhadap kejadian diare di tingkat rumah tangga.

Indikator penentu WASH rumah tangga terbagi menjadi tiga (3), yaitu 1) indikator air minum terdiri dari: fasilitas/ sumber air minum di rumah tangga, kualitas fisik air berdasarkan persepsi (Risksedas), kualitas air minum berdasarkan pemeriksaan (survei DIY dan SKAM), pemakaian air/orang/hari (Risksedas), dan perilaku pengolahan air minum; 2) indikator sanitasi terdiri dari: fasilitas jamban di rumah tangga, fasilitas tempat pembuangan sampah di rumah tangga, penanganan sampah di rumah tangga yang ramah lingkungan (daur ulang, pengomposan, bank sampah, diangkut ke Tempat Penampungan Sampah (TPS), pemilahan sampah dalam rumah (tempat sampah basah dan kering), penanganan sampah sementara di desa, pengolahan sampah di Tempat Pembuangan Akhir kabupaten/kota, sistem pembuangan air limbah rumah tangga (Risksedas), perilaku BAB, dan penanganan tinja balita; 3) indikator higiene terdiri dari: perilaku CTPS dan ketersediaan sarana CTPS di rumah tangga.

Gambar 7.2.1 Kerangka konsep diare dan WASH



Kondisi WASH disertai dengan ketersediaan fasilitas pelayanan kesehatan berupa keberadaan fasilitas kesehatan di desa (podes), akses ke fasilitas pelayanan kesehatan (Risksedas), keberadaan bidan desa, dan keberadaan posyandu aktif, mempengaruhi pada persebaran infeksi diare khususnya kepada kelompok rentan seperti ibu dan balita. Selain itu, faktor-faktor internal ibu dan balita juga mempengaruhi tersebarnya diare seperti status keluarga/orang tua tunggal, jumlah balita, karakteristik umur ibu, karakteristik jenis kelamin anak, umur anak, status gizi, asi eksklusif, status imunisasi campak, status imunisasi IDL, proporsi penggunaan oralit, proporsi penggunaan zink, dan penyakit kronis yang berpengaruh tidak langsung ke diare.

7.2.3 Data Tersedia dan Lingkup Analisis

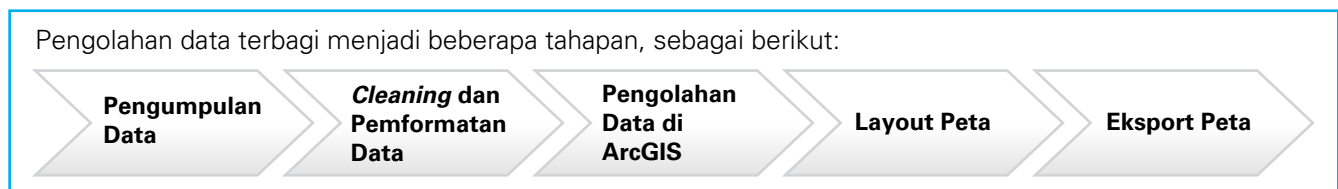
Tabel 7.2.1 Ketersediaan data diare

Fokus Kajian/ Kejadian Penyakit	Jenis atau Nama Data	Format Data tersedia	Unit Area	Periode Data Tersedia	Sumber Data
Diare	Data diare berdasarkan kelompok umur dan jenis kelamin	Tabular	Kab/Kota	2017 - 2020	Program
Sosio-ekonomi	Tingkat Pendidikan Kepala Keluarga	Tabular	Kab/Kota	2018 - 2020	Susenas
	Pekerjaan Kepala Rumah Tangga	Tabular	Kab/Kota	2018 - 2020	Susenas
	Status Ekonomi	Tabular	Kab/Kota	2018 - 2020	Susenas
Faktor Ibu dan Balita	Status Gizi	Tabular	Kab/Kota	2018	Riskesdas
Fasilitas Kesehatan	Keberadaan Sarana Faskes di Desa	Tabular	Kab/Kota	2018 - 2020	Podes
	Akses ke Faskes	Tabular	Kab/Kota	2018	Riskesdas
	Keberadaan Bidan Desa	Tabular	Kab/Kota	2018	Podes
	Keberadaan Posyandu Aktif	Tabular	Kab/Kota	2018 - 2020	Podes
Indikator Air Minum	Fasilitas Sumber Air Minum	Tabular	Kab/Kota	2017 - 2020	Susenas
	Kualitas Fisik Air Berdasarkan Persepsi	Tabular	Kab/Kota	2017 - 2020	Susenas
	Pemakaian air/orang /hari	Tabular	Kab/Kota	2018	Riskesdas
Indikator Sanitasi	Sarana Jamban di Ruta	Tabular	Kab/Kota	2017 - 2020	Susenas
	Fasilitas Tempat Pembuangan Sampah di Ruta	Tabular	Kab/Kota	2018	Riskesdas
	Penanganan Sampah di Ruta yang Ramah Lingkungan	Tabular	Kab/Kota	2018	Riskesdas
	Penanganan Sampah sementara di Desa	Tabular	Kab/Kota	2018, 2020	Podes
	Sistem Pembuangan air limbah Ruta	Tabular	Kab/Kota	2018	Riskesdas
	Perilaku BABs	Tabular	Kab/Kota	2018	Riskesdas
	Penanganan Tinja Balita	Tabular	Kab/Kota	2018	Riskesdas
Indikator Higiene	Perilaku cuci tangan pakai sabun	Tabular	Kab/Kota	2018	Riskesdas
	Sarana Cuci Tangan di Ruta	Tabular	Kab/Kota	2017 - 2020	Susenas

7.2.4 Metode Analisis Data

Data-data yang telah dikumpulkan (Tabel 7.2.1) kemudian dianalisis. Analisis data yang digunakan berupa analisis deskriptif, analisis komparatif dan analisis hubungan. Analisis deskriptif merupakan upaya untuk mendeskripsikan/menjelaskan data sesuai dengan karakteristik data yang ditampilkan. Hal tersebut berguna agar data yang divisualisasikan mudah untuk dipahami. Analisis komparatif merupakan analisis yang membandingkan satu atau lebih variabel untuk sampel yang berbeda. Analisis ini berguna untuk mencari jawaban sebab-akibat dengan menganalisis faktor-faktor pembentuk suatu kejadian. Buku profil ini akan melakukan analisis komparatif pada data antar kelompok umur, jenis kelamin, sebaran diare antar wilayah, sebaran faktor iklim, dan faktor-faktor lainnya yang menjadi faktor pembentuk kejadian diare. Analisis hubungan merupakan analisis yang berguna untuk menemukan hubungan atau keterkaitan antar variabel yang satu dengan variabel yang lain. Analisis yang dilakukan melalui metode tumpang susun atau spasial korelasi. Metode tumpang susun atau spasial korelasi dilakukan melalui pemetaan dua atau lebih variabel (*overlay*) untuk mencari hubungan antar variabel. Analisis akan dilakukan untuk menemukan hubungan antara variabel iklim dan non-iklim dengan kejadian penyakit diare.

Gambar 7.2.2 Tahapan pengolahan data Diare



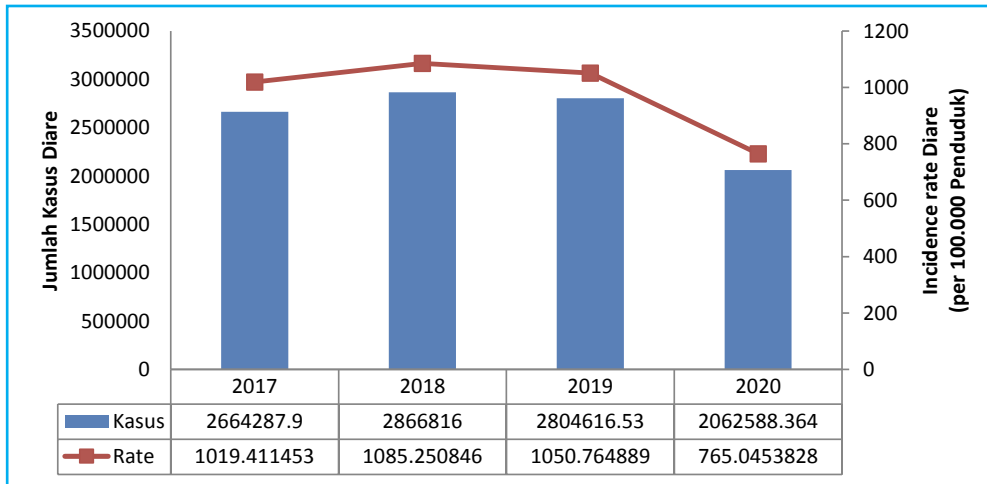
Data yang dikumpulkan adalah data kasus diare kabupaten/kota di Indonesia tahun 2017-2020 yang bersumber dari Program Diare Kementerian Kesehatan Indonesia, data iklim berupa curah hujan, suhu dan kelembapan kabupaten/kota di Indonesia tahun 2010-2020 yang bersumber dari BMKG, serta data pendukung berupa peta dasar (shp) kabupaten/kota di Indonesia yang bersumber dari BIG. Tahapan *cleaning* data diperlukan untuk memeriksa kembali data-data yang diberikan, dan mengecek kondisi ekstrem data sehingga tidak terjadi kesalahan dalam interpretasi data. Pengolahan data dilakukan dengan membuat data spasial rata-rata iklim 10 tahun dan rata-rata musiman, data kasus penyakit akumulasi tahunan dan akumulasi musiman. Sehingga menghasilkan output berupa peta IR diare 2017-2020, total kasus diare 2017-2020 dan total kasus musiman diare.

7.3 Hasil dan Diskusi

7.3.1 Visualisasi Data

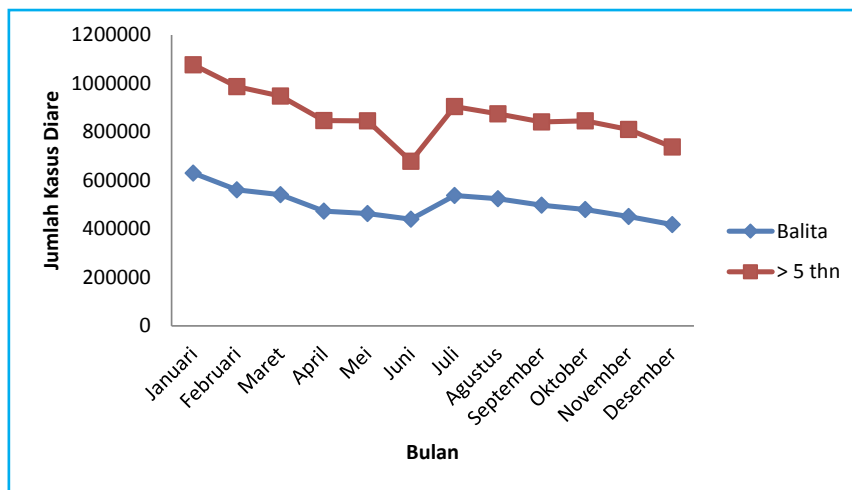
Visualisasi data diare berupa tabel dan grafik jumlah kasus dan *incidence rate* di Indonesia tahun 2017-2020. *Incidence rate* akan menggambarkan kondisi jumlah kasus per seribu penduduk. Menurut WHO diare merupakan penyakit yang menyebabkan kematian paling tinggi pada anak-anak. *Incidence rate* (angka insidensi) diare diatas 1000 menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki kasus yang tinggi. Di Indonesia tahun 2017 hingga 2019 dapat dikategorikan Indonesia termasuk ke dalam negara dengan *incidence rate* diare yang tinggi dan di tahun 2020 Indonesia mengalami pengurangan kasus diare dan incidence rate yang terjadi.

Gambar 7.3.1 Jumlah kasus dan *incidence rate* diare tahun 2017-2020

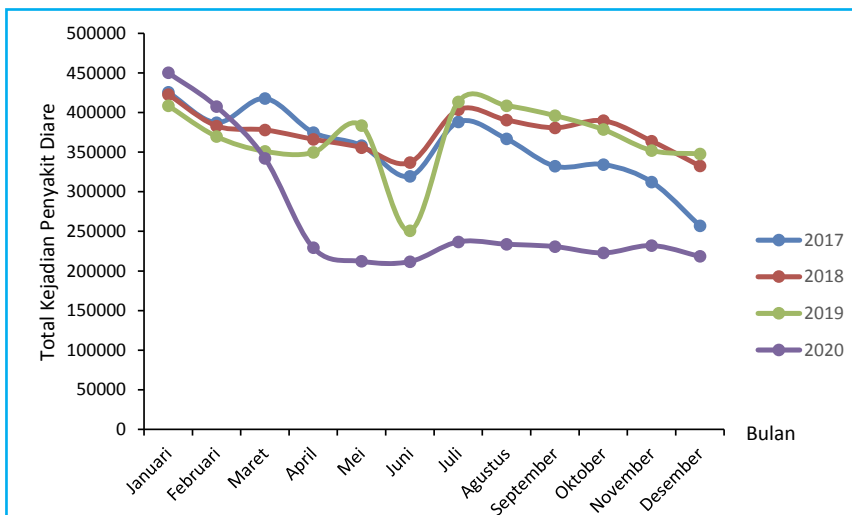


Variasi bulanan kasus diare juga divisualisasikan untuk melihat pengaruh variasi iklim bulanan dengan kejadian diare. Kasus diare terjadi paling tinggi pada bulan Januari atau di musim penghujan. Kasus diare di musim penghujan tinggi bisa disebabkan oleh kejadian banjir yang terjadi pada musim hujan, sehingga menyebabkan tingginya penyebaran bakteri yang juga menyerang pada kelompok rentan. Kasus diare akan semakin turun di bulan berikutnya dan terjadi kenaikan pada bulan Juli di musim kemarau. Pada musim kemarau di beberapa daerah akan mengalami kekeringan, yang dapat menyebabkan berkurangnya ketersediaan air minum dan juga sulitnya menerapkan perilaku CTPS ketika kondisi air tidak ada.

Gambar 7.3.2 Variasi bulanan kasus diare

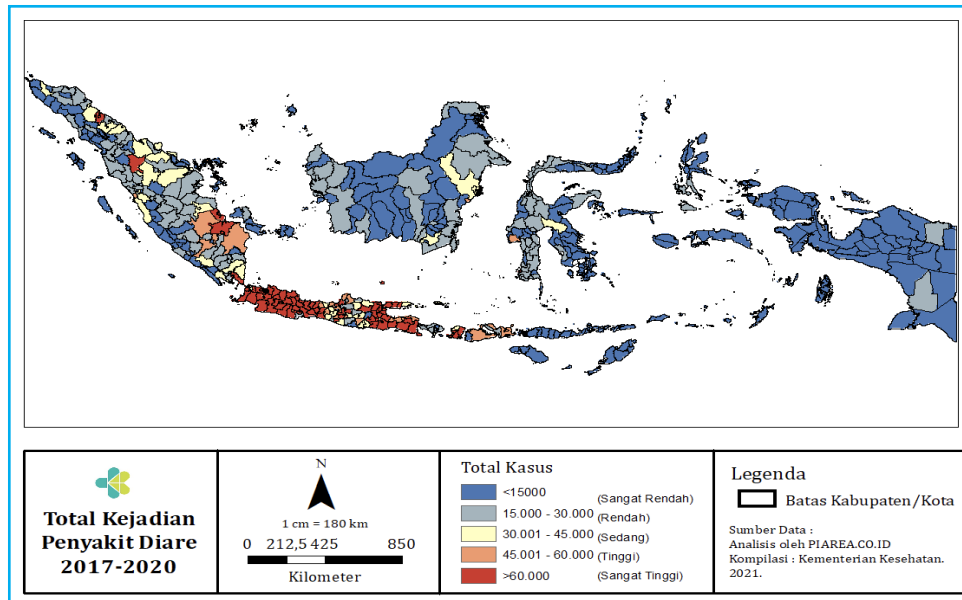


Gambar 7.3.3 Variasi bulanan total kejadian diare per tahun

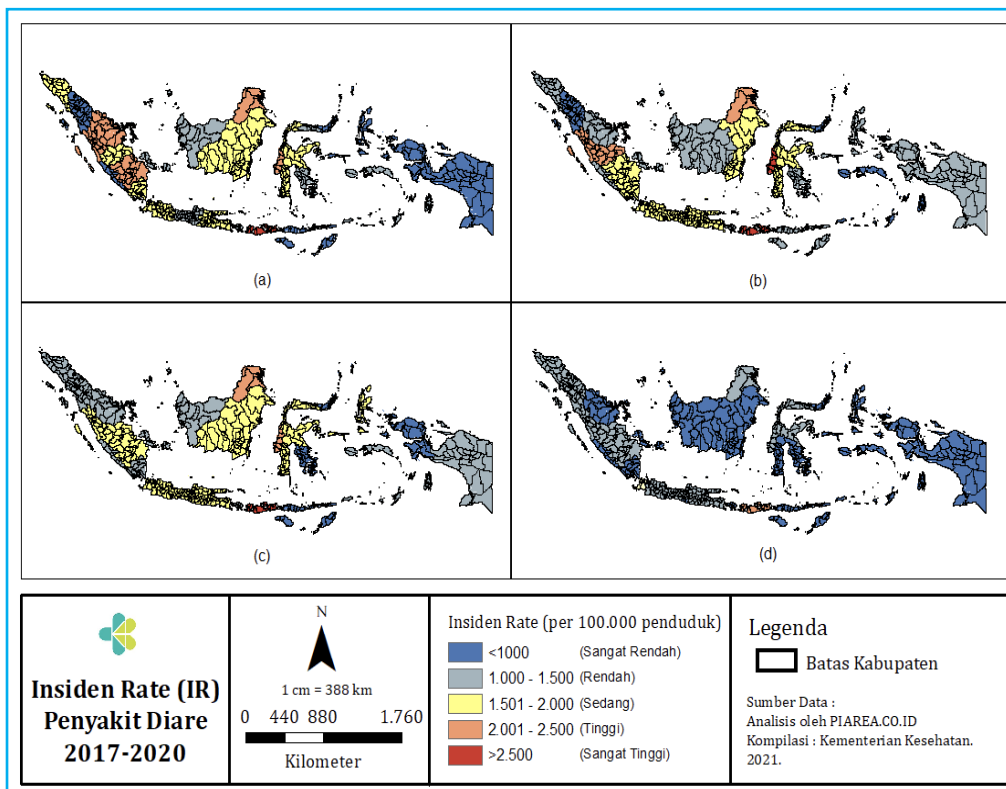


Sebaran kasus diare setiap kabupaten/kota yang ada di Indonesia menunjukkan bahwa kasus diare tertinggi berada di Pulau Jawa yaitu pada Provinsi Jawa Barat dan DKI Jakarta. Pulau Jawa merupakan pulau dengan penduduk paling tinggi di Indonesia, dan juga memiliki jumlah kepadatan penduduk yang tinggi. Kompleksnya aktivitas di daerah padat penduduk juga akan mempengaruhi kualitas lingkungan yang ada di wilayah tersebut. Selain dari faktor jumlah penduduk, kasus diare di luar Pulau Jawa bisa saja menunjukkan angka yang tinggi tetapi tidak didukung dengan data yang tersedia, sehingga gambaran yang terlihat kasus diare sangat rendah di beberapa wilayah.

Gambar 7.3.4 Peta sebaran jumlah kasus diare tahun 2017-2020



Gambar 7.3.5 (a) Peta *incidence rate* diare tahun 2017, (b) Peta *incidence rate* diare tahun 2018, (c) Peta *incidence rate* diare tahun 2019, (d) Peta *incidence rate* diare tahun 2020

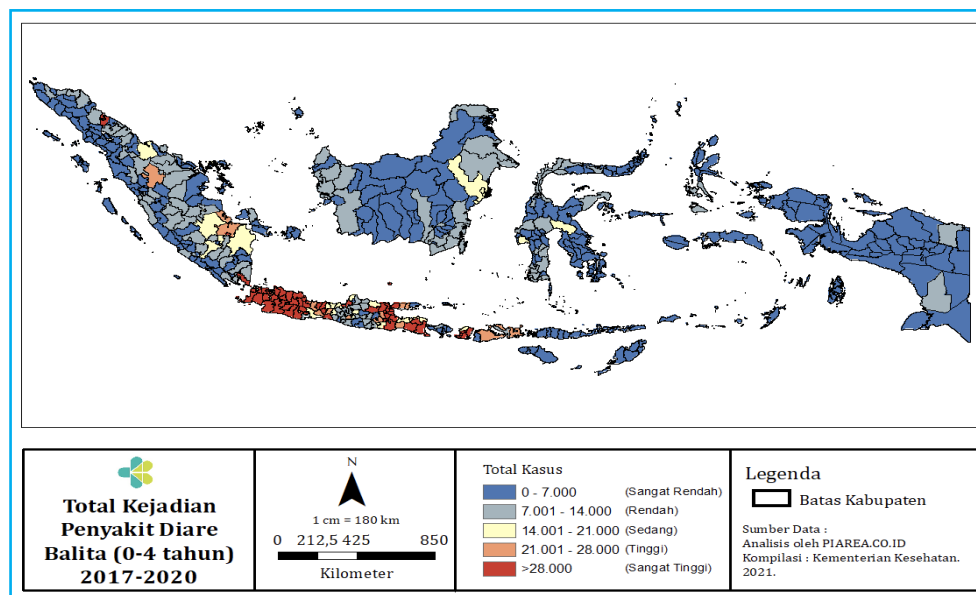


Insiden diare di tahun 2018 hampir mirip dengan tahun 2017, dimana insiden paling tinggi masih berada di Kepulauan Nusa Tenggara Barat dan ditambah Sulawesi bagian barat, namun ada kenaikan insiden diare di beberapa wilayah yang pada tahun sebelumnya rendah, misalnya seperti di Pulau Sumatera dan Papua. Curah hujan tahunan di wilayah yang tinggi insiden diare terlihat rendah, kecuali di Sulawesi Barat. Sementara suhu di wilayah Nusa Tenggara cenderung panas (26-28°C) dengan tingkat kelembapan sedang (Gambar 7.3.5).

Di tahun 2019, insiden diare masih tinggi di Nusa Tenggara Barat, namun sedikit menurun di Sulawesi bagian barat, dan bertahan di wilayah utara Kalimantan. Curah hujan tahunan di Nusa Tenggara Barat rendah, namun di utara Kalimantan dan barat Sulawesi masih tinggi. Rata-rata suhu cukup tinggi di daerah dengan insiden diare tinggi dan sangat tinggi. Sementara kelembapan udara sedang di Nusa Tenggara barat namun tinggi di Kalimantan.

Insiden diare di tahun 2020 cenderung rendah dan sangat rendah di seluruh wilayah Indonesia, kecuali di bagian barat Pulau Jawa sedang, sementara di Nusa Tenggara Barat masih cukup tinggi. Jika dibandingkan dengan kondisi curah hujan tahunan di tahun tersebut, maka di daerah yang masih tinggi dan cukup tinggi insiden diare maka curah hujannya tercatat rendah (<2.000 mm per tahun). Sedangkan untuk suhu tahunan, di wilayah barat Pulau Jawa dan Nusa Tenggara barat yang tinggi insiden diarenya, menampilkan suhu cukup tinggi, dan rata-rata kelembapan sedang, terutama di kedua wilayah tersebut.

Gambar 7.3.6 Peta sebaran jumlah kasus diare tahun 2017-2020 kategori usia 0-4 tahun

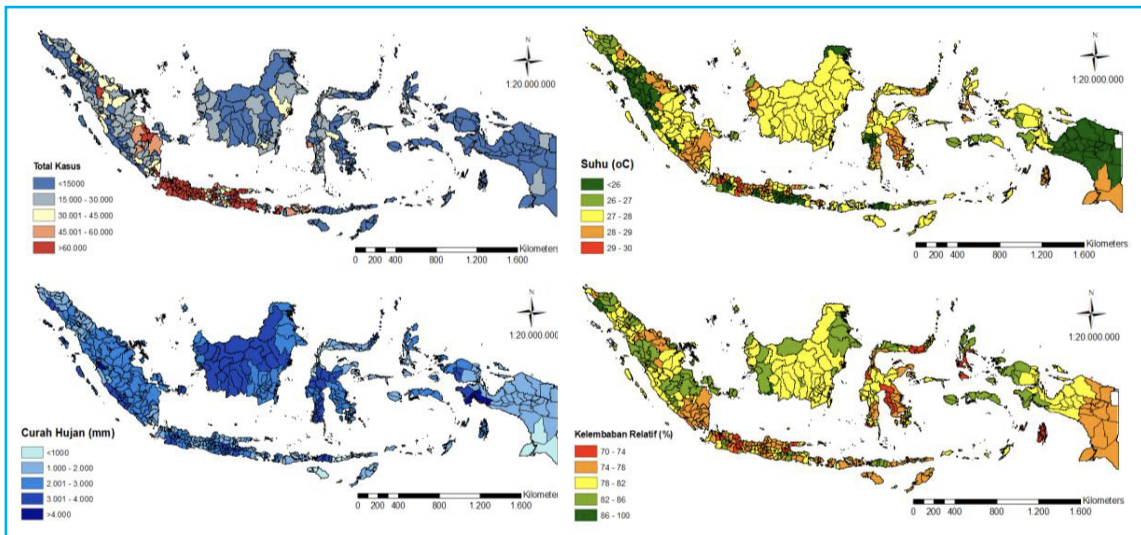


Secara umum kasus diare pada anak-anak terjadi di Pulau Jawa. Sebaran kejadian diare pada anak paling tinggi (>28.000 kasus) terjadi pada Provinsi Banten, Jawa Barat, DKI Jakarta, dan sebagian daerah Jawa Timur dan Nusa Tenggara Barat. Selain dipengaruhi karena kepadatan anak yang tinggi pada wilayah tersebut, tingginya kasus disebabkan karena curah hujan yang tinggi di wilayah bertipe iklim monsoonal mengakibatkan tingginya risiko banjir disertai dengan tingginya kejadian diare. Hal tersebut juga didorong oleh kurangnya/buruknya sanitasi dan higienitas penduduk di daerah tersebut.

7.3.2 Kontribusi Faktor Iklim

Berdasarkan gambar di bawah ini, kejadian diare banyak dilaporkan di daerah Pulau Jawa, Nusa Tenggara dan sebelah utara Pulau Sumatera, yaitu rata-rata di atas 60.000 kasus. Sementara di Pulau Kalimantan dan Sulawesi hanya sebagian kecil wilayah dengan jumlah kasus lebih besar dari 30.000 yaitu di sebelah timur laut Kalimantan dan sebagian kecil tengah Pulau Sulawesi. Umumnya di Pulau Kalimantan dan Sulawesi, jumlah kasus diare cukup rendah yaitu 0 hingga kurang dari 30.000 kasus selama 4 tahun terakhir. Pola yang sama juga terlihat di beberapa pulau besar lain di Indonesia, seperti Maluku dan Papua.

Gambar 7.3.7 Peta sebaran total kasus diare tahun 2017-2020 dan peta sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020



Jumlah curah hujan tahunan rata-rata yang turun di berbagai tempat di Indonesia berkisar antara 500 mm sampai lebih dari 5.000 mm. Banyak sedikitnya curah hujan dipengaruhi oleh letak dan ketinggian suatu tempat. Tempat-tempat yang terletak di pantai selatan atau barat memiliki curah hujan yang besar. Rata-rata curah hujan di Indonesia berkisar antara 2.000-3.000 mm per tahun. Jika di satu lokasi pengamatan memiliki curah hujan 20 mm, artinya lokasi tersebut digenangi oleh air hujan setinggi 20 mm (millimeter).

Di Indonesia, curah hujan paling rendah terjadi di wilayah Indonesia bagian timur seperti di bagian selatan Papua dan Nusa Tenggara Timur yaitu kurang dari 1.000 mm per tahun. Uniknya, curah hujan yang paling tinggi juga di Papua yaitu di sebelah barat laut sebesar lebih dari 4.000 mm per tahun. Curah hujan sedang antara 2.000 – 4.000 mm per tahun banyak terjadi di wilayah barat dan utara Pulau Kalimantan, Sulawesi, sebagian Pulau Jawa dan Sumatera.

Jika dibandingkan antara peta penyebaran kejadian diare dan curah hujan, terlihat bahwa di Pulau Jawa dengan kejadian diare yang tinggi memiliki curah hujan sedang. Sementara di Papua, kejadian diare rendah dengan curah hujan cenderung sedang dan tinggi. Di Pulau Kalimantan dan Sulawesi di wilayah dengan kejadian diare sedang (30.000-45.000), curah hujan terlihat sedang (3.000-4.000 mm per tahun).

Suhu udara tahunan di Indonesia cenderung rendah hingga sedang, yaitu antara 26-29°C. Suhu rata-rata per tahun yaitu 27-28°C. Di beberapa daerah di Pulau Jawa dengan kejadian diare yang tercatat tinggi, suhu udara juga tinggi yaitu sekitar 28-30°C. Hal yang hampir serupa juga dapat ditemui di Pulau Sumatera dimana daerah dengan suhu lebih dari 27°C ternyata tercatat memiliki kasus diare tinggi (>45.000 kasus).

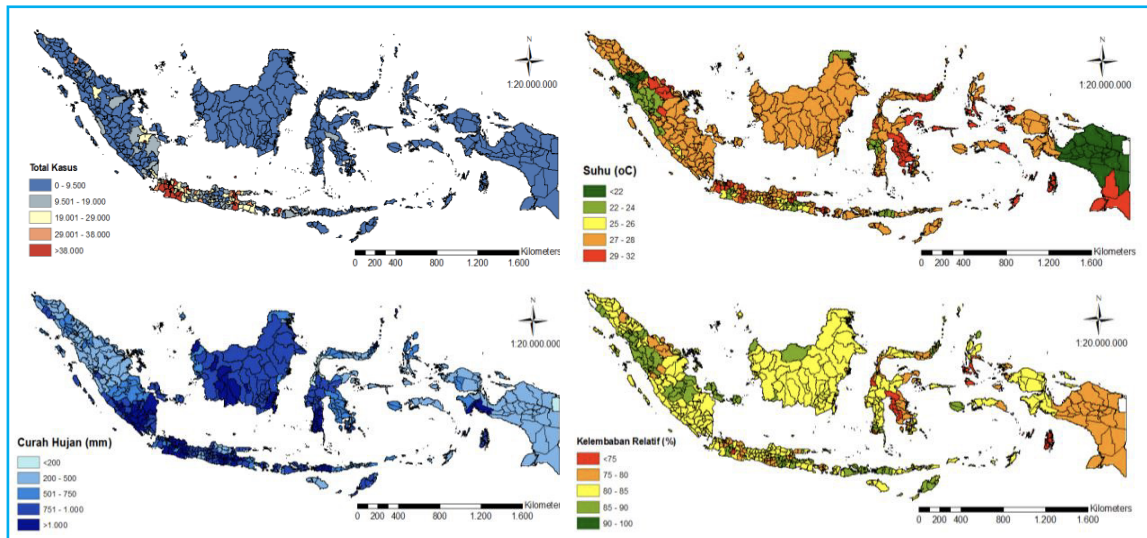
Sementara untuk kelembapan udara, tampak tidak ada hubungannya dengan kejadian diare di Indonesia. Kelembapan berkisar antara 70-90%, dimana baik di wilayah dengan kasus diare tinggi atau rendah, namun curah hujan hampir sama polanya.

Seperti telah diketahui, di setiap wilayah di bumi memiliki iklim dan musim yang berbeda-beda. Gerak semu matahari mengakibatkan perbedaan intensitas penyinaran matahari yang menjadi penyebab terjadinya perbedaan musim. Menurut Tjasyono (2013), Indonesia berada di garis khatulistiwa, di belahan bumi bagian tengah sehingga tidak terlalu mengalami kemiringan, dimana sebagai akibatnya sinar matahari cenderung stabil sepanjang tahun. Hal ini menyebabkan Indonesia sebagai salah satu negara beriklim tropis mengalami musim sebagai berikut. Musim hujan, terjadi pada bulan Desember, Januari, dan Februari. Musim pancaroba, terjadi pada Maret, April, dan Mei. Musim kemarau, terjadi pada bulan Juni, Juli, dan Agustus dan musim pancaroba ke dua, terjadi pada September, Oktober, dan November.

Gambar 7.3.8 menggambarkan situasi penyakit diare di periode musim hujan bulan Desember- Januari-Februari antara tahun 2017 hingga 2020. Kejadian diare banyak ditemukan di Pulau Jawa bagian barat dan timur. Jika dibandingkan dengan peta rata-rata curah hujan musiman di periode bulan ini, curah hujan musiman di wilayah sebelah barat dan timur Pulau Jawa terbilang sedang yaitu sekitar >500 mm.

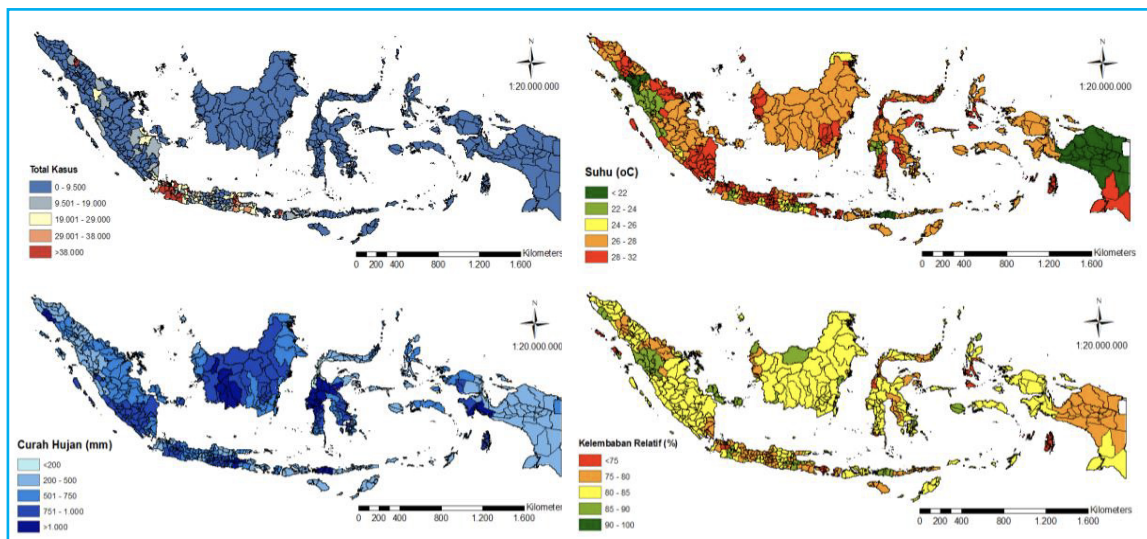
Sementara itu, jika dibandingkan dengan rata-rata suhu musiman di periode bulan yang sama, nampak adanya variasi suhu di wilayah dengan kejadian diare yang tinggi tersebut, baik di wilayah bagian barat maupun timur Pulau Jawa. Namun sebagian besar wilayah tersebut memang cenderung berada pada suhu sedang hingga panas yaitu di atas 26°C. Untuk kelembapan musiman, terlihat bahwa di wilayah dengan kejadian diare tinggi, kelembapan sekitar rendah hingga sedang yaitu antara 75-85% pada periode bulan Desember-Februari.

Gambar 7.3.8 Peta sebaran jumlah kasus diare musim penghujan (DJF) tahun 2017-2020



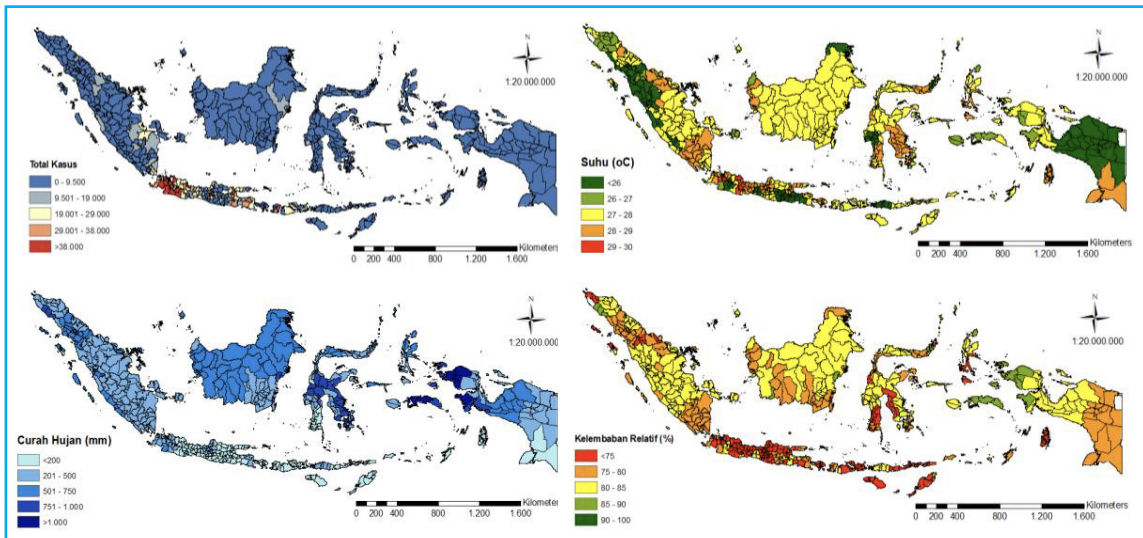
Pada musim pancaroba yang terjadi pada Maret, April, dan Mei, terlihat bahwa pola kejadian penyakit diare hampir sama dengan periode musim hujan, dimana titik-titik kasus diare tinggi di bagian barat dan timur Pulau Jawa, juga 1 hingga 2 titik di bagian utara Pulau Sumatera. Hanya saja ada sedikit perbedaan di barat Pulau Jawa yang wilayah terjadi diare meluas, sementara di bagian timur semakin berkurang wilayah dengan kasus diare tinggi.

Gambar 7.3.9 Peta sebaran jumlah kasus diare musim peralihan (MAM) tahun 2017-2020



Jika dibandingkan dengan curah hujan di periode waktu yang sama, curah hujan rata-rata musiman di wilayah kejadian diare tinggi pada kisaran sedang hingga tinggi yaitu di atas 500 mm, demikian juga di Pulau Sumatera. Sementara untuk suhu rata-rata musiman, di wilayah yang banyak kasus diare, suhu juga bervariasi antara 22-32° C. Pola kelembapan juga berkisar antara 75-90% atau kelembapan rendah hingga sedang.

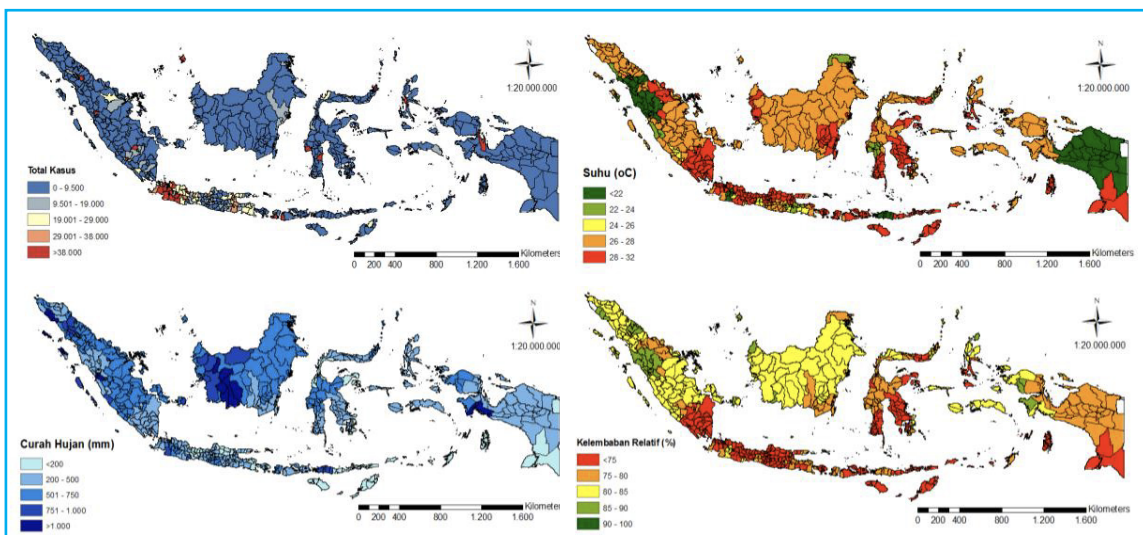
Gambar 7.3.10 Peta sebaran jumlah kasus diare musim kemarau (JJA) tahun 2017-2020



Peta pada Gambar 7.3.10 menunjukkan kondisi penyakit diare dan iklim di periode musim kemarau yaitu antara Bulan Juni hingga Agustus. Pola penyakit diare tetap tinggi di wilayah barat dan timur Pulau Jawa, bagian tenggara Pulau Sumatera, ditambah sebagian kecil di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Situasi curah hujan memang rendah terutama di timur Pulau Jawa dan Nusa Tenggara, dan sedang di bagian barat Pulau Jawa dan Sumatera. Sementara untuk suhu, cenderung panas di wilayah tinggi kasus diare baik di Pulau Sumatera dan Nusa Tenggara, kecuali di Pulau Jawa. Sebaliknya, tingkat kelembapan rendah (<75%) terutama di Pulau Jawa dan Nusa Tenggara, kecuali di Pulau Sumatera (80-85%).

Pola penyakit diare di musim pancaroba kedua yaitu bulan September-November nampak tersebar dari barat hingga timur di seluruh pulau di Indonesia seperti gambar di bawah ini. Kasus diare yang tinggi (>38.000 jiwa) masih bertahan di wilayah sebelah barat Pulau Jawa, namun di sebelah timur kasus menurun. Terdapat beberapa titik ditemukan kasus diare yang tinggi baik di Pulau Sumatera, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku hingga Papua, kecuali Pulau Kalimantan dimana kasus diare sangat rendah.

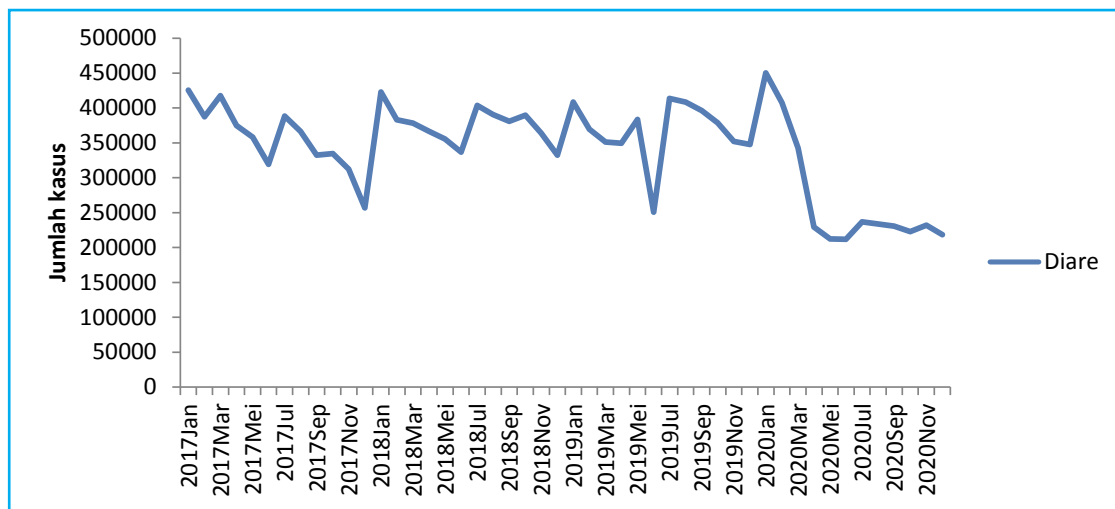
Gambar 7.3.11 Peta sebaran jumlah kasus diare musim peralihan (SON) tahun 2017-2020



Jika dibandingkan dengan kondisi curah hujan musiman di periode ini, rata-rata rendah hingga sedang di hampir semua pulau. Semenetera suhu rata-rata tinggi di daerah yang tinggi kasus diare, kecuali di Pulau Sumatera dan Sulawesi. Sebaliknya tingkat kelembapan rata-rata rendah di hampir semua wilayah, kecuali di Pulau Sumatera.

Untuk kasus baru diare per 100.000 penduduk di tahun 2017 dibandingkan dengan kondisi iklim, sebarannya dapat dilihat pada grafik di bawah ini. Insiden diare tertinggi pada tahun ini ditemukan di wilayah kepulauan Nusa Tenggara Barat yaitu di atas 2.500 per 100.000 penduduk. Sedangkan di utara Pulau Sumatera dan di Pulau Papua terbilang masih sangat rendah. Curah hujan di Nusa Tenggara barat dan sebagian Papua cenderung rendah, sementara di bagian utara Sumatera sedang. Sementara suhu di Nusa Tenggara Barat terbilang cukup panas (26-28oC) sedangkan di Sumatera suhu sedang (24-26°C). Tingkat kelembapan di Nusa Tenggara sedang (77-79%) sementara di utara Sumatera cenderung rendah (75-75%).

Gambar 7.3.12 *Trend* bulanan kasus diare tahun 2017-2020

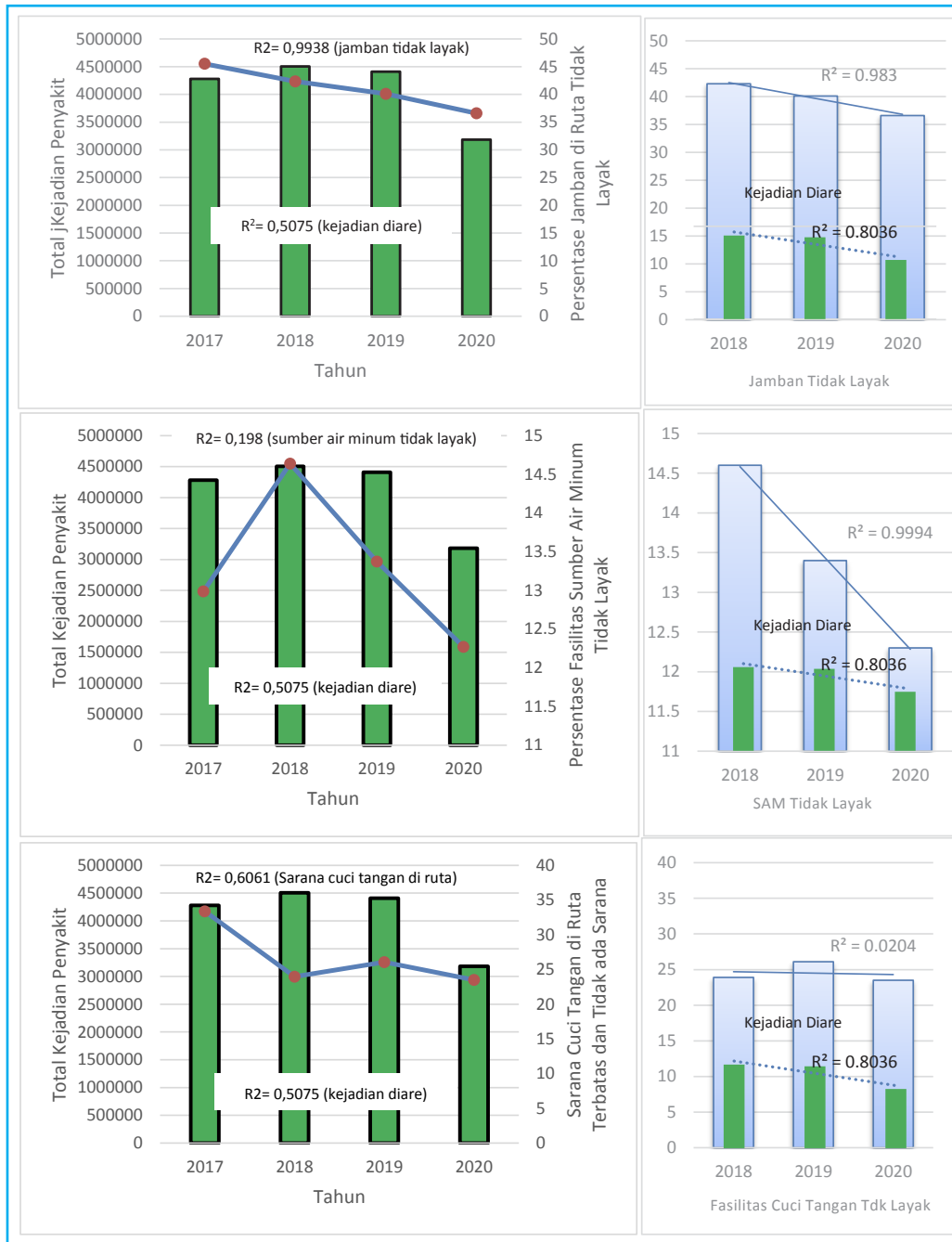


Kasus diare memiliki *trend* yang fluktuatif dari tahun ke tahun dan mengalami penurunan kasus pada tahun 2020. Dalam setahun kasus diare akan mengalami peningkatan kasus pada musim penghujan (Januari) dan musim kemarau (Juni). Pada musim penghujan terjadi peningkatan risiko diare yang disebabkan oleh bencana banjir (Liu et al., 2018). Patogen penyebab diare akan menyebar melalui air yang terjadi saat banjir. Pada musim kemarau peningkatan risiko diare disebabkan oleh ketersediaan air bersih (Moors et al., 2013). Ketersediaan indikator WASH yang terdiri dari indikator Air, Sanitasi dan Higiene akan sangat mempengaruhi kejadian diare.

7.3.3 Kontribusi Faktor Non-Iklim

Pada Gambar 7.3.13 terlihat hampir tidak terjadi penurunan kejadian diare yang bermakna selama empat tahun (2017-2020). Walaupun penurunan persentase jamban tidak layak sangat bermakna, namun dua variabel lain dari indikator WASH tidak mendukung untuk terjadinya penurunan tersebut. Variabel yang sangat tidak bermakna penurunannya adalah sumber air minum tidak layak. Variabel fasilitas cuci tangan yang tidak memenuhi syarat juga hampir tidak bermakna penurunannya selama empat tahun. Kondisi ini jika dilihat dalam kurun waktu empat tahun.

Gambar 7.3.13 Variasi tahunan total kejadian penyakit diare dengan WASH tahun 2017-2020



Hal yang berbeda jika dilihat dalam kurun waktu tiga tahun terakhir yaitu dari tahun 2018 sampai dengan tahun 2020. Penurunan diare sangat bermakna diikuti oleh penurunan masalah cakupan jamban tidak layak dan sumber air minum tidak layak. Diharapkan dengan meningkatkan cakupan fasilitas cuci tangan yang memenuhi syarat dapat lebih menurunkan kejadian diare.

7.3.4 Korelasi Diare dan Faktor Iklim

Analisis statistik yang digunakan adalah uji korelasi Pearson yang dinyatakan dengan koefisien korelasi (r). Uji korelasi dimaksudkan untuk menjawab adanya korelasi antara faktor iklim dengan diare, arah hubungan serta derajat hubungannya.

Berdasarkan hasil analisis bivariat korelasi penyakit diare terhadap curah hujan, suhu dan kelembapan, terdapat hubungan yang signifikan antara suhu (T) dengan kejadian diare di Indonesia tahun 2017 – 2020 ($p = 0,000$). Hubungan ini sangat lemah ($r = 0,157$) dengan arah hubungan positif. Artinya, semakin tinggi suhu maka semakin tinggi kasus kejadian diare di rumah tangga. Sedangkan hasil korelasi untuk faktor curah hujan dan kelembapan, ditemukan bahwa tidak ada hubungan antara kelembapan dan curah hujan terhadap penyakit diare ($p > 0,05$). Arah hubungan bernilai negatif antara kelembapan dan curah hujan, yang berarti jika kelembapan dan curah hujan menurun, maka kasus diare akan meningkat dan begitupun sebaliknya.

Tabel 7.3.1 Hasil Analisis Korelasi

Penyakit	Korelasi	CH	T	RH
Diare	Pearson correlation (r)	-0,082	0,157	-0,050
	Sig. (2-tailed)	0,064	0,000	0,263

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perubahan iklim dapat memperburuk masalah kesehatan, diantaranya adalah penyakit diare (Alexander et al., 2013; Azage et al., 2017). Tinjauan sistematis dan meta analisis yang dilakukan oleh Carlton antara suhu dan penyakit diare menemukan bahwa peningkatan suhu akibat perubahan iklim dapat meningkatkan kejadian diare (Carlton et al., 2016).

7.4 Kesimpulan

7.4.1 Hasil dan Dampaknya

Sebaran kasus diare tertinggi berada di Pulau Jawa yang berpenduduk paling padat dibandingkan dengan pulau lain di Indonesia. Kepadatan penduduk dapat mempengaruhi kualitas lingkungan yang dapat berkontribusi terhadap tingginya masalah diare yang erat hubungannya dengan lingkungan.

Selama periode 4 tahun terakhir (2017-2020) hampir tidak terjadi penurunan kejadian diare yang bermakna. Namun jika dilihat dari variabel setiap komponen WASH sebagai faktor non- iklim berkaitan dengan penyakit diare yaitu akses air minum dan sanitasi yang tidak layak dan sarana higiene yang tidak memenuhi kriteria layanan dasar. Upaya intervensi terhadap peningkatan layanan WASH tetap harus ditingkatkan dalam penurunan penyakit diare di Indonesia.

Ada hubungan positif antara faktor iklim suhu dengan kejadian diare, dimana semakin tinggi suhu udara maka akan semakin tinggi kasus diare.

7.4.2 Limitasi dan arahan lanjutan

Kajian ini menggambarkan hubungan antara faktor iklim dan non-iklim terhadap masalah diare di Indonesia. Namun tidak semua faktor yang teridentifikasi dapat dianalisis karena keterbatasan data yang diperoleh. Diharapkan kajian selanjutnya dapat lebih banyak memperoleh data untuk dapat menganalisis lebih luas dan mendalam faktor yang berkaitan dengan penyakit diare.

7.5 Referensi

Abuzzer S, Nasser S, Yunesian M, Hadi M, Zinszer K, Mahvi AH, et al. 2020. Water, sanitation, and hygiene risk factors of acute diarrhea among children under five years in the Gaza Strip. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*: 10.1.

Ahmed AS, Halabi Z, Antoun J. 2020. The effect of the waste disposal crisis on the rates of hospitalization due to acute diarrheal illness in a middle-income country: Retrospective chart review. *Int.J. of Inf Dis* 90 p.65-70
Alderman K, Turner LR, Tong S. 2012. Floods and human health: a systematic review. *Environ Int.* 2012 Oct 15;47:37-47. doi: 10.1016/j.envint.2012.06.003. Epub 2012 Jun 27.

Alexander, K.A., Carzolio, M., Goodin, D., Vance, E., 2013. Climate change is likely to worsen the public health threat of diarrheal disease in Botswana. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 10, 1202–1230. doi:10.3390/ijerph10041202.

Anderson DM, Rees DI, Wang T. 2020. The phenomenon of summer diarrhea and its waning, 1910-1930. *Exploration in Economic History*. 78.

Anwar MY, Warren JL, Pitzer VE. 2019. Diarrhea Patterns and Climate: A Spatiotemporal Bayesian Hierarchical Analysis of Diarrheal Disease in Afghanistan. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 101(3), 2019, pp. 525–533.

Ayalew AM, Mekonnen WT, Abaya SW, Mekonnen ZA. 2018. Assessment of Diarrhea and Its Associated Factors in Under-Five Children among Open Defecation and Open Defecation- Free Rural Settings of Dangla District, Northwest Ethiopia. *ournal of Environmental and Public Health* Volume 2018, Article ID 4271915, 8 pages. <https://doi.org/10.1155/2018/4271915>.

Azage, M., Kumie, A., Worku, A., Amvrossios, C., Bagtzoglou, dan Anagnostou, E. (2017). Effect of climatic variability on childhood diarrhea and its high risk periods in northwestern parts of Ethiopia. *PLoS ONE* 12 (10), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186933>.

Baker AA, Reilly CE, Levine MM, Kotloff KL, Nataro JP, Ayers TL, et al. 2016. Sanitation and Hygiene-Specific Risk Factors for Moderate-to-Severe Diarrhea in Young Children in the Global Enteric Multicenter Study, 2007–2011: Case-Control Study. *PLoS Med* 13(5): e1002010. doi:10.1371/journal.pmed.1002010.

Bhandari D, Bi P, Sherchand JB, Dhimal M, Easey SH. 2019. Assessing the effect of climate factors on childhood diarrhoea burden in Kathmandu, Nepal. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.09.002>.

Bhavnani D, Goldstick JE, Cevallos W, Trueba G, Eisenberg JNS. 2014. Impact of Rainfall on Diarrheal Disease Risk Associated with Unimproved Water and Sanitation. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 90(4), 2014, pp. 705–711. doi:10.4269/ajtmh.13-0371.

Brown J, Cairncross S, Ensink JHJ. 2013. Water, sanitation, hygiene and enteric infections in children. *Arch Dis Child*. 98:629–634. doi:10.1136/archdischild-2011-301528.

Carlton EJ, Eisenberg JES, Goldstick J, Cevallos W, Torstle J, Levy K. 2013. Heavy Rainfall Events and Diarrhea Incidence: The Role of Social and Environmental Factors. *Am J Epidemiol*. 2014;179(3):344–352.

Carlton EJ, Woster AP, DeWitt P, Goldstein RS, Levy K. 2016. A systematic review and meta-analysis of ambient temperature and diarrhoeal diseases. *International Journal of Epidemiology*, 2016, 117–130 doi: 10.1093/ije/dyv296.

- Chou WC, Wu JL, Wang YC, Huang H, Sung FC, Chuang CY. 2010. Modeling the impact of climate variability on diarrhea-associated disease in Taiwan (1996-2007). *Science of the Total Environment*. 409:43-51.
- Cronin, A, Sebayang SK, Torlesse, H, and Nandy, R. 2016. Association of Safe Disposal of Child Feces and Reported Diarrhea in Indonesia: Need for Stronger Focus on a Neglected Risk. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 13(3): 310; <https://doi.org/10.3390/ijerph13030310>.
- Delahoy MJ, Carcamo C, Huerta A, Lavado W, Escajadillo Y, et al. 2021. Meteorological factors and childhood diarrhea in Peru, 2005–2015: a time series analysis of historic associations, with implications for climate change. *Environmental Health* (2021) 20:22 <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00703-4>.
- GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. 2020. Global Burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for global burden of disease study 2019. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30925-9).
- Islam M, Ercumen A, Ashraf S, Rahman M, Shoab AK, Luby SP, et al. (2018) Unsafe disposal of feces of children <3 years among households with latrine access in rural Bangladesh: Association with household characteristics, fly presence and child diarrhea. *PLoS ONE* 13(4): e0195218. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195218>.
- Jeandron A, Cumming O, Kapepula L, Cousens S. 2019. Predicting quality and quantity of water used by urban households based on tap water service. *npj Clean Water* (2019) 2:23 ; <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0047-9>.
- Kementerian Kesehatan. 2010. Buku Pedoman Pengendalian Penyakit Diare. Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan.
- Lal A, Fearnley E, Wilford E. 2019. Local weather, flooding history and childhood diarrhea caused by the parasite *Cryptosporidium* spp: a systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment*. 674:300-306.
- Levy K, Woster AP, Goldstein RS, Carlton EJ. 2016. Untangling the Impacts of Climate Change on Waterborne Diseases: a Systematic Review of Relationships between Diarrheal Diseases and Temperature, Rainfall, Flooding, and Drought. *Environ. Sci. Technol.* 2016, 50, 10, 4905–4922. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06186>.
- Liu Z, Zhang F, Zhang Y, Li J, Liu X, Ding G, Zhang C, Liu Q, Jiang B. 2018. Association between floods and infectious diarrhea and their effect modifiers in Hunan Province, China: A two-stage model. *Science of the Total Environment*.
- Luby SP, Halder AK, Huda T, Unicomb L, Johnston RB. 2011. The Effect of Handwashing at Recommended Times with Water Alone and With Soap on Child Diarrhea in Rural Bangladesh: An Observational Study. *PLoS Med* 8(6): e1001052. doi:10.1371/journal.pmed.1001052.
- Moors E, Singh T, Siderus C, Balakrishnan S, Mishra A. 2013. Climate change and waterborne diarrhoea in Northern India: Impact and Adaptation Strategies. *Science of the Total Environment*.
- Mukasa J, Olaka L, Said MY. 2020. Drought and households' adaptive capacity to water scarcity in Kasali, Uganda. *Journal of Water and Climate Change* (11) S1.
- Nenny Sri Mulyani, Dwi Prasetyo, I. Putu Gede Karyana, Wayan Sukardi, Wahyu Damayanti, Dian Anggraini, Retno Palupi-Baroto, Hera Nirwati, Abdul Wahab, Asal Wahyuni Erlin Mulyadi, Tomoka Nakamura, Yati Soenarto. Diarrhea among hospitalized children under five: A call for inclusion of rotavirus vaccine to the national immunization program in Indonesia. journal homepage: www.elsevier.com/locate/vaccine .*Vaccine* 36 (2018) 7826–7831. Article history: Available online 1 June 2018.

- Nirwati H, Stefani L, Mulyani NS, Soenarto Y. 2019. Etiology of Hospitalized Diarrhea in Children Under Five in Yogyakarta. Presented in Annual Scientific Meeting Indonesian Society for Clinical Microbiology in Malang.
- Noguchi, Y, Nonaka, D, Kounnavong, S, Kobayashi, J. 2021. Effects of Hand-Washing Facilities with Water and Soap on Diarrhea Incidence among Children under Five Years in Lao People's Democratic Republic: A Cross-Sectional Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18, 687. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020687>.
- Oloruntoba EO, Folarin TB, Ayede AI. 2014. Hygiene and sanitation risk factors of diarrhoeal disease among under-five children in Ibadan, Nigeria. *African Health Sciences* Vol 14 Issue 4, December 2014.
- Prajnyaswari, D.A.I.S., Putri, W.C.W.S. 2018. Gambaran riwayat kejadian diare pada balita dan pelaksanaan PHBS dalam tatanan rumah tangga di Desa Gegelang Kecamatan Manggis tahun 2013. *Intisari Sains Medis* 9(1): 10-18. DOI: 10.1556/ism.v9i1.147.
- Prasetyo D, Ermaya Y, Martiza I, Yati S. 2015. Correlation between climate variations and rotavirus diarrhea in under-five children in Bandung. *Asian Pac J Trop Dis.* 5(11): 908-911. doi: 10.1016/S2222-1808(15)60955-0.
- Prüss-Ustün A, Wolf J, Bartram J, Clasen T, Cumming O, Freeman M.C, et al. 2019. Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: An updated analysis with a focus on low and middle-income countries. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 222 (2019) 765–777.
- Sebsibe I, Degaga B, Feye G, Tekle T. 2021. Bacteriological and physical quality of Fiche drinking water from households and reservoirs, Oromia, Ethiopia. *Water Practice dan Technology* Vol 16 No 3. doi: 10.2166/wpt.2021.043.
- Tjasyono HK., Bayong. 2013. Ilmu kebumihan dan antariksa. PT Remaja Rosda Karya. Bandung.
- Wagner, Edmund Glenn, Lanoix, Joseph Nicker dan World Health Organization. 1958. Excreta disposal for rural areas and small communities / Edmund G. Wagner, J. N. Lanoix. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41687>.
- Wang H, Di B, Zhang T, Lu Y, Chen C, Wang D, Li T, Zhang Z, Yang Z. 2019. Association of meteorological factors with infectious diarrhea incidence in Guangzhou, Southern China: a time-series study (2006-2017).
- WHO, 2012. Combating Waterborne Disease at the Household Level. Geneva: WHO Press.
- WHO Regional Office for Europe. 2013. In: Meme B, Murray V (Eds). *Floods in the WHO European Region: Health Effects and Their Prevention*. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. Denmark.
- WHO. 2017. Diarrhoeal disease. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>.
- WHO. 2019. Safer water better health. World health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/329905>.
- Yoda RM, Chairawurah D, Adongo PB. 2014. Domestic waste disposal practice and perceptions of private sector waste management in urban Accra. Yoda et al. *BMC Public Health* 2014, 14:697. <http://www.biomed-central.com/1471-2458/14/697>.
- Zhang N, Song D, Zhang J, Liao W, Miao K, Zhong S, Lin S, Hajat S. 2019. The impact of the 2016 flood event in Anhui Province, China on infectious diarrhea disease: An interrupted time-series study. *Environment International.* 127: 801-809.

BAB VIII

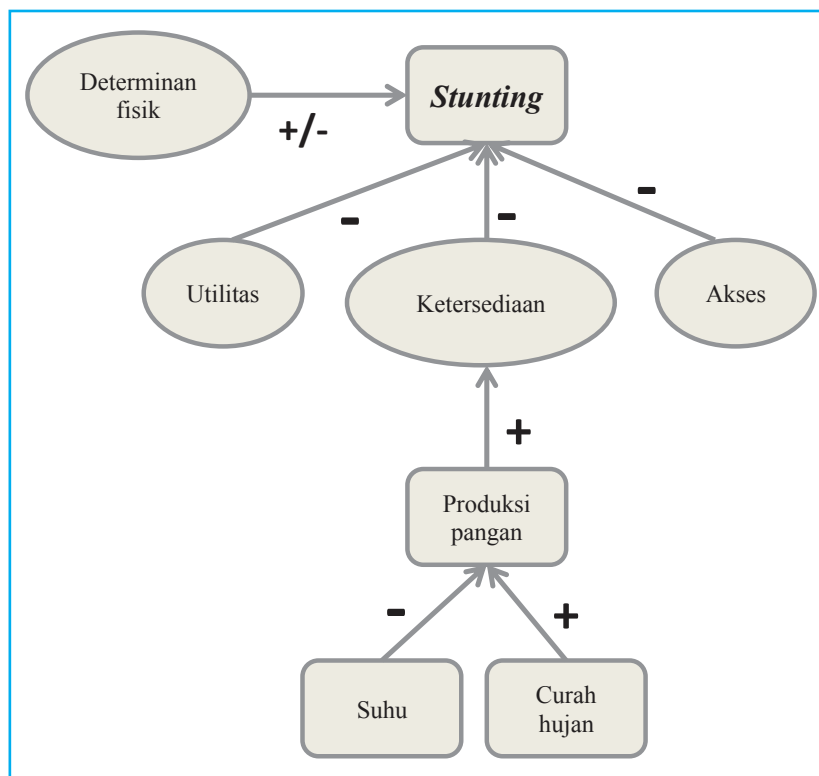
Gizi Balita

8.1 Pendahuluan

8.1.1 Proses Kejadian Gizi Balita

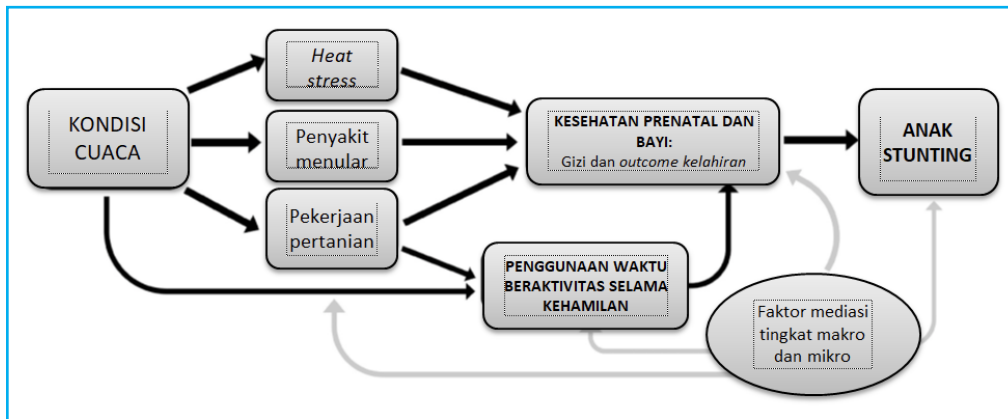
Masa anak-anak khususnya balita membutuhkan gizi cukup agar dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal sehingga tidak mengalami gangguan gizi, seperti *stunting*, *wasting* dan *underweight*. Pemenuhan gizi bersumber dari makanan yang dikonsumsi, sehingga ketahanan pangan menjadi salah satu faktor penentu status gizi suatu wilayah (Johnson dan Brown, 2014). Ketahanan pangan meliputi tiga aspek utama, yaitu ketersediaan, akses dan pemanfaatan (Gambar 8.1.1). Ketersediaan pangan dipengaruhi oleh produksi pertanian. Variasi ketersediaan pangan dapat dikaitkan dengan pola iklim, yaitu curah hujan dan suhu. Salah satu komponen penting dalam pemenuhan ketersediaan pangan nasional di negara berkembang adalah produksi pangan atau hasil panen. Peningkatan suhu rata-rata tahunan dan penurunan musim hujan menyebabkan penurunan produksi sumber makanan karena luas lahan bercocok tanam untuk produksi pertanian menurun. Penurunan produksi pertanian berimbas pada kekurangan pangan akibat terbatasnya akses, ketersediaan dan konsumsi pangan yang dapat meningkatkan risiko *stunting* pada anak balita (Grace et al., 2012). Peningkatan variabilitas dan perubahan iklim dapat mengancam ketahanan pangan yang berimbas pada status gizi anak dan kematian bayi/balita (Johnson dan Brown, 2014).

Gambar 8.1.1 Hubungan variabel iklim dengan status gizi (Johnson dan Brown, 2014)



Gambar 8.1.2 menggambarkan model konseptual keterkaitan faktor iklim (curah hujan dan suhu udara) dengan *stunting* balita pada populasi pertanian perdesaan yang diperoleh dari hasil studi di Ethiopia (Randell et al., 2019). Hasil studi ini menjelaskan mekanisme hubungan antara faktor cuaca dengan status gizi anak yang dijelaskan melalui jalur mata pencaharian pertanian, transmisi penyakit menular, *heat stress*, dan penggunaan waktu bekerja ibu selama kehamilan (Randell et al., 2019). Curah hujan dan suhu udara yang buruk dapat menurunkan produksi pangan dan ternak, kemudian menurunkan pendapatan dan ketahanan pangan rumah tangga dan selanjutnya akan berdampak pada status gizi anak. Kenaikan suhu juga berdampak pada *stunting* anak melalui jalur peningkatan risiko terpapar penyakit menular diare dan malaria pada ibu hamil yang akan meningkatkan risiko melahirkan bayi dengan berat lahir rendah. Wanita yang tinggal di perdesaan termasuk yang sedang hamil cenderung terlibat dalam aktivitas fisik berat di pekerjaan pertanian atau rumah tangga, jika hal ini dilakukan pada suhu udara yang tinggi dapat memengaruhi perkembangan janin yang tidak optimal.

Gambar 8.1.2 Pengaruh kondisi iklim terhadap kelompok rentan gizi (Randell, Gray dan Grace (2020))



8.1.2 Faktor Pembentuk Gizi Balita

a. Faktor Iklim

Variabilitas iklim seperti suhu, curah hujan, bencana akibat iklim (banjir/kekeringan) secara tidak langsung mempengaruhi status gizi balita. Peningkatan suhu udara rata-rata tahunan dan penurunan curah hujan pada musim tanam menyebabkan turunnya produksi makanan karena luas lahan untuk bercocok tanam dan produksi pertanian menurun. Penurunan produksi pertanian berimbas pada kekurangan pangan (Grace et al., 2012). Gangguan yang disebabkan oleh iklim seperti itu akan mengurangi kemampuan rumah tangga untuk mengakses makanan. Artinya, gangguan yang disebabkan oleh iklim terhadap sistem pangan lokal dan regional dapat meningkatkan harga pangan, mengurangi pendapatan rumah tangga, atau menghambat kemampuan rumah tangga untuk mendapatkan makanan yang tersedia di pasar lokal. Implikasinya adalah bahwa variabilitas iklim dapat mempengaruhi status gizi anak melalui perubahan ketersediaan produksi pangan di pasar pertanian dan ketersediaan pangan di rumah tangga (Thiede dan Gray, 2020).

Perubahan curah hujan dapat mempengaruhi ketersediaan air tanah yang selanjutnya akan mempengaruhi produksi tanaman (Ruminta dan Nurmala, 2016). Curah hujan dan kondisi suhu yang baik berkorelasi dengan peningkatan hasil produksi tanaman dan ternak. Hal ini akan meningkatkan pendapatan rumah tangga dan ketahanan pangan. Sebaliknya, perubahan iklim yang buruk berisiko menyebabkan gangguan gizi karena perubahan kondisi lingkungan dapat mempengaruhi proses pemanfaatan makanan secara biologis dan perilaku. Perubahan iklim dapat mengubah praktik pengasuhan anak dan pemberian makan. Suhu tinggi telah terbukti meningkatkan prevalensi penyakit yang menurunkan produktivitas dan kesehatan orang dewasa sehingga berimbas pada penurunan kemampuan orang dewasa untuk merawat anak dengan baik. Perubahan pola migrasi yang disebabkan oleh iklim juga dapat memengaruhi pengasuhan anak. Hal ini disebabkan karena bertambahnya anggota rumah tangga yang menjadi tenaga kerja dan mengubah peran di antara anggota rumah tangga, misalnya peningkatan migrasi keluar daerah oleh anggota rumah tangga laki-laki usia kerja dapat meningkatkan permintaan tenaga kerja pertanian di kalangan perempuan dan pemuda, sehingga mengurangi waktu yang tersedia untuk pengasuhan anak. Kendala dalam pengasuhan anak seperti itu dapat menyebabkan praktik pemberian makan dan pengasuhan yang kurang optimal, meningkatkan risiko defisit kalori dan mikronutrien, serta penyakit yang memicu malnutrisi (Thiede dan Gray, 2020).

Kondisi curah hujan atau suhu yang kurang optimal selama kehamilan dapat berdampak pada gizi ibu dan janin yang menyebabkan hambatan pertumbuhan pada janin selama dalam kandungan. Sebuah penelitian di Vietnam menemukan bahwa kenaikan berat badan ibu selama awal kehamilan merupakan prediktor penting dari berat lahir bayi, yang menunjukkan bahwa kekurangan gizi selama periode ini merupakan penghalang penting untuk pertumbuhan janin. Dengan demikian, trimester pertama kehamilan merupakan periode kritis yang mempengaruhi gizi ibu dan berat badan lahir bayi, dan akhirnya berakibat *stunting*. *Heat stress* selama kehamilan juga dapat merusak plasenta, menurunkan nutrisi janin dan menyebabkan berat badan lahir rendah. Lebih lanjut, paparan panas yang ekstrem pada trimester ketiga dapat memicu persalinan dini, jika wanita hamil mengalami dehidrasi, yang menurunkan aliran darah ke rahim, atau *heat stress* dapat mendorong pelepasan hormon

pemicu persalinan, yang berpotensi menyebabkan kelahiran prematur. Kondisi cuaca juga dapat mempengaruhi gizi anak melalui jalur penyakit menular ibu dan anak usia dini.

Suhu udara yang lebih tinggi, curah hujan yang tinggi, dan banjir dikaitkan dengan risiko penyakit diare yang lebih tinggi, yang dapat mempengaruhi gizi ibu hamil dan anak balita. Kekeringan juga dapat meningkatkan pengeluaran energi pada ibu hamil jika mereka harus menempuh jarak yang lebih jauh untuk mengambil air untuk minum dan memasak. Studi di perdesaan India dan Brasil telah menemukan bahwa ibu hamil yang memiliki pekerjaan menuntut fisik berhubungan negatif dengan berat badan lahir (Randell et al., 2020). Pengaruh kondisi cuaca buruk terhadap rahim dapat mempengaruhi kesehatan anak jangka pendek dan jangka panjang.

b. Faktor Non-Iklim

Pemenuhan gizi terutama bagi balita tidak hanya dipengaruhi oleh faktor iklim, tetapi juga oleh faktor non-iklim, antara lain keadaan ekonomi rumah tangga, imunisasi, dan pendidikan orang tua. Tingkat kemiskinan mempengaruhi pendapatan rumah tangga yang berimplikasi pada kurangnya kemampuan daya beli untuk makanan yang bergizi dan kesulitan akses terhadap bahan pangan. Anak-anak dari rumah tangga miskin/rawan pangan mengonsumsi lebih sedikit makanan protein hewani dan makanan ringan dibandingkan dengan anak-anak dari rumah tangga tahan pangan (Adi dan Andrias, 2016). Penelitian di Kecamatan Sampang menunjukkan sebagian besar balita dari keluarga dengan pendapatan kurang dari UMK terkena gizi buruk (Wahyudi et al., 2015). Selain itu kemiskinan berdampak pada sanitasi dan higiene yang dapat menyebabkan balita mengalami beberapa gangguan penyakit seperti diare, malaria yang menyebabkan balita lemas, tidak nafsu makan, kekurangan berat badan, dan sistem imunitasnya berkurang sehingga menyebabkan status gizinya memburuk (Renyonet dan Nai, 2019).

Imunisasi diberikan dengan tujuan memberikan zat kekebalan kepada balita agar tidak terkena penyakit. Balita yang sehat tidak akan kehilangan nafsu makannya sehingga status gizi balita tetap baik. Balita dengan status imunisasi tidak lengkap berisiko lebih tinggi terkena penyakit infeksi seperti ISPA dan diare yang selanjutnya mempengaruhi asupan gizinya (Afriyani et al., 2019). Penyakit infeksi yang dialami balita dapat menurunkan nafsu makan balita sehingga terjadi penurunan status gizi. Sebagian besar balita yang mengalami gizi buruk di Kecamatan Sampang terkena penyakit infeksi (Wahyudi et al., 2015).

Pendidikan ibu berbanding lurus dengan tingkat pengetahuan ibu terhadap gizi, sehingga semakin tinggi tingkat pendidikan ibu dapat memperkecil kemungkinan gizi buruk pada balita. Tingkat pendidikan yang rendah berdampak pada ketersediaan pangan dalam keluarga. Hal tersebut mempengaruhi pada kualitas dan kuantitas konsumsi pangan, yang secara langsung menyebabkan kekurangan gizi pada balita (Wahyudi et al., 2015).

Studi *meta-analysis* pada 4.627 anak di negara berpenghasilan bawah dan menengah (LMICs) menunjukkan bahwa intervensi terhadap akses air bersih, sanitasi, dan higiene (WASH) berpengaruh signifikan terhadap *Z-score* tinggi badan menurut umur anak (Rah et al., 2020). Studi *systematic review* dan *meta analysis* lain menyimpulkan bahwa intervensi WASH dapat memperbaiki indikator tinggi badan anak menurut umur (HAZ), untuk anak usia 18-60 bulan dan anak usia kurang dari 2 tahun (Bekele et al., 2020).

8.1.3 Kelompok Rentan Gizi Balita

Kematian dan permasalahan pertumbuhan dan perkembangan sering terjadi pada anak-anak yang tinggal di lingkungan dengan kemiskinan, berstatus gizi buruk, dan prevalensi penyakit menular yang tinggi. Anak-anak balita merupakan kelompok rentan untuk kekurangan gizi dan hal ini dapat mengakibatkan terhambatnya perkembangan kognitif, terganggunya kondisi kesehatan, dan selanjutnya mempengaruhi sosial-ekonomi pada kehidupan ketika dewasa. Berdasarkan kelompok umur, prevalensi *stunting* balita paling tinggi terjadi pada kelompok umur 12-35 bulan (Kementerian Kesehatan, 2007, 2010, 2018). Balita berumur 1-3 tahun pada rumah tangga miskin di wilayah prioritas rawan pangan berisiko lebih tinggi mengalami *stunting* (Adi dan Andrias, 2016), sedangkan balita berumur 4-5 tahun di wilayah rawan pangan berisiko lebih tinggi mengalami *underweight* (Adi dan Andrias, 2016). Berdasarkan perbedaan gender, *stunting* lebih banyak terjadi pada anak laki-laki dibandingkan anak perempuan (Kementerian Kesehatan, 2007, 2010, 2018), akan tetapi hasil penelitian Adi dan

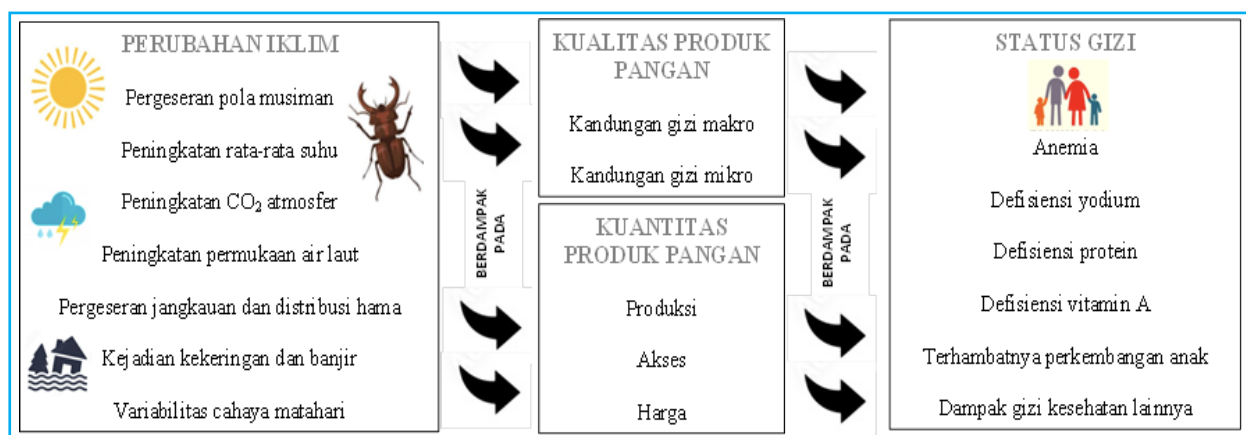
Andrias (2016), bahwa balita di wilayah rawan pangan berjenis kelamin laki-laki lebih berisiko mengalami masalah gizi dibandingkan balita perempuan. Orang dewasa mungkin juga menderita kurang gizi tersebut tetapi sudah bukan berada pada periode perkembangan sehingga dampak yang ditimbulkan pada anak-anak menjadi lebih mahal secara ekonomi (Johnson dan Brown, 2014).

Selain balita, ibu hamil merupakan kelompok yang juga rentan terhadap terjadinya masalah gizi. Pada masa kehamilan ibu hamil memerlukan gizi yang cukup untuk pertumbuhan janin dan proses metabolisme tubuh. Masalah gizi yang timbul pada ibu hamil seperti Kurang Energi Kronik (KEK), anemia, dan Gangguan Akibat Kekurangan Yodium (GAKY). Masalah gizi tersebut berdampak pada pertumbuhan fisik dan perkembangan mental serta penurunan kecerdasan anak (Ernawati, 2017) sehingga ibu hamil menjadi salah satu sasaran program Pemberian Makanan Tambahan (PMT) untuk mencegah risiko Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR) (Kementerian Kesehatan, 2020).

8.1.4 Kerawanan Pangan di Indonesia

Hubungan antara faktor iklim terhadap ketersediaan pangan, kuantitas pangan, dan produksi pertanian telah banyak dipelajari, termasuk pengaruhnya terhadap kandungan gizi dalam komoditi pangan. Perubahan iklim memengaruhi variabilitas musim, dalam hal ini curah hujan, suhu, serta frekuensi dan besarnya kejadian cuaca ekstrem yang akan berdampak pada kesehatan manusia (Gambar 8.1.3) (Gulia et al., 2020). Faktor iklim ini memengaruhi kegiatan pertanian, termasuk di dalamnya perikanan dan peternakan, berhubungan secara signifikan dengan ketahanan pangan, dan selanjutnya berdampak pada konsumsi makanan (Gulia et al., 2020).

Gambar 8.1.3 Kerangka konsep perubahan iklim (FAO dan NZFSSRC : Giulia et al., 2020)

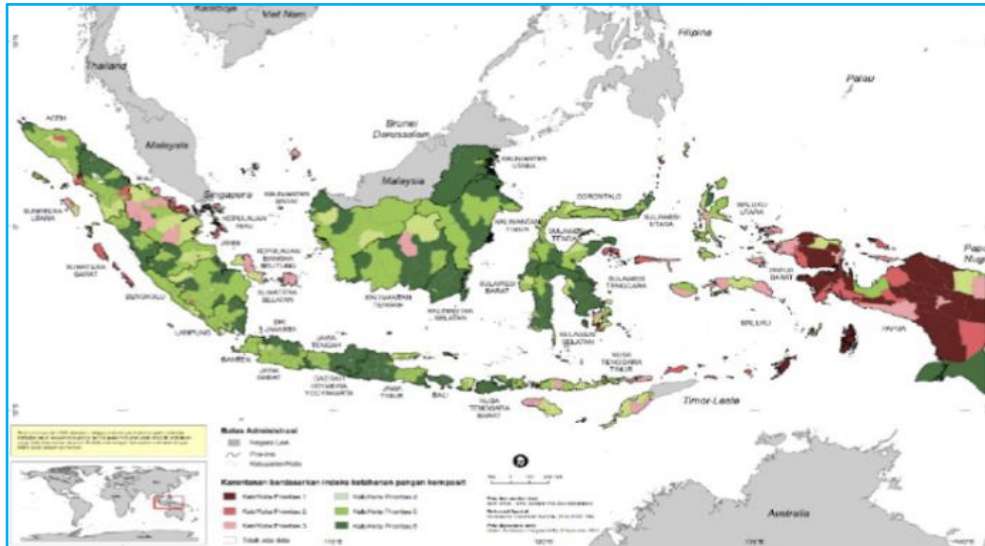


Gambar 8.1.3 menunjukkan bahwa perubahan iklim mempengaruhi pergerakan pangan dari produksi ke pasar/konsumen dan akses terhadap makanan beragam dan berkualitas baik yang selanjutnya akan berdampak pada status gizi. Selain itu, ada hubungan antara kenaikan suhu dengan peningkatan *heat stress* selama masa kehamilan yang berdampak pada bayi dengan berat lahir rendah (Grace et al., 2015), sedangkan kekeringan dan banjir berpotensi untuk meningkatkan kerawanan pangan, menghambat perkembangan anak, dan meningkatkan keterpaparan terhadap penyakit (Danysh et al., 2014).

Saat ini studi yang mempelajari tentang kaitan faktor iklim dengan kandungan gizi pangan semakin berkembang. *Studi systematic map* menunjukkan hasil bahwa variabilitas suhu udara dan curah hujan memengaruhi kadar karbohidrat, protein, lemak, besi, zink, dan vitamin A pada komoditi ikan, susu, dan sayuran; iklim ekstrem berdampak pada kandungan gizi pangan terutama gandum, jagung, dan beras; serta gelombang panas dan meningkatnya suhu secara global menjadi penyebab utama perubahan sistem pangan dan konsumsi makanan (Gulia et al., 2020).

Kerawanan pangan yang dihitung oleh Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian menggunakan indikator utama (1) tingginya prevalensi balita *stunting*, (2) rendahnya rata-rata lama sekolah perempuan >15 tahun, (3) tingginya rasio konsumsi per kapita terhadap produksi bersih per kapita, (4) tingginya rumah tangga tanpa akses air bersih, dan (5) tingginya jumlah rumah tangga dengan pangsa pengeluaran untuk pangan >65% terhadap total pengeluaran (Kementerian Pertanian, 2018). Provinsi dengan tingkat kerentanan pangan tinggi (Prioritas 1) secara umum terdapat di daerah Papua (61% dari total kabupaten), Papua Barat (50% dari total kabupaten), dan Maluku (22% dari total kabupaten) (Gambar 8.1.4).

Gambar 8.1.4 Peta ketahanan dan kerentanan pangan di Indonesia (Kementan, 2018)



Berdasarkan hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018, persentase kekurangan gizi seperti *stunting*, *underweight*, dan *wasting* telah mengalami penurunan dari tahun 2007 hingga 2018. Namun, saat ini gizi balita masih perlu menjadi fokus utama karena pandemi COVID-19 pada tahun 2020 telah meningkatkan kerawanan pangan dan memperburuk status gizi anak-anak (UNICEF Indonesia, 2020). Pandemi COVID-19 telah berdampak melalui berbagai dinamika diantaranya: terganggunya rantai pangan global; hilangnya pekerjaan secara besar-besaran; dan bencana kelaparan akibat ketidakmerataan harga pangan (Clapp dan Moseley, 2020). Ketiga dinamika ini saling berkaitan menyebabkan krisis pangan dan ketenagakerjaan hingga akhirnya menimbulkan masalah kemiskinan dan gizi (Simanjuntak dan Erwinsyah, 2020). Oleh karena itu penting untuk memperhatikan karakteristik iklim lokal dan melakukan deteksi kekurangan gizi ditingkat rumah tangga. Sedangkan *studi systematic review* dan *meta analysis* di negara berkembang lainnya mengemukakan bahwa intervensi lebih memberikan pengaruh terhadap indikator tinggi badan anak menurut umur (HAZ) pada anak usia kurang dari 2 tahun dan anak yang menerima kombinasi intervensi WASH berkembang lebih baik dibandingkan dengan anak yang menerima intervensi tunggal (Gizaw dan Worku, 2019).

Tabel 8.1.1 Faktor pembentuk variabel gizi

Nama Fokus Kajian dan Waktu kejadian	Faktor Pembentuk	Kelompok Rentan
<p>1. Curah hujan yang semakin tinggi di Kota Medan menurunkan produksi pertanian sebesar 5.9 ton. Sedangkan, hari hujan yang lebih banyak dapat menurunkan produksi pertanian sebesar 16.21 ton. Tanaman padi dan ubi termasuk tanaman yang tergolong sangat sesuai dengan faktor curah hujan (Tampubolon dan Sihombing, 2017).</p> <p>2. Penurunan produksi beras tahunan Indonesia diidentifikasi terkait dengan kejadian fenomena ENSO yang berdampak pada kejadian iklim ekstrem pemicu kejadian banjir dan kekeringan di Indonesia (Perdinan et al., 2019).</p> <p>3. Fenomena perubahan iklim meliputi peningkatan rata-rata suhu udara, serta perubahan pola dan variabilitas intensitas hujan menunjukkan adanya potensi dampak negatif perubahan iklim berupa penurunan produktivitas padi dan peningkatan serangan hama (Perdinan et al., 2019).</p> <p>4. Kerawanan pangan transien (ketidakmampuan memenuhi pangan dalam jangka pendek) berhubungan dengan faktor dinamis yang berubah cepat. Kerawanan pangan transien yang berulang dapat menyebabkan kerawanan aset aset rumah tangga, menurunnya ketahanan pangan, dan akhirnya dapat menyebabkan kerawanan pangan kronis (Kementerian Pertanian, 2020).</p> <p>5. Penurunan produksi padi di Jawa Barat tahun 1993, 1997, dan 2003 berkaitan dengan fenomena El Nino (Ruminta dan Nurmala, 2016).</p>	<p>1. Karakteristik wilayah rentan pangan ditandai dengan tingginya rasio konsumsi per kapita terhadap produksi bersih per kapita, tingginya penduduk miskin, tingginya rasio penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk; tingginya prevalensi balita <i>stunting</i>, dan tingginya rumah tangga tanpa akses ke air bersih, dan rendahnya angka harapan hidup (Kementerian Pertanian, 2020).</p> <p>2. Ketahanan pangan yang mengintegrasikan gizi dan keamanan pangan dibangun berdasarkan 3 pilar (Kementerian Pertanian, 2020):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ketersediaan pangan - Akses pangan bergizi - Pemanfaatan pangan oleh rumah tangga/ individu untuk mempertahankan gizinya <p>3. Indikator kerentanan terhadap kerawanan pangan dan gizi kronis (Kementerian Pertanian, 2020):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ketersediaan Pangan: <ul style="list-style-type: none"> - Rasio konsumsi terhadap produksi sereal • Akses Pangan: <ul style="list-style-type: none"> - Persentase penduduk miskin - Persentase rumah tangga dengan pengeluaran untuk pangan > 65% dari total pengeluaran - Persentase rumah tangga tanpa akses listrik • Pemanfaatan Pangan <ul style="list-style-type: none"> - Rata-rata lama bersekolah untuk perempuan > 15 tahun - Persentase rumah tangga tanpa akses ke air bersih - Rasio jumlah penduduk per tenaga kesehatan terhadap tingkat kepadatan penduduk - Persentase balita <i>stunting</i> - Angka harapan hidup bayi saat lahir <p>4. Indikator kerentanan terhadap kerawanan pangan transien (Kementerian Pertanian, 2020):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bencana alam terkait iklim yang berdampak terhadap ketahanan pangan (banjir/ kekeringan) - Variabilitas curah hujan 	<p>1. Penanganan balita <i>stunting</i> melalui intervensi program gizi untuk mendukung kesehatan anak 1000 hari pertama (Kementerian Pertanian, 2020).</p> <p>2. Ibu hamil, menjadi salah satu sasaran program Pemberian Makanan Tambahan (PMT) untuk mencegah risiko Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR) (Kementerian Kesehatan, 2018).</p> <p>3. Prevalensi <i>stunting</i> balita paling tinggi terjadi saat balita berumur 12-35 bulan (Kementerian Kesehatan, 2007, 2010, 2018).</p> <p>4. <i>Stunting</i> lebih banyak terjadi pada anak laki-laki dibandingkan anak perempuan (Kementerian Kesehatan, 2007, 2010, 2018).</p> <p>5. Prevalensi <i>stunting</i> lebih tinggi di daerah perdesaan daripada daerah perkotaan (Kementerian Kesehatan, 2007, 2010, 2018).</p> <p>6. Wanita hamil adalah salah satu kelompok yang rentan gizi (Ernawati, 2017).</p> <p>7. Balita di wilayah rawan pangan berjenis kelamin laki-laki lebih berisiko mengalami masalah gizi dibandingkan balita perempuan (Adi dan Andrias, 2016).</p> <p>8. Balita berumur 1-3 tahun pada rumah tangga miskin di wilayah prioritas rawan pangan berisiko lebih tinggi mengalami <i>stunting</i> (Adi dan Andrias, 2016).</p> <p>9. Balita berumur 4-5 tahun di wilayah rawan pangan berisiko lebih tinggi mengalami <i>underweight</i> (Adi dan Andrias, 2016)</p>

Nama Fokus Kajian dan Waktu kejadian	Faktor Pembentuk	Kelompok Rentan
<p>6. Hasil temuan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian menunjukkan karakteristik wilayah miskin yang identik dengan wilayah rawan pangan adalah: i) permasalahan sumber daya alam; ii) keterbatasan teknologi dan tingginya serangan hama; iii) rendahnya kualitas SDM; dan iv) keterbatasan sarana dan prasarana (Purwantini, 2016).</p>	<p>- Kehilangan produksi tanaman pangan, baik akibat bencana alam maupun OPT</p> <p>5. Pendapatan rumah tangga. Penelitian di Kecamatan Sampang menunjukkan sebagian besar balita dari keluarga dengan pendapatan < UMK terkena gizi buruk (Wahyudi et al., 2015).</p> <p>6. Penyakit infeksi yang dialami balita dapat menurunkan nafsu makan balita, sehingga terjadi penurunan status gizi. Sebagian besar balita yang mengalami gizi buruk di Kecamatan Sampang terkena penyakit infeksi (Wahyudi et al., 2015).</p> <p>7. Pendidikan Ibu berbanding lurus dengan tingkat pengetahuan Ibu terhadap gizi, sehingga semakin tinggi tingkat pendidikan Ibu dapat memperkecil kemungkinan gizi buruk pada balita (Wahyudi et al., 2015).</p> <p>8. Perubahan curah hujan dapat mempengaruhi ketersediaan air tanah yang selanjutnya mempengaruhi produksi tanaman (Ruminta dan Nurmala, 2016).</p> <p>9. Balita yang tinggal di wilayah prioritas rawan pangan 2 kali lebih berisiko mengalami masalah gizi (Adi dan Andrias, 2016).</p> <p>10. Tingkat kemiskinan (Adi dan Andrias, 2016).</p> <p>11. Balita dengan status imunisasi tidak lengkap berisiko lebih tinggi terkena penyakit infeksi seperti ISPA dan diare yang selanjutnya mempengaruhi asupan gizinya (Afriyani et al., 2016).</p> <p>12. Sanitasi dan higiene (Renyonet dan Nai, 2019).</p>	<p>10. Balita dengan riwayat penyakit infeksi berisiko lebih besar mengalami <i>wasting</i> (Afriyani et al., 2016)</p>

8.2 Data dan Metode

8.2.1 Batasan Analisis

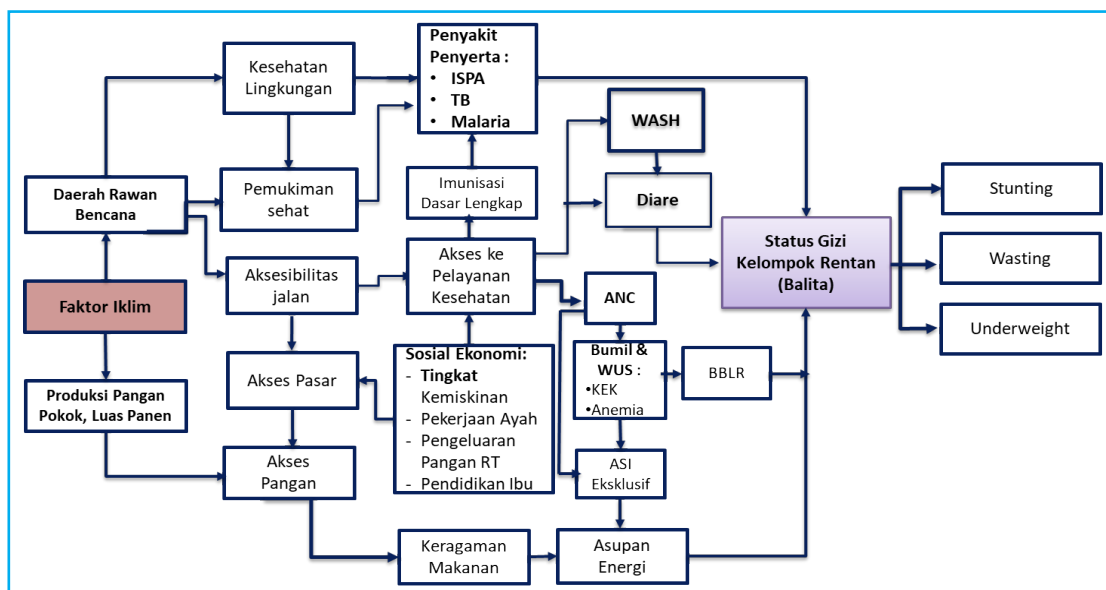
Mengacu pada Permen LHK No. 7 tahun 2018 mengenai batasan atau lingkup analisis dalam kajian perubahan iklim dapat dibedakan menjadi makro, meso, mikro dan tapak. Analisis tingkat meso dapat dilakukan dalam kajian ini untuk mendapatkan gambaran pengaruh perubahan iklim terhadap kejadian gizi untuk kepentingan nasional mengingat ketersediaan data gizi berada pada level provinsi. Unit data yang akan digunakan yaitu data dengan lingkup lintas provinsi atau memiliki 3 zona iklim.

Identifikasi risiko penyakit tular makanan dan gizi telah diatur dalam Permen No. 35 tahun 2012. Risiko permasalahan gizi pada balita akan meningkat saat terjadi perubahan iklim. Suhu udara, curah hujan dan kelembapan akan mempengaruhi ketersediaan pangan di masyarakat dan akan berakibat pada konsumsi rumah tangga yang dapat meningkatkan risiko masalah gizi. Faktor iklim juga akan mempengaruhi risiko pencemaran bahan makanan yang akan berpengaruh pada gizi balita.

8.2.2 Variabel Penyusun

Variabel penyusun kejadian penyakit yang akan dianalisis dan membahas konektivitas antar variabel pembentuk. Hubungan antar variabel ini baik hubungan secara langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi hasil analisis. Pemetaan hubungan antar variabel ini dapat dilihat pada kerangka konsep Gambar 8.2.1.

Gambar 8.2.1 Kerangka konsep gizi



Faktor iklim berdampak pada daerah rawan bencana dan produksi pangan pokok serta luas panen. Perubahan iklim dapat meningkatkan intensitas bencana terutama daerah rawan bencana sehingga mempengaruhi pada kesehatan lingkungan, permukiman sehat, serta aksesibilitas jalan. Jika kesehatan lingkungan dan permukiman sehat terganggu akan berimplikasi pada penyebaran penyakit terutama ISPA, TB dan malaria sehingga berdampak pada status gizi khususnya kelompok rentan (balita). Aksesibilitas jalan yang terkena dampak bencana akan menghambat pada akses ke pasar dan ke pelayanan kesehatan. Selain dipengaruhi oleh iklim, maka akses pasar dan pelayanan kesehatan juga dapat terhambat karena faktor sosial-ekonomi seperti tingkat kemiskinan, pekerjaan ayah, pengeluaran pangan rumah tangga, dan pendidikan ibu. Akses pasar yang terhambat akan berdampak pada terhambatnya akses pangan sehingga asupan energi dan gizi yang baik tidak terpenuhi dan dapat menyebabkan kekurangan gizi. Akses terhadap pangan tidak terpenuhi juga diakibatkan karena produksi pangan pokok dan luar panen menurun akibat gagal panen.

Akses ke pelayanan kesehatan yang terhambat akan berdampak pada tidak terpenuhinya imunisasi dasar lengkap sebagai salah satu upaya untuk mencegah terinfeksi penyakit, tidak terpenuhinya WASH juga dapat menyebabkan penyakit diare balita yang memberikan risiko mengalami gangguan gizi. Sedangkan tidak terpenuhinya akses pelayanan kesehatan dan gizi ibu hamil akan berdampak pada risiko melahirkan Bayi Berat Lahir Rendah (BBLR) dan mempengaruhi kemampuan ibu dalam memberikan ASI eksklusif yang selanjutnya mengakibatkan balita mengalami masalah kurang gizi (*stunting*, *wasting* dan *underweight*).

8.2.3 Data Tersedia dan Lingkup Analisis

Tabel 8.2.1 Ketersediaan data gizi

Fokus Kajian/ Kejadian Penyakit	Jenis atau Nama Data	Format Data tersedia	Unit Area	Periode Data Tersedia	Sumber Data
Biofisik	Topografi	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BMKG
	Rawan Bencana	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
	Aksesibilitas Jalan	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
	Akses Pasar	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
	Luas Panen Pangan Pokok	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
	Luas Panen Pangan Hewani	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
	Produksi Pangan Pokok	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
	Kerawanan Pangan	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
Sosio-ekonomi	Pekerjaan Kepala Rumah Tangga	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Risikesdas
	Pendidikan Kepala Rumah Tangga	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Risikesdas
	Tingkat Kemiskinan	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
	Rata-rata pengeluaran pangan rumah tangga	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
	Proporsi pengeluaran pangan rumah tangga terhadap pengeluaran total	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
WASH	Akses Air Minum Layak	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
	Akses Sanitasi Layak	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
	Perumahan Sehat	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
Kecukupan gizi	Rata-rata asupan energi per kapita per hari	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
	Rata-rata asupan protein per kapita per hari	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BPS
Risiko Penyakit lain	Insiden Diare	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Risikesdas
	Insiden DBD	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Risikesdas
	Prevalensi ISPA	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Risikesdas
	API Malaria	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Risikesdas

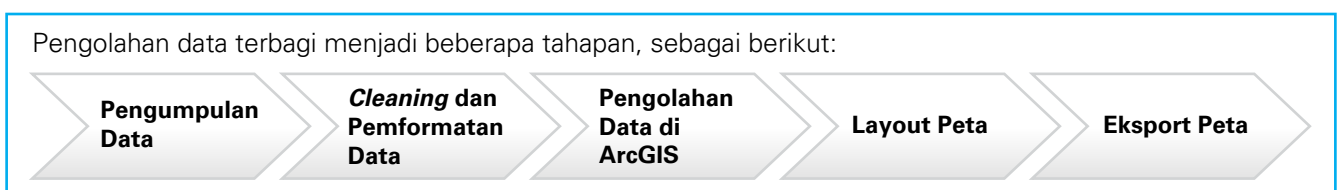
Fokus Kajian/ Kejadian Penyakit	Jenis atau Nama Data	Format Data tersedia	Unit Area	Periode Data Tersedia	Sumber Data
Status Gizi	<i>Underweight</i>	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Riskesdas
	<i>Wasting</i>	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Riskesdas
	<i>Stunting</i>	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Riskesdas
Iklim	Lama Musim Kemarau	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	BMKG
Status Kesehatan	Akses Pelayanan Kesehatan	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Riskesdas
	Imunisasi Dasar Lengkap	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Riskesdas
	Berat Badan Lahir Rendah	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Riskesdas
	Kekurangan Energi Kronik (KEK)	Tabular	Provinsi	2007, 2013, 2018	Riskesdas

Ketersediaan data yang menunjang analisis status gizi pada balita di Indonesia masih terbatas hanya pada data survei Riskesdas dan juga data penunjang dari Susenas. Keterkaitan perubahan iklim dengan status gizi balita sangat dipengaruhi oleh faktor pembentuk lainnya seperti kondisi sosial-ekonomi, perilaku WASH, hasil panen, akses makanan serta penyakit lainnya, sehingga ketersediaan data pendukung perlu dipertimbangkan skala temporal dan tingkat spasialnya dalam analisis.

8.2.4 Metode Analisis Data

Data-data yang telah dikumpulkan (Tabel 8.2.1) kemudian dianalisis. Analisis data yang digunakan berupa analisis deskriptif, analisis komparatif dan analisis hubungan. Analisis deskriptif merupakan upaya untuk mendeskripsikan/menjelaskan data sesuai dengan karakteristik data yang ditampilkan. Hal tersebut berguna agar data yang divisualisasikan mudah untuk dipahami. Analisis komparatif merupakan analisis yang membandingkan satu atau lebih variabel untuk sampel yang berbeda. Analisis ini berguna untuk mencari jawaban sebab-akibat dengan menganalisis faktor-faktor pembentuk suatu kejadian. Buku profil ini akan melakukan analisis komparatif pada data antar kelompok umur, jenis kelamin, sebaran gizi antar wilayah, sebaran faktor iklim, dan faktor-faktor lainnya yang menjadi faktor pembentuk kejadian gizi. Analisis hubungan merupakan analisis yang berguna untuk menemukan hubungan atau keterkaitan antar variabel yang satu dengan variabel yang lain. Analisis yang dilakukan melalui metode tumpang susun atau spasial korelasi. Metode tumpang susun atau spasial korelasi dilakukan melalui pemetaan dua atau lebih variabel (*overlay*) untuk mencari hubungan antar variabel. Analisis akan dilakukan untuk menemukan hubungan antara variabel iklim dan non-iklim dengan kejadian penyakit gizi.

Gambar 8.2.2 Tahapan pengolahan data status gizi

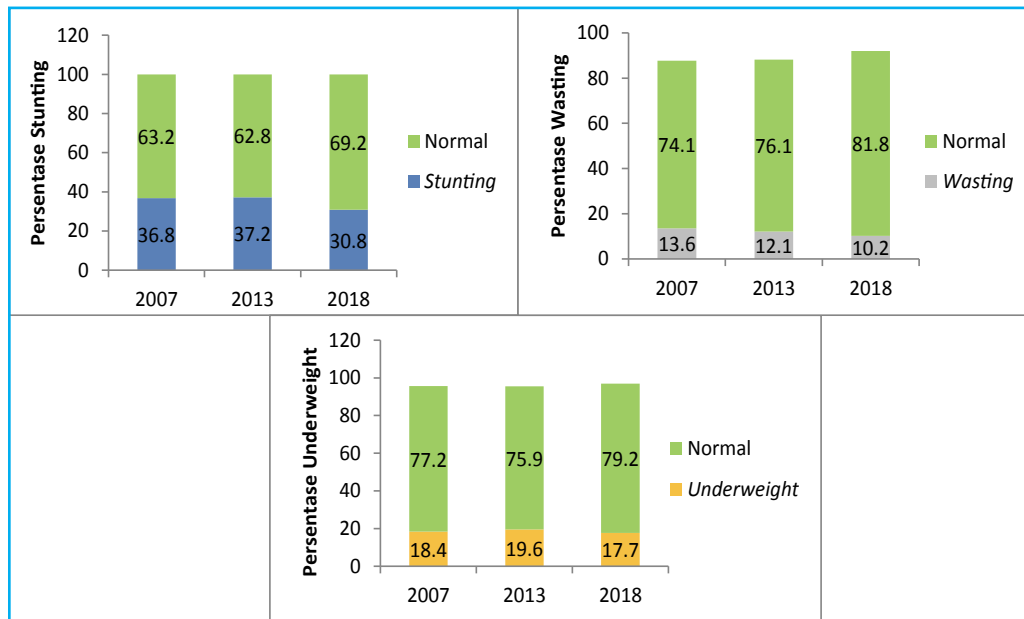


Data yang dikumpulkan adalah data status gizi di Indonesia (*stunting*, *wasting* dan *underweight*) tahun 2007, 2013, 2018 yang bersumber dari Riskesdas Kementerian Kesehatan Indonesia, data iklim berupa curah hujan, suhu dan kelembapan kabupaten/kota di Indonesia tahun 2010-2020 yang bersumber dari BMKG, serta data pendukung berupa peta dasar (shp) kabupaten/kota di Indonesia yang bersumber dari BIG. Tahapan *cleaning* data diperlukan untuk memeriksa kembali data-data yang diberikan, dan mengecek kondisi ekstrem data sehingga tidak terjadi kesalahan dalam interpretasi data. Pengolahan data dilakukan dengan membuat data spasial rata-rata iklim 10 tahun dan rata-rata musiman, data kasus penyakit akumulasi tahunan dan akumulasi musiman sehingga menghasilkan output berupa peta sebaran proporsi status gizi (*stunting*, *wasting* dan *underweight*) tahun 2018.

8.3 Hasil dan Diskusi

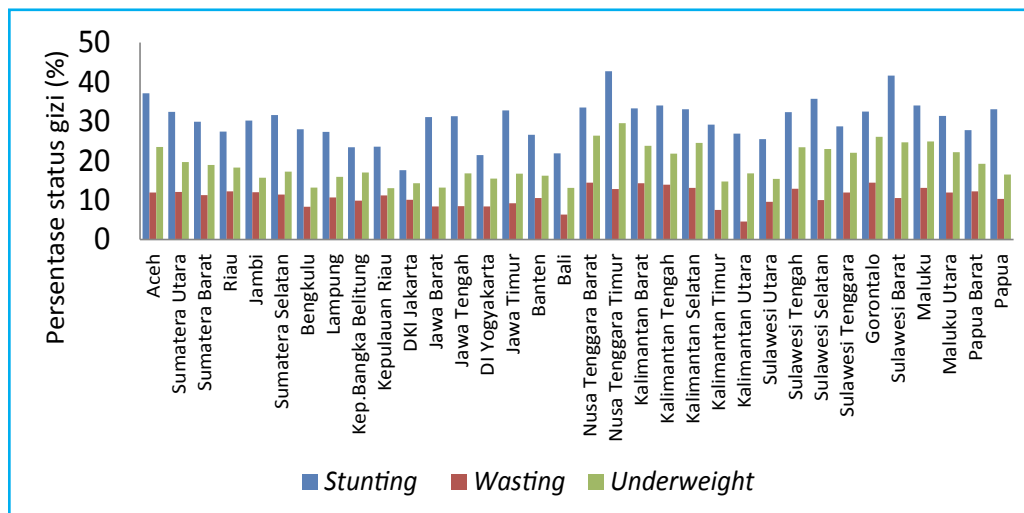
8.3.1 Visualisasi Data

Gambar 8.3.1 Status gizi Indonesia tahun 2007, 2013, 2018



Visualisasi hasil pada gizi berupa *bar chart* yang berisi mengenai persentase status gizi pada balita dengan kondisi normalnya. Data tersedia hanya ada pada tahun 2007, 2013 dan 2018. Dari ketiga tahun tersebut menunjukkan *trend* yang menurun kecuali pada *stunting* dan *underweight* di tahun 2013. *Stunting* memiliki persentase yang lebih tinggi dibandingkan dengan *underweight* dan *wasting*.

Gambar 8.3.2 Prevalensi status gizi tahun 2018



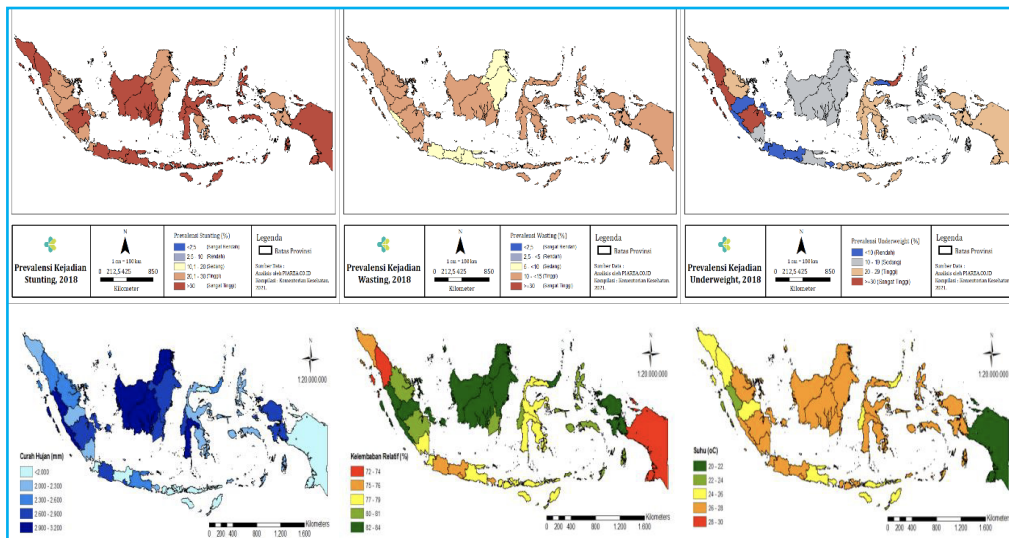
Selain dari persentase status gizi di Indonesia, status gizi setiap provinsi juga disajikan. Status gizi setiap provinsi menunjukkan bahwa *stunting* merupakan persentase yang paling tinggi dibandingkan dengan *wasting* dan *underweight*. Persentase status gizi di setiap provinsi juga menunjukkan bahwa wilayah Indonesia bagian timur memiliki persentase yang lebih besar dibandingkan dengan Indonesia bagian barat, termasuk juga untuk daerah Kalimantan dan Nusa Tenggara. Tinggi persentase gizi pada balita ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor dan juga kondisi iklim di wilayah tersebut.

8.3.2 Kontribusi Faktor Iklim

Berdasarkan dari peta status gizi dan faktor iklim dapat dilihat bahwa wilayah dengan curah hujan <2000 mm (Nusa Tenggara, Maluku dan Papua) maupun curah hujan >2900 mm (sebagian Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi dan Papua Barat) cenderung memiliki prevalensi masalah *underweight*, *stunting* dan *wasting* cukup tinggi (>30%). Curah hujan yang rendah maupun tinggi dapat mengganggu aktivitas pertanian sehingga mempengaruhi produksi pangan di suatu wilayah. Selanjutnya penurunan produksi pangan menyebabkan terbatasnya konsumsi pangan penduduk dan berdampak pada status gizi balita.

Untuk wilayah dengan suhu rata-rata >26°C (sebagian Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sebagian Sulawesi, dan Maluku) cenderung memiliki prevalensi *underweight*, *stunting* dan *wasting* yang tinggi. Sejalan dengan kondisi di atas, wilayah dengan kelembapan >77% cenderung memiliki prevalensi *underweight*, *stunting* dan *wasting* yang tinggi, seperti di Kalimantan, sebagian Sumatera, sebagian Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua Barat. Peta faktor curah hujan dan status gizi di Indonesia menunjukkan bahwa wilayah dengan curah hujan rendah cenderung memiliki prevalensi masalah gizi balita yang tinggi terutama *stunting*.

Gambar 8.3.3 Peta sebaran proporsi status gizi tahun 2018 (WHO, 1995; de-Onis et al., 2019) dan sebaran rata-rata iklim tahun 2010-2020



Visualisasi hasil pada faktor iklim berupa peta yang terdiri atas rata-rata curah hujan, rata-rata suhu udara dan rata-rata kelembapan dalam periode 10 tahun terakhir (2010-2020). Gambar 8.3.1 menunjukkan curah hujan tahunan tertinggi terdapat di sebagian besar provinsi di Kalimantan, Papua Barat, Sumatera Selatan, Bengkulu, Jawa Barat, dan Sulawesi Tenggara. Untuk suhu tahunan tertinggi (26-28°C) terdapat di seluruh Kalimantan, sebagian besar Sulawesi, Papua Barat, Maluku, sebagian provinsi di Jawa, Sumatera dan Bali sedangkan kelembapan tahunan tertinggi terdapat di sebagian besar Kalimantan, Papua Barat, dan sebagian kecil Sumatera.

Dari peta status gizi dan faktor iklim dapat dilihat bahwa ada keterkaitan antara status gizi dengan curah hujan, dimana wilayah dengan curah hujan rendah (kemarau) cenderung memiliki prevalensi masalah gizi yang cukup tinggi, seperti Nusa Tenggara yang memiliki prevalensi *underweight* dan *stunting* yang tinggi dan Papua yang memiliki prevalensi *underweight* dan *wasting* yang tinggi.

Untuk wilayah dengan suhu tinggi cenderung memiliki prevalensi *wasting* yang tinggi, seperti di Kalimantan, sebagian Sumatera, Papua Barat dan Sulawesi. Sejalan dengan kondisi di atas, wilayah dengan kelembapan yang tinggi cenderung memiliki prevalensi *wasting* yang tinggi, seperti di Kalimantan, sebagian Sumatera, sebagian Sulawesi dan Papua Barat. Peta faktor curah hujan dan status gizi di Indonesia menunjukkan bahwa wilayah dengan curah hujan rendah cenderung memiliki prevalensi masalah gizi balita yang tinggi terutama *stunting*. Studi kohor yang telah dilakukan di perdesaan Burkina Faso Afrika mengonfirmasi hal ini, yaitu variabilitas curah hujan berhubungan dengan pola makan dan peningkatan variabilitas curah hujan meningkatkan risiko *undernutrition* kronis pada balita yang berusia muda (Mank et al., 2021).

Studi lain menunjukkan hubungan antara jumlah curah hujan dan suhu menurut trimester kehamilan ibu dengan berat lahir bayi, dapat diasumsikan bahwa *undernutrition* pada anak sudah muncul ketika masih dalam kandungan atau bahkan sebelum terjadinya konsepsi karena *heat stress* dan dehidrasi yang dialami oleh ibu. Selain itu, curah hujan yang sangat tinggi dari biasanya berdampak negatif terhadap rata-rata tinggi badan anak menurut umur, yaitu sebesar $-0,029$ (Mank et al., 2021).

8.4 Kesimpulan

8.4.1 Hasil dan Dampaknya

Dampak perubahan iklim terhadap status gizi tidak dapat dihubungkan secara langsung melainkan melalui variabel antara seperti ketahanan pangan dan akses ke pelayanan kesehatan. Selanjutnya kedua variabel tersebut akan secara langsung berhubungan dengan terjadinya masalah gizi.

Ketahanan pangan meliputi tiga aspek utama, yaitu ketersediaan, akses, dan pemanfaatan. Ketersediaan pangan dipengaruhi oleh produksi pertanian. Variasi ketersediaan pangan dapat dikaitkan dengan pola iklim, yaitu curah hujan dan suhu. Salah satu komponen penting dalam pemenuhan ketersediaan pangan nasional di negara berkembang adalah produksi pangan atau hasil panen. Penurunan produksi pertanian berimbas pada kekurangan pangan akibat terbatasnya akses, ketersediaan dan konsumsi pangan yang dapat meningkatkan risiko *stunting* pada anak balita.

Perubahan iklim akan secara langsung berhubungan dengan risiko rawan bencana, seperti banjir, kemarau panjang, dan lainnya. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan yang selanjutnya akan berisiko terjadinya peningkatan berbagai penyakit infeksi diare, malaria, dengue, ISPA dan lain-lain.

8.4.2 Limitasi dan arahan lanjutan

Beberapa hal yang menjadi hambatan dalam melakukan analisis hubungan antara perubahan iklim dan gizi adalah terkait dengan ketersediaan data penunjang, seperti data iklim tahunan di level kabupaten/kota dan provinsi, data tahunan status gizi di level kabupaten/kota maupun provinsi, data kerawanan pangan yang baru ada sejak tahun 2018, serta tidak tersedianya data konsumsi tingkat individu secara langsung per tahun karena yang tersedia adalah data konsumsi per kapita melalui pendekatan pengeluaran pangan dari Susenas.

Berbagai studi perubahan iklim terkait status gizi yang telah dilakukan menjadi dasar dalam membuat strategi adaptasi yang berkesinambungan terhadap produksi pertanian, ketahanan pangan, kesehatan, dan gizi agar tercapai *resilience*/ketahanan pada suatu populasi, khususnya populasi rentan seperti balita dan ibu hamil. Rencana aksi berupa intervensi yang diintegrasikan dengan prediksi iklim dan cuaca sangat diperlukan untuk pencegahan penyakit maupun penyakit terkait gizi. Intervensi adaptasi berupa diversifikasi pangan atau pemanfaatan pekarangan rumah untuk tanaman pangan dapat menjadi aksi mitigasi dalam perubahan iklim jangka pendek dan panjang.

8.5 Referensi

Adi AC dan Andrias DR. 2016. Balita Pada Rumahtangga Miskin di Kabupaten Prioritas Kerawanan Pangan di Indonesia Lebih Rentan Mengalami Gangguan Gizi. In: Child Poverty and Social Protection Conference. SMERU Research Institute.

Afriyani R, Malahayati N, Hartati. 2016. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kejadian Wasting pada Balita Usia 1-5 Tahun di Puskesmas Talang Betutu Kota Palembang. *Jurnal Kesehatan Politeknik Kesehatan Tanjung karang* Vol 7 no. 1 . 2016.

Bekele, T., Rawstorne, P., dan Rahman, B. (2020). Effect of water, sanitation and hygiene interventions alone and combined with nutrition on child growth in low and middle income countries: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 10(7), e034812. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2019-034812>.

Clapp J, Moseley WG (2020). This food crisis is different: COVID-19 and the fragility of the neoliberal food security order. *The Journal of Peasant Studies*. 47(7): 1393-1417. DOI: 10.1080/03066150.2020.1823838.

Danysh, H. E., Gilman, R. H., Wells, J. C., Pan, W. K., Zaitchik, B., González, G., Alvarez, M., dan Checkley, W. (2014). El Niño adversely affected childhood stature and lean mass in northern Peru. *Climate Change Responses* 2014 1:1, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/S40665-014-0007-Z>.

De Onis, M., Borghi, E., Arimond, M., Webb, P., Croft, T., Saha, K., De-Regil, L. M., Thuita, F., Heidkamp, R., Krasevec, J., Hayashi, C., dan Flores-Ayala, R. (2019). Prevalence thresholds for wasting, overweight and stunting in children under 5 years. *Public Health Nutrition*, 22(1), 175–179. <https://doi.org/10.1017/S1368980018002434>.

Ernawati A. 2017. Masalah Gizi Pada Ibu Hamil. *Jurnal Litbang* Vol. XIII, No. 1 Juni 2017: 60-69.

Giulia, S., Lea, B.-F., Carol, Z.-C., Lisa, M., Harper, S. L., dan Elizabeth, C. J. (2020). The effect of climatic factors on nutrients in foods: evidence from a systematic map. *Environmental Research Letters*, 15(11), 113002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ABA4FD4>.

Gizaw, Z., dan Worku, A. (2019). Effects of single and combined water, sanitation and hygiene (WASH) interventions on nutritional status of children: A systematic review and meta-analysis. *Italian Journal of Pediatrics*, 45(1). <https://doi.org/10.1186/s13052-019-0666-2>.

Grace K, Davenport F, Funk C, Lerner AM. 2012. Child malnutrition and climate in Sub-Saharan Africa: An analysis of recent trends in Kenya. *Applied Geography*. 35:405-413. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.06.017>.

Grace, K., Davenport, F., Hanson, H., Funk, C., dan Shukla, S. (2015). Linking climate change and health outcomes: Examining the relationship between temperature, precipitation and birth weight in Africa. *Global Environmental Change*, 35, 125–137. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2015.06.010>.

Johnson K, Brown ME. 2014. Environmental risk factors and child nutritional status and survival in a context of climate variability and change. *Applied Geography*. 54:209-221. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.08.007>.

Kementerian Kesehatan. 2007. Laporan Riset Kesehatan Dasar. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2010. Laporan Riset Kesehatan Dasar. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Jakarta.

- Kementerian Kesehatan. 2018. Laporan Riset Kesehatan Dasar. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Jakarta.
- Kemendes. 2020. Petunjuk Teknis Pemberian Makanan Tambahan Berupa Biskuit bagi Balita Kurus dan Ibu Hamil KEK Tahun 2020. Jakarta : Kementerian Kesehatan
- Kementerian Pertanian. 2018. Peta Kerentanan dan Ketahanan Pangan. Badan Ketahanan Pangan. Jakarta.
- Kementerian Pertanian. 2020. Peta kerentanan dan Ketahanan Pangan. Badan Ketahanan Pangan. Jakarta.
- Mank, I., Belesova, K., Bliedernicht, J., Traoré, I., Wilkinson, P., Danquah, I., dan Sauerborn, R. (2021). The Impact of Rainfall Variability on Diets and Undernutrition of Young Children in Rural Burkina Faso. *Frontiers in Public Health*, 9, 693281. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.693281>.
- Perdian. Atmaja T, Adi RF, Estiningtyas W. 2019. Adaptasi perubahan iklim dan ketahanan pangan: telaah inisiatif dan kebijakan. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*. 60-87. <https://doi.org/10.38011/jhli.v5i1.75>.
- Purwantini TB. 2014. Pendekatan rawan pangan dan gizi: besaran, karakteristik, dan penyebabnya. Forum Penelitian Agro Ekonomi. Vol 32 (1): 1-17. <http://dx.doi.org/10.21082/fae.v32n1.2014.1-17>.
- Randell H, Gray C, Grace K. 2020. Stunted from the start: Early life weather conditions and child undernutrition in Ethiopia. *Social Science dan Medicine*. 261:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113234>.
- Rah, J. H., Sukotjo, S., Badgaiyan, N., Cronin, A. A., dan Torlesse, H. (2020). Improved sanitation is associated with reduced child stunting amongst Indonesian children under 3 years of age. *Maternal and Child Nutrition*, 16(S2), e12741. <https://doi.org/10.1111/mcn.12741>.
- Renyoet BS dan Nai HME. 2019. Estimasi Potensi Kerugian Ekonomi Akibat Wasting Pada Balita Di Indonesia. *Jurnal Gizi Indonesia volume 7 (2)*, 2019.
- Ruminta dan Nurmala T. 2016. Dampak Perubahan Pola Curah Hujan Terhadap Tanaman Pangan Lahan Tadah Hujan Di Jawa Barat. *Agrin Vol. 20, No. 2*, Oktober 2016.
- Simanjuntak AH, Erwinsyah RG (2020). Kesejahteraan petani dan ketahanan pangan pada masa pandemi Covid-19: Telaah kritis terhadap rencana Mega Proyek Lumbung Pangan Nasional Indonesia. *Sosio Informa*. 6(2): 184-204. DOI: <https://doi.org/10.33007/inf.v6i2.2332>.
- Tampubolon K dan Sihombing FN. 2017. Pengaruh curah hujan dan hari hujan terhadap produksi pertanian serta hubungannya dengan PDRB atas harga berlaku di Kota Medan. *Jurnal Pembangunan Perkotaan*. Vol 5 (1).
- Thiede BC, Gray C. 2020. Climate exposures and child undernutrition: Evidence from Indonesia. *Social Science dan Medicine*. 265:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113298>.
- UNICEF (2020). *Laporan Tahunan 2020 Indonesia*. <https://www.unicef.org/indonesia/media/9971/file/Laporan%20Tahunan%202020%20UNICEF%20Indonesia.pdf>.
- Wahyudi BF, Sriyono, Indarwati R. 2015. Analisis Faktor Yang Berkaitan Dengan Kasus Gizi Buruk Pada Balita. *Jurnal Pediomaternal* 83 Vol. 3 No. 1 Oktober 2014-April 2015.
- WHO.1995. Physical status : the use of and interpretation of anthropometry , report of a WHO expert committee. Geneva: World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/37003>.

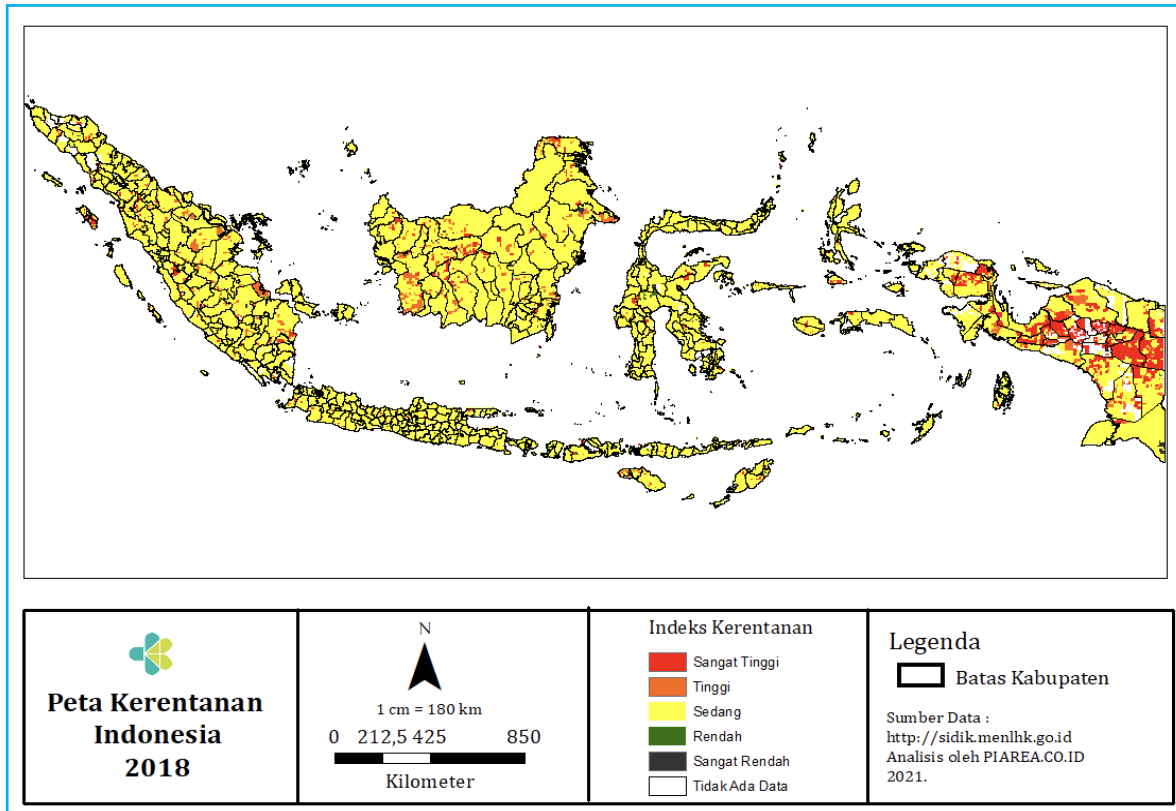
BAB IX

**Kesimpulan dan
Rekomendasi**

9.1 Kerentanan sosial-ekonomi akibat perubahan iklim di Indonesia

Selain faktor iklim, kerentanan sosial-ekonomi juga menjadi faktor pembentuk kejadian penyakit yang perlu dimasukkan dalam analisis. Pemetaan kerentanan sosial-ekonomi dilakukan dengan menggunakan beberapa indikator antara lain, data kependudukan, kualitas permukiman, keberadaan bangunan, pendidikan, kesehatan, prasarana ekonomi, PHBS, telekomunikasi, kesejahteraan keluarga, sumber/akses air.

Gambar 9.1.1 Kerentanan di Indonesia tahun 2018



Berdasarkan Gambar 9.1.1 sebagian wilayah Papua dan Papua Barat memiliki wilayah dengan kategori kerentanan sangat tinggi terbanyak dibandingkan wilayah Indonesia lainnya, yang kemudian diikuti oleh beberapa desa/kecamatan di Kalimantan dan Sumatera. Kerentanan sosial-ekonomi menyebabkan wilayah-wilayah yang rentan kesulitan untuk membangun ketahanan terhadap perubahan iklim, sehingga memperparah dampak dari perubahan iklim, khususnya terhadap kejadian penyakit.

9.2 Ringkasan keterkaitan risiko penyakit akibat perubahan iklim

Adanya perubahan iklim memberikan dampak baik langsung maupun tidak langsung terhadap kesehatan, khususnya terhadap pola kejadian penyakit. Setiap penyakit memiliki faktor pembentuk yang berbeda-beda, berupa faktor iklim maupun non-iklim seperti sosial-ekonomi, biofisik, dan data pendukung lainnya. Buku ini membahas pengaruh faktor iklim (curah hujan, suhu, dan kelembapan) terhadap 6 penyakit yang menjadi prioritas kajian, yaitu, malaria, dengue, pneumonia, ISPA, TB, diare, dan gizi balita. Akan tetapi, berdasarkan hasil analisis kajian tidak semua penyakit terdampak oleh perubahan iklim. Analisis dilakukan dengan melihat dan membuktikan secara statistik keterkaitan antar variabel iklim dan total kasus penyakit. Berdasarkan hasil kajian, penyakit tular vektor (malaria dan dengue) dan penyakit tular udara (pneumonia dan ISPA) memiliki pola sebaran menyerupai pola variabel iklimnya pada kejadian musiman, dengan puncak tertinggi untuk PTV dan Pneumonia pada musim penghujan (DJF) dan untuk ISPA pada musim kemarau (JJA). Kasus TB dan diare juga sensitif dengan perubahan iklim terutama perubahan suhu. Dampak perubahan iklim pada kelima penyakit tersebut, yang secara umum terlihat di wilayah Indonesia bertipe iklim monsoon seperti Pulau Jawa. Akan tetapi, untuk malnutrisi (gizi buruk) pengaruh iklim tidak dapat dihubungkan secara langsung melainkan melalui variabel

antara seperti ketahanan pangan dan akses ke pelayanan kesehatan. Penduduk yang terinfeksi penyakit seperti malaria, dengue, dan diare diimbangi dengan keadaan sosial-ekonomi yang tidak mendukung dapat menyebabkan penderita juga terkena malnutrisi. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruh satu penyakit dapat menimbulkan/memperburuk penyakit lainnya. Oleh sebab itu, diperlukan aksi untuk dapat menanggulangi timbulnya/meningkatnya kejadian penyakit akibat dampak buruk dari perubahan iklim.

9.3 Arahan dan prioritas

Adanya kesesuaian beberapa pola penyakit, seperti dengue, malaria, pneumonia/ISPA dan diare dengan unsur-unsur iklim dalam mengindikasikan adanya pengaruh perubahan iklim dengan gangguan meningkat/menurunnya kasus penyakit tersebut. Berdasarkan hasil analisis, risiko penyakit seperti dengue, ISPA, pneumonia dan diare akibat perubahan iklim lebih terlihat pada wilayah dengan tipe iklim monsoon seperti Pulau Jawa. Penyakit pneumonia dan diare perlu menjadi prioritas karena penyebab utama kematian pada balita dan anak-anak. Hal ini didukung dengan peta sebaran balita dan anak yang menunjukkan bahwa Pulau Jawa memiliki kepadatan yang tinggi untuk usia anak dan balita. Kepadatan penduduk yang tinggi juga meningkatkan risiko penyakit dengue di Pulau Jawa. Pulau Jawa perlu menjadi wilayah prioritas dalam mendukung pelaksanaan aksi adaptasi dampak perubahan iklim untuk menekan angka peningkatan kejadian penyakit, terutama pada balita dan anak-anak.

Berdasarkan kerentanan sosial-ekonomi dan perubahan iklim sebagian besar wilayah Papua masuk kedalam wilayah yang rentan. Perubahan suhu global yang menyebabkan perubahan kondisi iklim di wilayah Papua akan berpengaruh pada dinamika kondisi sosial-ekonomi. Kondisi rentan ini akan semakin parah dengan endemisitas penyakit malaria yang tinggi di wilayah Papua. Wilayah prioritas dapat ditentukan berdasarkan berdasarkan data sebaran kerentanan yang ada, kurang lengkapnya data iklim dan ketersediaan data penyakit lainnya juga perlu dipertimbangkan dalam menentukan wilayah prioritas di Papua.

Dampak tidak langsung dari perubahan iklim mempengaruhi status gizi pada balita. Perubahan iklim akan mempengaruhi kerentanan pangan yang dapat mempengaruhi konsumsi dan gizi masyarakat. Permasalahan gizi dapat menyebabkan balita dan anak-anak menjadi sangat rentan terhadap risiko penyakit lain seperti dengue, malaria, pneumonia, ISPA, TB dan diare. Program aksi perlu juga memprioritaskan aksinya pada kelompok rentan. Aksi yang dilakukan mengarah pada pencegahan, penanganan, dan penanggulangan penyakit, baik terhadap faktor pembentuknya maupun dampak akibat kejadian penyakit. Setiap wilayah rentan memerlukan penanganan yang berbeda-beda dalam meminimalisir dampak perubahan iklim terhadap kejadian penyakit, bergantung bagaimana keadaan wilayah dan penyakit apa yang ditangani. Oleh sebab itu, Perlu analisis lebih lanjut sejauh mana pengaruh faktor iklim dan pengaruh faktor non-iklim berdampak kepada kejadian penyakit. sebagai pendukung dalam menentukan aksi yang tepat di setiap wilayah.

Kontributor Penyusun Buku

Dampak Perubahan Iklim Sektor Kesehatan Berbasis Bukti di Indonesia

No	Sub Topik	Nama	Sebagai Kontributor
1	Gambaran perubahan iklim di Indonesia	1 Dr. Dodo Gunawan, DEA	Utama
		2 Dr. Ardhasena Supaheluwakan	Utama
		3 Kadarsah, M.Si.	Utama
		4 Mamenun, M.Si.	Anggota
		5 M. Agung Fauzi, S.Si.	Anggota
		6 Yuni Kartika, S.Si.	Anggota
		7 Sabilla Cahyaning Janna, S.Si.	Anggota
2	Data demografi berbasis kelompok umur	1 Ikrom Mostofa, S.Si, M.Sc.	Utama
		2 Dra. Athena, M.Sc.	Utama
		3 Dr. Ir. Bambang Setiaji, M.Kes.	Utama
3	Penyakit Tular Vektor: dengue dan malaria	1 Pandji Dwantara, SSi, MIL, Ph.D.	Utama
		2 Rina Marina, S.Si., MKM	Utama
		3 Jusniar Ariati, S.Si., M.Sc.	Utama
		4 Graduated Susanti, SKM, MPH	Anggota
		5 Triwibowo A. Gardjito S.Si., M.Kes., Ph.D.	Anggota
		6 Any Adelina Hutaaruk, SKM, MSc.PH	Anggota
		7 Rita Ariyati, SKM, MM	Anggota
		8 Sri Budi Fajariyani, SKM	Anggota
		9 Dr. Suwito, SKM, M.Kes.	Anggota
		10 Dr. Dr. Sugiarto, M.Si.	Anggota
		11 drh. Siti Ganefa Pakki, M.Ke.s	Anggota
		12 drh. Zainal Khoirudin	Anggota
		13 Syafararisa Dian Pratiwi, S.Si.	Anggota
		14 Edy Purwanto, SKM, M.Kes.	Anggota
		15 Dr. dr. Teti Tejayanti, MKM	Anggota
4	Pneumonia dan ISPA	1 Dra. Athena M.Si.	Utama
		2 Cahorini, ST, MT	Utama
		3 Eva Laelasari, S.Si, MKKK	Anggota
		4 M Edy Hariyanto, SKM, M. Epid.	Anggota
		5 Sabilla Cahyaning Janna, S. Si	Anggota
		6 Itsnaeni Abbas, SP, MP	Anggota
5	Tuberkulosis	1 Tities Puspita, S.Si, MPH	Utama
		2 dr. Anton Suryatma, MKM	Utama
		3 Oster Suriani Simarmata, SKM, MKM	Utama
		4 Fitri Yusti Andini, S.Si.	Utama
		5 Sulistyoyo, SKM, M. Epid.	Anggota
		6 dr. Tiffany Tiara Pakasi, MA	Anggota

No	Sub Topik	Nama		Sebagai Kontributor
6	Diare	1	Prof. Sri Irianti, SKM, M. Phil, Ph.D.	Utama
		2	Puti Sari Hidayangsih, SKM, M.Sc.PH	Utama
		3	Ika Dharmayanti, SKM, M.Env.	Utama
		4	Khadijah Azhar, SKM, MKM	Utama
		5	Dr. Dwi Hapsari, SKM, M.Kes.	Utama
		6	drg. Antony Azarsyah, MK	Anggota
		7	Dr Miko Hananto, SKM, M.Kes.	Anggota
		8	Kristin Darundiyah, S.Si., M.Sc.PH	Anggota
		9	Kadarsah, M.Si.	Anggota
		10	Heny Lestary, SKM, MKM	Anggota
		11	Dr. Joko Irianto, M.Kes.	Anggota
		12	Andre Yuniarto, S.Si.	Anggota
		13	Ikrom Mustofa, S.Si, M.Sc.	Anggota
7	Gizi Balita	1	Dr. Agus Triwinarto, SKM, MKM	Utama
		2	Bunga Christita Rosha, S.Sos.,.M.Si.	Utama
		3	Rika Rachmalina, SP, M. Gizi	Utama
		4	Dra. Athena M.Si.	Anggota
		5	Revia Maharrani, S.Si.	Anggota

World Trade Center II, lantai 22,
Jl. Jend. Sudirman Kav. 31
Jakarta 12920, Indonesia.

Tel: +62 21 5091 6100
Fax: +62 21 571 1215
Email: jakarta@unicef.org
Website: www.unicef.or.id



untuk setiap anak