



TELAAH LITERATUR DAMPAK PERUBAHAN IKLIM DI INDONESIA

**DIREKTORAT JENDERAL
PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM**

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Telaah Literature Dampak Perubahan Iklim di Indonesia

Copyright © 2020 oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Dilarang menggunakan isi maupun memperbanyak buku ini sebagian atau seluruhnya, baik dalam bentuk fotocopy, cetak, microfilm, elektronik maupun bentuk lainnya, kecuali untuk keperluan pendidikan atau non-komersial lainnya dengan menyebutkan sumbernya disertai ucapan terima kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Cara Mengutip:

KLHK. (2020). *Telaah Literatur Dampak Perubahan Iklim di Indonesia*. Jakarta (ID): Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

ISBN:

Desain halaman muka oleh piarea.co.id

Penyusunan dan penerbitan buku ini didukung oleh:



Pandangan terhadap Dampak Perubahan Iklim di Indonesia

Pengarah

Dr. Ir. Ruandha Agung Sugardiman, M.Sc.

Dra. Sri Tantri Arundhati, M.Sc.

Ir. Arif Wibowo, M.Sc.

Penulis

Perdinan, PhD, M.NRE

Asisten Teknis

Rizki Abdul Basit, S.Si

Ni Wayan Srimani Puspa Dewi, M.Si

Ryco Farysca Adi, S.Si

Erika Nurdhajmi Laela, S.Si

Anita Komalasari, S.Si

Suvany Aprilia, S.Si

Kontributor

Ir. Anak Agung Gede Putra, M.Si.

Nuraeni, S.Hut., MES

Ir. Tri Widayati, M.T

Kardono, S.Hut., M.T., MMG

Dian Ariestyowati, S.Hut., M.Sc.

Drs. Dadang Hilman F., MA

Yadi Suryadi, S.Hut., M.Ling

Astutie Widyarissantie, SP., M.Si

Ir. Christine Matakupan, M.Si

Sheny Nurul Aini, S.T

Agus Wiyadi, S.E., ME

Koko Wijanarka, S.Hut.

Nurul Fadhillah, S.Hut.

Ade Emilda, SP, M.Si.

Cut Salwitri Tray, S.Sos

Terima kasih juga kepada mitra pembangunan Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) yang telah membantu dalam persiapan dan penerbitan dokumen ini melalui mekanisme hibah pendanaan untuk Proyek Tata Kelola Iklim.

Buku ini memaparkan review dari berbagai analisis, kajian dan kegiatan terkait proyeksi perubahan iklim, kerentanan, risiko dan dampak di Indonesia.

1. DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	4
DAFTAR GAMBAR	6
DAFTAR TABEL	11
1	12
1.1	12
1.2	13
2	15
2.1	15
2.2	16
2.3	16
2.4	16
2.5	17
3	19
3.1	19
3.1.1	19
3.1.2	22
3.2	22
3.2.1	22
3.2.2	25
3.3	28
3.3.1	28
3.3.2	29
3.3.3	40
4	46
4.1	46
4.1.1	46
4.1.2	48
4.1.3	49
4.1.4	49
4.1.5	49
4.1.6	50
4.2	52
4.2.1	54
4.2.2	57
4.2.3	59

	4.2.4	64
	4.2.5	66
4.3		69
	4.3.1	69
5		70
5.1		70
	5.1.1	70
	5.1.2	74
5.2		75
	5.2.1	75
	5.2.2	77
6		79
6.1		79
	6.1.1	79
6.2		82
	6.2.1	82
	6.2.2	83
	6.2.3	84
6.3		85
	6.3.1	85
	6.3.2	93
	6.3.3	100
	6.3.4	108
6.4		117
7		128

2. DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tinjauan metode dari pandangan tentang dampak perubahan iklim di Indonesia	14
Gambar 2.1 Peraturan tentang Adaptasi Perubahan Iklim di sektor pangan	16
Gambar 2.2 Kebijakan berhubungan suplai air	16
Gambar 2.3 Kebijakan berhubungan adaptasi perubahan iklim sektor kesehatan	16
Gambar 2.4 Kebijakan berhubungan adaptasi perubahan iklim sektor energi	17
Gambar 2.5 Kebijakan berhubungan adaptasi perubahan iklim sektor ekosistem	18
Gambar 3.1 Variabilitas curah hujan harian di Indonesia pada waktu setempat.	19
Gambar 3.2 Peningkatan dan penurunan curah hujan di setiap fase relatif MJO (a-h) dengan rata-rata jangka panjang (1997 hingga 2012) selama musim panas Australia. Unit adalah persentase (%). Sumber: (MoEF, 2017)	20
Gambar 3.3 Klimatologi hujan Indonesia selama (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA, dan (d) SON. Data berasal dari CRU Periode 1961 hingga 2011. Sumber: (MoEF, 2017)	21
Gambar 3.4 Anomali curah hujan komposit (mm/bulan) selama September, Oktober dan November (a) El Nino, (b) La Nina, (c) IOD Positif, (d) IOD Negatif, (e) IOD Positif dan El Nino, (f) IOD negatif dan La Nina, dan (g) tidak ada IOD dan ENSO (tahun normal) . Sumber: (MoEF, 2017)	21
Gambar 3.5 Variabilitas antar dekade dari curah hujan Indonesia selama musim DJF. Anomali dihitung berdasarkan masing-masing permulaan dari periode referensi 1920-2010. Sumber: (MoEF, 2017)	22
Gambar 3.6 Variabilitas antar dekade dari suhu udara Indonesia selama musim DJF. Anomali dihitung berdasarkan keberangkatan mereka dari periode referensi 1920-2010. Sumber: (MoEF, 2017)	22
Gambar 3.7 Tren dekadal frekuensi hari hujan di Indonesia berdasarkan dataset CRU TS 3.22. Tren dihitung untuk setiap periode 30 tahun dengan jarak setiap 10 tahun antara tahun-tahun awal: a) 1901-1930, b) 1911-1940, c) 1921-1950, d) 1931-1960, e) 1941-1970, f) 1951-1980, g) 1961-1990, h) 1971-2000, dan i) 1981-2010 . Sumber: (MoEF, 2017)	23
Gambar 3.8 Peta tren curah hujan Indonesia. Sumber: (BMKG, 2019c)	24
Gambar 3.9 Peta tren fraksi curah hujan Indonesia. Sumber: (BMKG, 2019c)	25
Gambar 3.10 Curah hujan musiman yang diamati di Ampenan dan Sumbawa, bersama dengan rata-rata 1971-2000 (garis putus-putus), rata-rata bergerak 5 tahun (garis merah), dan tren linier (garis biru tebal). Tren dalam mm per tahun. A / menunjukkan tren signifikan pada $p < 0.1$, sedangkan // menunjukkan tren signifikan pada $p < 0.01$. Sumber: (Kirono et al., 2016)	25
Gambar 3.11 Tren dekade suhu rata-rata tahunan ($^{\circ}\text{C}$ / tahun) di Indonesia berdasarkan dataset CRU TS 3.22. Tren dihitung untuk setiap periode 30 tahun dengan jarak setiap 10 tahun antara tahun-tahun awal: a) 1901-1930, b) 1911-1940, c) 1921-1950, d) 1931-1960, e) 1941-1970, f) 1951-1980, g) 1961-1990, h) 1971-2000, dan i) 1981-2010. Sumber: (MoEF, 2017)	26
Gambar 3.12 Analisis Anomali Suhu Udara Rata-rata pada April 2019. Sumber: (BMKG, 2019a)	26
Gambar 3.13 Anomali Suhu Udara 2018 Terhadap Tahun Normal. Sumber: (BMKG, 2019a)	27
Gambar 3.14 Peta tren suhu rata-rata Indonesia. Sumber:: (BMKG, 2019d)	28
Gambar 3.15 Distribusi spasial perubahan curah hujan tahunan pada 2016–2035, 2046–2065 dan 2081–2100 berkenaan dengan 1986–2005 dalam skenario RCP4.5. Persentil ke-25,	

- ke-50 dan ke-75 dari distribusi ensemble CMIP5 diperlihatkan dalam kolom. Sumber: (IPCC 2013a) seperti dalam (Perdinan, 2016) 30
- Gambar 3.16 Perubahan (dalam%) dari klimatologi curah hujan tahunan dihitung dari rata-rata MME dari 24 CMIP5 GCM yang dihitung secara terpisah untuk setiap skenario RCP pada periode yang berbeda di masa depan (Perubahan relatif terhadap baseline yang diamati (periode 1981-2005) menggunakan dataset CHIRPS v2.0 Sumber: (MoEF, 2017) 30
- Gambar 3.17 Gambar kiri atas: a) klimatologi DJF curah hujan selama periode 1981-2005, dan b) skenario DJF curah hujan dihitung dari MME median dari 24 CMIP5 GCMS. Gambar kanan atas : a) Klimatologi curah hujan MAM selama periode 1981-2005, dan b) skenario curah hujan MAM dihitung dari median MME 24 CMIP5 GCMs. Gambar kiri bawah : a) Klimatologi curah hujan JJA selama periode 1981-2005, dan b) skenario curah hujan JJA dihitung dari median MME sebesar 24 CMIP5 GCMs. Gambar kanan bawah : a) Klimatologi curah hujan SON selama periode 1981-2005, dan b) skenario curah hujan SON dihitung dari median MME sebesar 24 CMIP5 GCMs. Sumber: (MoEF, 2017) 31
- Gambar 3.18 Perubahan curah hujan masa depan di Indonesia selama periode 2026-2050 masing-masing untuk baseline 1981-2005 seperti yang diproyeksikan oleh model iklim regional RegCM4 didorong oleh output HadGEM2-ES GCM dalam skenario RCP4.5. Sumber: (MoEF, 2017) 32
- Gambar 3.19 Proyeksi untuk Perubahan Curah Hujan Musiman. Sumber: (DAI, 2018) 33
- Gambar 3.20 Proyeksi Perubahan Curah Hujan Musiman di Maluku Periode 2030-2040. Sumber: ((APIK), 2018d) 33
- Gambar 3.21 Perubahan Curah Hujan Musiman. Sumber: ((APIK), 2018c) 34
- Gambar 3.22 Perubahan Curah Hujan Musiman. Sumber: ((APIK), 2018a) 34
- Gambar 3.23 Perubahan Curah Hujan Musiman. Sumber: (DAI, 2017) 35
- Gambar 3.24 Persentase perubahan curah hujan ensemble simulasi (%) pada tahun 2030 (2021–2040), untuk empat musim (kiri) dan persentase curah hujan ensemble rata-rata berubah (%) untuk 2060 (2051-2070), untuk empat musim (kanan). Sumber: (McGregor et al., 2016) 35
- Gambar 3.25 Curah hujan musim kemarau dari enam simulasi model downscaled di Sumbawa, bersama dengan rata-rata 1971-2000 (garis putus-putus), rata-rata bergerak 5 tahun (garis merah), dan tren linier (garis biru). Tren dalam mm per tahun.// menunjukkan bahwa tren signifikan pada $p < 0.01$. Sumber: (Kirono et al., 2016) 36
- Gambar 3.26 Distribusi spasial perubahan suhu udara tahunan pada 2016-2035, 2046-2065 dan 2081-2100 berhubungan dengan 1986–2005 dalam skenario RCP4.5. Persentil ke-25, ke-50 dan ke-75 dari distribusi ensemble CMIP5 diperlihatkan dalam kolom. Sumber: (IPCC 2013a) as in (Perdinan, 2016) 37
- Gambar 3.27 Perbedaan suhu udara rata-rata tahunan di Indonesia dari MME sebesar 24 CMIP5 GCM di bawah semua skenario RCP (periode 2026-2050, 2051-2075 dan 2076-2100), relatif terhadap pengamatan (periode 1981-2005). Sumber: (MoEF, 2017) 37
- Gambar 3.28 Peta Proyeksi Perubahan Suhu Udara Rata-Rata. Sumber: (DAI, 2018) 38
- Gambar 3.29 Peta Proyeksi Peningkatan Suhu Udara Rata-Rata Provinsi Maluku Periode 2016-2045. Sumber: ((APIK), 2018d) 38
- Gambar 3.30 Proyeksi Perubahan Suhu Rata-Rata di Jawa Timur. Sumber: ((APIK), 2018c) 39
- Gambar 3.31 Proyeksi Perubahan Suhu Rata-Rata di Brantas Atas. Sumber: ((APIK), 2018a) 39

Gambar 3.32 Proyeksi Perubahan Suhu Rata-Rata di DAS Brantas Bawah untuk Periode 2032-2040. Sumber: (DAI, 2017)	40
Gambar 3.33 Perubahan suhu udara permukaan rata-rata tahunan (dari masa kini) yang berasal dari rata-rata ansambel pada 2030 (2021-2040) dan pada 2060 (2051-2070), relatif terhadap 1971-2000. Sumber: (McGregor et al., 2016)	40
Gambar 4.1 Distribusi gagal panen (puso) yang diukur di area padi yang terkena dampak dalam hektar akibat banjir pada tahun 2010 (di atas) dan kekeringan pada tahun 2011 (bagian bawah). Sumber: Perdinan, Kartikasari, and Malahayati (2014), diambil berdasarkan data yang diterbitkan oleh Direktorat Perlindungan Rencana Kementerian Pertanian (Direktorat Perlindungan Tanaman - Kementerian Pertanian) seperti pada (Perdinan, 2016)	48
Gambar 4.2 Dampak sektor pangan di Indonesia	54
Gambar 4.3 Dampak sektor air di Indonesia	58
Gambar 4.4 Dampak sektor kesehatan di Indonesia	62
Gambar 4.5 Dampak sektor bencana di Indonesia	69
Gambar 4.6 Dampak Sektor Ekosistem di Indonesia	72
Gambar 6.1 Suhu Udara Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	94
Gambar 6.2 Perubahan Suhu Udara Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	95
Gambar 6.3 Curah Hujan Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	95
Gambar 6.4 Perubahan Curah Hujan Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	96
Gambar 6.5 Curah Hujan Tahunan Baseline 1986-2015 (atas) dan Masa Depan 2021-2050 (bawah) Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	96
Gambar 6.6 Jumlah Hari Kering Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	97
Gambar 6.7 Perubahan Jumlah Hari Kering Masa Depan 2021 – 2050 Model CSIRO dan MIROC	97
Gambar 6.8 Jumlah Hari Basah Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	98
Gambar 6.9 Perubahan Jumlah Hari Basah Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	98
Gambar 6.10 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	99
Gambar 6.11 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	99
Gambar 6.12 Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	100
Gambar 6.13 Proyeksi Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	100
Gambar 6.14 Jumlah Curah Hujan baseline diatas persentile 95%	101
Gambar 6.15 Periode Ulang Curah Hujan Bulanan Di Bulan2 Basah (DJF) Di Atas 200mm	101
Gambar 6.16 Periode Ulang Curah Hujan Musim Hujan Di Atas 500 mm	102
Gambar 6.17 Suhu Udara Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	102
Gambar 6.18 Perubahan Suhu Udara Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	103
Gambar 6.19 Curah Hujan Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	103
Gambar 6.20 Perubahan Curah Hujan Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	104
Gambar 6.21 Curah Hujan Tahunan Baseline 1986-2015 (atas) dan Masa Depan 2021-2050 (bawah) Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	104

Gambar 6.22 Jumlah Hari Kering Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	105
Gambar 6.23 Perubahan Jumlah Hari Kering Masa Depan 2021 – 2050 Model CSIRO dan MIROC	105
Gambar 6.24 Jumlah Hari Basah Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	106
Gambar 6.25 Perubahan Jumlah Hari Basah Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	106
Gambar 6.26 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	107
Gambar 6.27 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	107
Gambar 6.28 Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	108
Gambar 6.29 Proyeksi Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	108
Gambar 6.30 Jumlah Curah Hujan baseline diatas persentile 95%	109
Gambar 6.31 Periode Ulang Curah Hujan Bulanan Di Bulan2 Basah (DJF) Di Atas 200mm	109
Gambar 6.32 Periode Ulang Curah Hujan Musim Hujan Di Atas 500 mm	109
Gambar 6.33 Suhu Udara Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	110
Gambar 6.34 Perubahan Suhu Udara Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	110
Gambar 6.35 Curah Hujan Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	111
Gambar 6.36 Perubahan Curah Hujan Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	111
Gambar 6.37 Curah Hujan Tahunan Baseline 1986-2015 (atas) dan Masa Depan 2021-2050 (bawah) Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	112
Gambar 6.38 Jumlah Hari Kering Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	112
Gambar 6.39 Perubahan Jumlah Hari Kering Masa Depan 2021 – 2050 Model CSIRO dan MIROC	113
Gambar 6.40 Jumlah Hari Basah Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	113
Gambar 6.41 Perubahan Jumlah Hari Basah Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	114
Gambar 6.42 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	114
Gambar 6.43 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	115
Gambar 6.44 Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	115
Gambar 6.45 Proyeksi Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	116
Gambar 6.46 Jumlah Curah Hujan baseline diatas persentile 95%	116
Gambar 6.47 Periode Ulang Curah Hujan Bulanan Di Bulan2 Basah (DJF) Di Atas 200mm	117
Gambar 6.48 Periode Ulang Curah Hujan Musim Hujan Di Atas 500 mm	117
Gambar 6.49 Suhu Udara Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	118
Gambar 6.50 Perubahan Suhu Udara Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	118
Gambar 6.51 Curah Hujan Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	119
Gambar 6.52 Perubahan Curah Hujan Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	119

Gambar 6.53 Curah Hujan Tahunan Baseline 1986-2015 (atas) dan Masa Depan 2021-2050 (bawah) Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5	120
Gambar 6.54 Jumlah Hari Kering Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	120
Gambar 6.55 Perubahan Jumlah Hari Kering Masa Depan 2021 – 2050 Model CSIRO dan MIROC	121
Gambar 6.56 Jumlah Hari Basah Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	121
Gambar 6.57 Perubahan Jumlah Hari Basah Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	122
Gambar 6.58 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	122
Gambar 6.59 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	123
Gambar 6.60 Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC	123
Gambar 6.61 Proyeksi Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC	124
Gambar 6.62 Jumlah Curah Hujan baseline diatas persentile 95%	124
Gambar 6.63 Periode Ulang Curah Hujan Bulanan Di Bulan2 Basah (DJF) Di Atas 200mm	125
Gambar 6.64 Periode Ulang Curah Hujan Musim Hujan Di Atas 500 mm	125

3. DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ringkasan Proyeksi Perubahan Iklim untuk provinsi / pulau di Indonesia	40
Tabel 4.1 Variabel Iklim Penting	46
Tabel 4.2 Ringkasan variabel iklim esensial untuk penilaian dampak iklim	52
Tabel 4.3 Tinjauan dampak sektor pangan di Indonesia	54
Tabel 4.4 Ulasan dampak sektor air di Indonesia	58
Tabel 4.5 Ulasan dampak sektor kesehatan di Indonesia	62
Tabel 4.6 Tinjauan tentang dampak sektor bencana yang disebabkan oleh iklim di Indonesia	69
Tabel 4.7 Review dampak sektor ekosistem di Indonesia	72
Tabel 6.1 Nilai suhu udara (°C) Baseline 1986-2015 dan Delta perubahan Masa Depan periode 2021-2050	92
Tabel 6.2 Nilai curah hujan (mm) Baseline 1986-2015 dan besar perubahan di masa depan periode 2021-2050	93
Tabel 6.3 Nilai Jumlah hari kering (Hari) Baseline 1986-2015 dan Delta Perubahan Masa Depan periode 2021-2050.	93
Tabel 6.4 Analisis regional mengenai iklim yang diproyeksikan sehubungan dengan ekosistem dan / atau ekoregional di Indonesia	126

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim dipandang sebagai masalah global yang dapat mengancam keberlangsungan hidup manusia (Wilby et al. 2009, Barnett 2010). Sebagai contoh, dampak perubahan iklim (Rosenzweig and Parry 1994, Schmidhuber and Tubiello 2007) diperkirakan menimbulkan tantangan serius dalam pasokan pangan global untuk memenuhi permintaan konsumsi pangan terhadap sekitar sembilan miliar populasi manusia pada tahun 2050 (e.g., Gilland 2002, Jaggard, Qi, and Ober 2010, Tilman et al. 2011). Dampak buruk perubahan iklim juga diperkirakan akan meningkatkan risiko kelaparan di negara-negara berkembang (Parry, Rosenzweig, and Livermore 2005, Schmidhuber and Tubiello 2007). Namun, dampak perubahan iklim tersebar secara tidak proporsional di seluruh dunia dengan pemahaman bahwa dampaknya bersifat regional/lokal. Pada sektor pertanian, perubahan iklim akan berdampak buruk pada produktivitas tanaman terutama di negara-negara yang berada garis lintang rendah, sedangkan negara-negara dengan garis lintang tinggi akan menerima lebih banyak manfaat (Cline 2007, Parry, Rosenzweig, and Livermore 2005).

Sebagai negara yang terletak di daerah tropis, Indonesia mengakui akan kebutuhan dalam menghadapi dampak perubahan iklim global. Dalam dekade terakhir, sebagian besar bencana yang dilaporkan di Indonesia dikategorikan sebagai bencana hidro-meteorologi, di antaranya banjir dan kekeringan yang telah menimbulkan kerugian besar dan kerusakan di Indonesia. Proyeksi iklim menunjukkan risiko/ancaman sebagai berikut: peningkatan suhu 0.8-2.0°C, dengan pemanasan yang lebih besar di pulau-pulau besar bagian barat, peningkatan durasi gelombang panas, peningkatan curah hujan selama musim hujan, peningkatan durasi musim kemarau (+ 2 hari), meningkatnya frekuensi (3–23 persen) dan intensitas (2–7 persen) dari peristiwa curah hujan lebat, kenaikan permukaan laut 150–450 mm pada tahun 2056 dan hilangnya gletser Papua¹. Akibatnya, dampak terhadap produksi beras di negara ini menjadi alasan untuk kepedulian terhadap ketahanan pangan Indonesia. Dilaporkan bahwa Indonesia mengalami kerugian tahunan sekitar 100,000 ton/kabupaten dalam produksi beras². Menurut data Bank Dunia tentang perubahan iklim dan kerentanan terhadap perubahan iklim di Indonesia, masyarakat di Indonesia secara bertahap menyadari akan pentingnya memperhitungkan dampak variabilitas dan perubahan iklim, dengan adanya tanggapan berdasarkan bukti, dan langkah-langkah adaptasi untuk mengatasi kebutuhan pembangunan Indonesia. Diperkirakan pada tahun 2100, dampak perubahan iklim akan menelan biaya antara 2.5-7% dari produk domestik bruto (PDB) dengan dampak dan beban perubahan iklim ditanggung secara tidak merata oleh mereka yang paling rentan secara sosial dan ekonomi.³ Diperkirakan lebih lanjut bahwa 40% dari penduduk negara tersebut berisiko terhadap kerentanan yang mereka hadapi.⁴

¹ Climate Risk Profile, Indonesia (2017), USAID, Retrieved from: https://www.climatelinks.org/sites/default/files/asset/document/2017_USAID_ATLAS_Climate%20Risk%20Profile_Indonesia.pdf

² Tri Devi Virgiyanti (2015), Developing Monitoring, Evaluation and Reporting for the Adaptation Plan, Retrieved from: [http://www.asiapacificadapt.net/sites/default/files/2015/oct-workshop/14%20D1_S3b_P2_2%20Indonesia%20\[Virgiyanti\].pdf](http://www.asiapacificadapt.net/sites/default/files/2015/oct-workshop/14%20D1_S3b_P2_2%20Indonesia%20[Virgiyanti].pdf)

³ Ruben Carlo Asuncion and Minsoo Lee, Impacts of Sea Level Rise on Economic Growth in Developing Asia, ADB Economic Working Paper Series (2017), Retrieved from: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/222066/ewp-507.pdf>

⁴ Vulnerability, Risk Reduction, and Adaptation to Climate Change – Indonesia (2011), Climate Risk and Adaptation Country Profile, Retrieved from:

Pemerintah Indonesia sudah menerbitkan dokumen resmi tentang *climate change impacts, vulnerability, and adaptation* (CCIVA). Dokumen tersebut adalah alur sector perubahan iklim Indonesia (BAPPENAS, 2010) dan Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API). Indonesia juga telah menyerahkan dokumen *initial national communication* (INC) ke UNFCCC pada tahun 1999 dan *second national communication* (SNC) pada tahun 2010. Baru-baru ini, Pemerintah Indonesia telah menyerahkan dokumen *National Determined Contribution* (NDC) ke UNFCCC pada akhir 2016. Dokumen tersebut menitikberatkan pada komitmen negara untuk mendukung aksi terkait dengan perubahan iklim. Adapun sebagai upaya adaptasi perubahan iklim, dokumen tersebut menjelaskan tentang kebutuhan untuk mencapai tujuan ketahanan pada bidang ekonomi, sosial dan mata pencaharian, ekosistem dan *landscape*.

Selanjutnya, dokumen pada bagian adaptasi perubahan iklim menyoroti komitmen negara untuk mendukung tindakan adaptasi perubahan iklim guna mengurangi risiko pada sektor-sektor pembangunan utama. Dalam dokumen NDC, Pemerintah Indonesia berencana untuk memanfaatkan informasi tentang kerentanan regional sebagai dasar pengembangan sistem informasi adaptasi perubahan iklim, dan memperkuat kapasitas kelembagaan dan penyebaran kebijakan dan peraturan sensitif perubahan iklim pada tahun 2020. Strategi yang digunakan untuk tujuan jangka menengah dari adaptasi perubahan iklim Indonesia adalah untuk mengurangi risiko pada semua sektor pembangunan (pertanian, air, energi, kehutanan, kelautan dan perikanan, kesehatan, layanan publik, infrastruktur, dan sistem perkotaan) pada tahun 2030 melalui penguatan kapasitas lokal, peningkatan manajemen pengetahuan, kebijakan konvergen tentang adaptasi perubahan iklim dan pengurangan risiko bencana, dan penerapan teknologi adaptif. Dalam mendukung implementasi NDC, perlu adanya komitmen tidak hanya dari pemerintah nasional tetapi juga dari pemerintah provinsi/ kabupaten, sektor swasta, LSM, dan pemangku kepentingan terkait lainnya. Mengingat komitmen yang terkandung dalam NDC, diperlukan strategi untuk mengimplementasikan komitmen sesuai dengan kesiapan negara.

Sebagai bagian dari upaya mendukung kesiapan NDC, laporan ini memberikan pandangan tentang dampak perubahan iklim di Indonesia. Tujuannya adalah untuk meninjau modalitas yang ada di negara ini dengan tindakan lebih lanjut yang dapat dirancang untuk mengembangkan rencana seperti peta jalan (*roadmap*) untuk implementasi NDC. Dokumen ini dapat dilihat sebagai data dasar dengan merujuk pada data dan informasi yang tersedia untuk menentukan target NDC pada adaptasi yang tujuannya adalah ketahanan pada ekonomi, sosial dan mata pencaharian, ekosistem dan *landscape*. Laporan ini dibagi menjadi beberapa bagian dalam membahas Profil Iklim Nasional, yang terdiri dari variabilitas iklim, tren, proyeksi, dampak perubahan iklim nasional yang diperluas dari laporan negara terkait perubahan iklim terbaru yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Perubahan Iklim - Kementerian Lingkungan Hidup, dan ringkasan dampak perubahan iklim nasional dengan merujuk pada variabel iklim esensial.

1.2 Pendekatan dan Metode

Telaah dokumen-dokumen profil iklim dan studi dampak perubahan iklim di Indonesia yang tersedia saat ini dilakukan sebagai bahan referensi dari laporan ini. Memahami akses publik adalah tantangan dalam memperoleh informasi yang dirilis sebagai bagian dari berbagai pengetahuan, laporan online, dan artikel tentang studi profil iklim dan dampak perubahan iklim di Indonesia yang dapat diakses secara online. Kegiatan ini dapat menghasilkan gambaran dan artikel penelitian dan laporan yang diterbitkan oleh para ilmuwan atau organisasi non pemerintah. Fokus laporan ini adalah untuk mengkaji studi profil iklim yang tersedia beberapa subjek sebagai berikut: **1)**

http://sdwebx.worldbank.org/climateportalb/doc/GFDRRCountryProfiles/wb_gfdr climate_change_country_profile_for_ID N.pdf

Variabilitas Iklim, 2) Tren Iklim, 3) Proyeksi Perubahan Iklim dan kemudian untuk meninjau studi dampak perubahan iklim pada berbagai sektor, di antaranya: **1) Sektor Pangan, 2) Sektor Air, 3) Sektor Kesehatan, 4) Sektor Bencana akibat Iklim, dan 5) Sektor Ekosistem**. Referensi utama untuk profil iklim dan studi dampak perubahan iklim adalah hasil laporan *Progress on Climate Change Vulnerability, Risk, Impact and Adaptation: Challenges and Opportunities* (Perdinan, 2016) dan *Indonesia Third National Communication* dibawah UNFCCC (MoEF, 2017). Referensi lain merujuk pada informasi profil iklim yang tersedia dan dokumen dampak perubahan iklim yang diperoleh menggunakan pencarian di web (*Google Scholar*). Dokumen yang digunakan adalah dokumen – dokumen yang diterbitkan sejak 1 Januari 2006 hingga tanggal saat ini diarsipkan. Berikut kata kunci yang digunakan untuk mencari dokumen, yaitu:

1. Variabilitas iklim di Indonesia
2. Tren iklim di Indonesia
3. Proyeksi perubahan iklim di Indonesia
4. Dampak perubahan iklim terhadap pertanian di Indonesia
5. Dampak perubahan iklim terhadap air di Indonesia
6. Dampak perubahan iklim terhadap kesehatan di Indonesia
7. Dampak terhadap bencana terkait iklim di Indonesia
8. Dampak perubahan iklim terhadap ekosistem di Indonesia



Gambar 1.1 Tinjauan metode dari pandangan tentang dampak perubahan iklim di Indonesia

2 Kebijakan Adaptasi Perubahan Iklim di Indonesia

Undang-Undang tentang Perubahan Iklim yang pertama kali diterbitkan di Indonesia adalah Undang-Undang No. 06 Tahun 1994 tentang Ratifikasi Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim. Kebijakan yang merupakan hasil KTT Bumi di Rio de Janeiro, Brasil, pada tanggal 3 hingga 14 Juni 1992. Hal ini memperlihatkan komitmen Indonesia sebagai salah satu negara yang berupaya mencegah peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di dunia. Selain KTT Bumi di Rio de Janeiro, Protokol Kyoto, yang merupakan amendemen kerangka UNFCCC juga melahirkan undang-undang tentang Perubahan Iklim, yaitu Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2004 tentang Ratifikasi Protokol Kyoto tentang Kerangka Kerja PBB (Konvensi tentang Perubahan Iklim). Kemudian pada tahun 2009, Pemerintah mengeluarkan UU No. 31 tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Undang-undang tersebut menegaskan bahwa Pemerintah berkewajiban untuk melakukan aksi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

2.1 Sektor pangan

Sektor pangan di Indonesia diatur melalui Undang-Undang Pangan Nomor 18 Tahun 2012 sebagai pengganti Undang-Undang Pangan Nomor 7 Tahun 1996, yang diterbitkan untuk mencapai kedaulatan dan kemandirian pangan. Hal ini menunjukkan bahwa suatu negara harus memiliki kapasitas untuk memenuhi kebutuhan pangan warganya untuk mendukung kedaulatan negara. Dalam hal ini, diversifikasi pangan adalah salah satu solusi untuk mencapai ketahanan pangan. Kegiatan Percepatan Diversifikasi Konsumsi Pangan (P2KP) adalah implementasi Rencana Strategis Kementerian Pertanian, yaitu Empat Keberhasilan Pertanian, salah satunya adalah Peningkatan Diversifikasi Pangan.

<p>UU No. 18 Tahun 2012 Pasal 3 <i>Penyelenggaraan Pangan dilakukan berdasarkan Kedaulatan Pangan, Kemandirian Pangan, dan Ketahanan Pangan</i></p>	<p>Perpres No. 22 Tahun 2009 Pasal 1 <i>Kebijakan Percepatan Penganekaragaman Konsumsi Pangan Berbasis Sumber Daya Lokal</i></p>	<p>Permen Tan No. 81 Tahun 2013 Pasal 1 <i>Pedoman Teknis Tata Cara Alih Fungsi Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan</i></p>
<p>Permen Tan No. 45 Tahun 2011 Pasal 1 <i>Tata Hubungan Kerja Antar Kelembagaan Teknis, Penelitian dan Pengembangan, dan Penyuluhan Pertanian dalam mendukung Peningkatan Produksi Beras Nasional (P2BN)</i></p>		<p>Permen Tan No. 131 Tahun 2014 Pasal 1 <i>Mekanisme dan Hubungan Kerja Antar Lembaga yang Membidangi Pertanian dalam Mendukung Peningkatan Produksi Pangan Strategis Nasional</i></p>
<p>PP No. 1 Tahun 2011 Pasal 2 <i>Penetapan dan Alih Fungsi Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan</i></p>	<p>PP No. 17 Tahun 2015 Pasal 5 <i>Ketahanan Pangan dan Gizi</i></p>	<p>UU No. 41 Tahun 2009 Pasal 3 <i>Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan</i></p> <p>Permen Tan No. 15 Tahun 2013 Pasal 1 <i>Program Peningkatan Diversifikasi dan Ketahanan Pangan Masyarakat Badan Ketahanan Pangan Tahun Anggaran 2013</i></p>

Gambar 2.1 Peraturan tentang Adaptasi Perubahan Iklim di sektor pangan

2.2 Sektor air

Perlindungan dan pengelolaan sumber daya air adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk menjaga fungsi sumber daya air dan mencegah polusi dan/atau kerusakan sumber daya air yang mencakup perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum. Berdasarkan UU No. 7 tahun 2004, Pemerintah dan/atau Pemerintah Daerah memiliki hak untuk mengatur dan menentukan penggunaan sumber daya alam untuk tujuan konservasi, persiapan pelaksanaan konstruksi, dan pemenuhan prioritas penggunaan sumber daya alam dalam keadaan kompulsif. Pengembangan sistem pasokan air minum adalah tanggung jawab Pemerintah dan Pemerintah Daerah. Koperasi, perusahaan swasta, dan masyarakat dapat berpartisipasi dalam implementasi pengembangan sistem pasokan air minum.



Gambar 2.2 Kebijakan berhubungan suplai air

2.3 Sektor kesehatan

Dampak perubahan iklim di Sektor Kesehatan yang telah dirasakan adalah peningkatan frekuensi penyakit dan jenis penyakit baru. Perubahan cuaca ekstrem yang semakin sering dapat berpotensi secara langsung memengaruhi kesehatan. Infeksi, polusi udara, kerawanan pangan, malnutrisi, dan peningkatan kejadian demam berdarah adalah beberapa contoh penyakit yang frekuensinya semakin meningkat dengan terjadinya perubahan iklim. Oleh karena itu, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia telah berpartisipasi dalam melaksanakan tindakan adaptasi perubahan iklim dengan membuat Peraturan Menteri Kesehatan No. 1018 tahun 2011 tentang Strategi Adaptasi Sektor Kesehatan Terhadap Dampak Perubahan Iklim.



Gambar 2.3 Kebijakan berhubungan adaptasi perubahan iklim sektor kesehatan

2.4 Sektor Energi

Dalam Rencana Aksi Nasional untuk Adaptasi Perubahan Iklim, target pengembangan energi nasional adalah untuk mengurangi konsumsi minyak nasional dan meningkatkan pangsa energi non-minyak bumi. Berdasarkan Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, pada tahun 2025,

kontribusi energi terbarukan sebagai salah satu sumber energi non-minyak bumi akan meningkat menjadi 17% dari pemenuhan energi nasional. Menurut Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, Energi Terbarukan adalah Energi yang berasal dari Sumber Daya Energi berkelanjutan yang dikelola dengan baik, termasuk energi panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran air dan air terjun, serta pergerakan dan perbedaan suhu lapisan laut. Kebijakan energi nasional dalam PP dibagi menjadi dua (pasal 3), yaitu Kebijakan Utama dan Kebijakan Pendukung.

Kebijakan energi nasional bertujuan untuk mengelola energi berdasarkan prinsip-prinsip keadilan, keberlanjutan, dan wawasan lingkungan untuk menciptakan Kemandirian Energi dan Keamanan Energi Nasional (UU No. 30 tahun 2007). Beberapa kegiatan di sektor energi terbarukan yang berada di bawah Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Peraturan Presiden No. 68 tahun 2015) adalah Pembelian Tenaga Listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa dan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Peraturan Menteri ESDM No 27 dari 2014), Pembelian Pembangkit Listrik Tenaga Air (Peraturan Menteri ESDM No. 19 tahun 2015), dan Membubuhkan Label Penghematan Energi (Peraturan Menteri ESDM No. 18 tahun 2014).



Gambar 2.4 Kebijakan berhubungan adaptasi perubahan iklim sektor energi

2.5 Sektor ekosistem

Lingkungan dan ekosistem berperan penting dalam proses adaptasi perubahan iklim. Berdasarkan dokumen RAN-API, ketahanan ekosistem adalah pelestarian ekosistem hutan dan ekosistem esensial dari dampak perubahan iklim sehingga keberadaan keanekaragaman hayati dan jasa ekosistem dapat berkelanjutan. Keanekaragaman hayati, sebagai komponen utama dalam ekosistem, menjadi penyedia jasa lingkungan yang memegang kunci bagi kelestarian ekosistem. Layanan ekosistem yang berperan penting dalam kelestarian ekosistem adalah penyedia, pengatur, budaya dan pendukung. Pemeliharaan ekosistem hutan, area-area penting dan keanekaragaman hayati akan memastikan ketersediaan layanan air dan layanan ekosistem, serta menjadi salah satu komponen kunci untuk mencapai ketahanan pangan, kemandirian energi, dan kehidupan masyarakat.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kementerian Kehutanan dianggap dapat bekerja sama untuk menjadi satu Kementerian, yaitu Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sehingga Presiden menerbitkan Peraturan Presiden No. 16 tahun 2015 tentang Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Sebelum bergabung bersama, Kementerian Lingkungan Hidup membuat beberapa peraturan dan program tentang lingkungan dan ekosistem yang terkait dengan

perubahan iklim. Peraturan Pengukuran Lingkungan No. 27 tahun 2009 tentang Studi Lingkungan Strategis dibentuk dengan tujuan memberikan panduan bagi Pemerintah dan pemerintah daerah dalam mengintegrasikan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan ke dalam PPP (Kebijakan, Rencana, dan / atau Program).

<p>UU No. 41 Tahun 1999 Pasal 3 <i>Penyelenggaraan kehutanan bertujuan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat yang berkeadilan dan berkelanjutan</i></p>	<p>UU No. 18 Tahun 2013 Pasal 2 <i>Tujuan Pencegahan dan pemberantasan perusakan hutan</i></p>	<p>UU No. 5 Tahun 1990 Pasal 5 <i>Kegiatan konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya</i></p>
<p>UU No. 32 tahun 2009 Pasal 10 <i>Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (RPPLH) harus memperhatikan perubahan iklim</i></p>	<p>PP No. 38 Tahun 2011 Pasal 18 <i>Pengelolaan sungai meliputi Konservasi sungai, Pengembangan sungai dan Pengendalian daya rusak air sungai.</i></p>	<p>Perpres No. 16 Tahun 2015 Pasal 2 <i>Tugas Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan</i></p>
<p>Permen LH No. 19 tahun 2012 Pasal 3 <i>ProKlim (Program Kampung Iklim) sebagai upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim</i></p>	<p>Permen LH No. 27 Tahun 2009 Pasal 1 <i>Pedoman Pelaksanaan Kajian Lingkungan Hidup Strategis</i></p>	
<p>PP No. 45 Tahun 2004 Pasal 5 <i>Penyelenggaraan perlindungan hutan bertujuan untuk menjaga hutan agar fungsi-fungsinya optimal dan lestari.</i></p>	<p>Permen LH No. 1 tahun 2012 Pasal 4 <i>Tahapan pelaksanaan program menuju Indonesia hijau</i></p>	<p>Perpres No. 73 Tahun 2012 Pasal 2 <i>Strategi Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove</i></p>

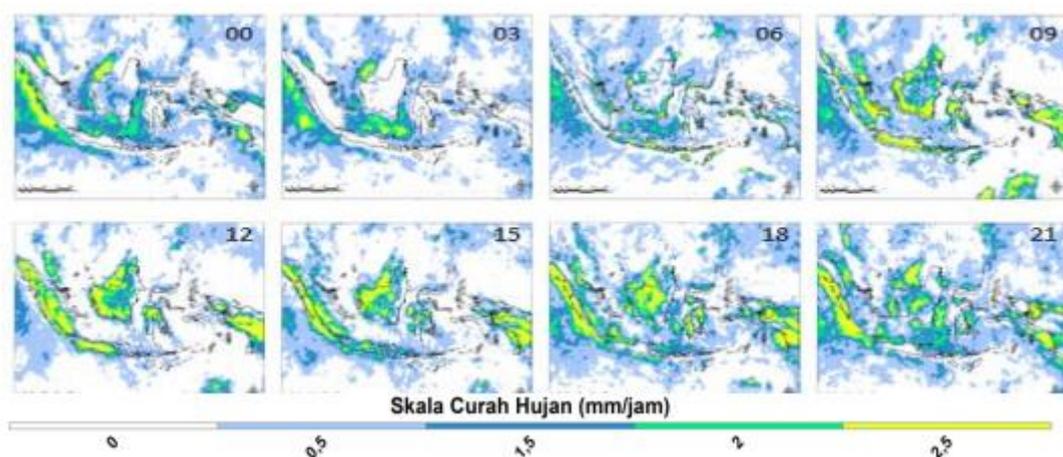
Gambar 2.5 Kebijakan berhubungan adaptasi perubahan iklim sektor ekosistem

3 Profil Iklim Nasional

3.1 Variabilitas Iklim

3.1.1 Curah Hujan

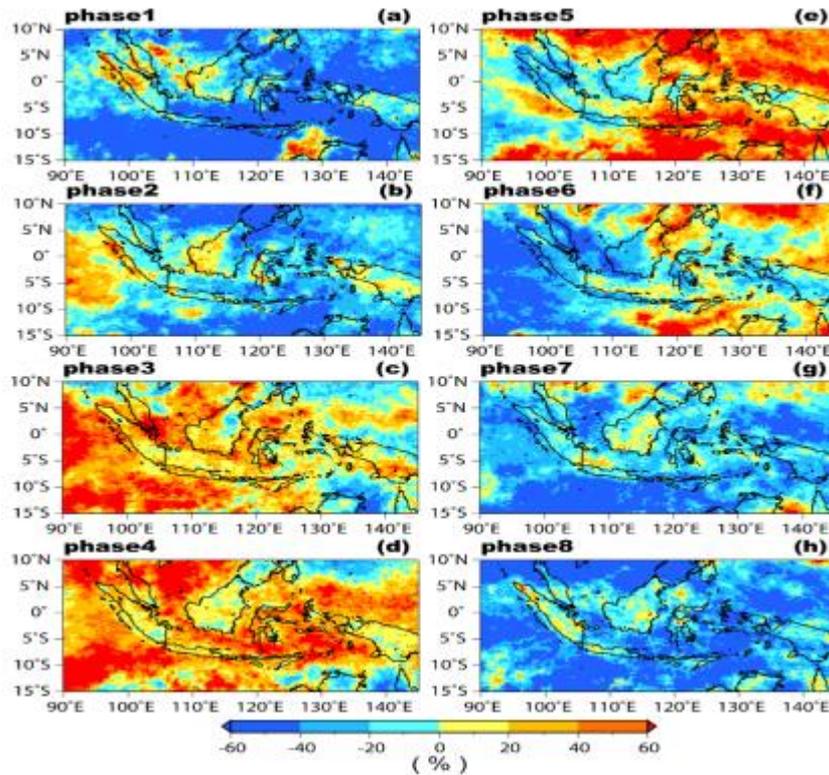
Curah hujan dengan intensitas yang tinggi teramati pada pulau setelah 0900 LT, dimana daerah curah hujan tinggi terpusat di sepanjang garis pantai barat daya pada 1200 LT. Daerah curah hujan meluas ke daerah pedalaman dan mencakup sebagian besar pulau di 1800 LT, tetapi daerah curah hujan yang tinggi ditemukan di atas wilayah laut pantai di sepanjang garis barat daya di 2100 LT. Curah hujan di atas wilayah laut pesisir meluas ke wilayah lepas pantai selama 1800-2100 LT, sedangkan wilayah hujan di pulau tersebut hampir habis selama 0000-0600 LT. Terlihat jelas bahwa curah hujan di Indonesia sangat dipengaruhi oleh siklus harian.



Gambar 3.1 Variabilitas curah hujan harian di Indonesia pada waktu setempat.

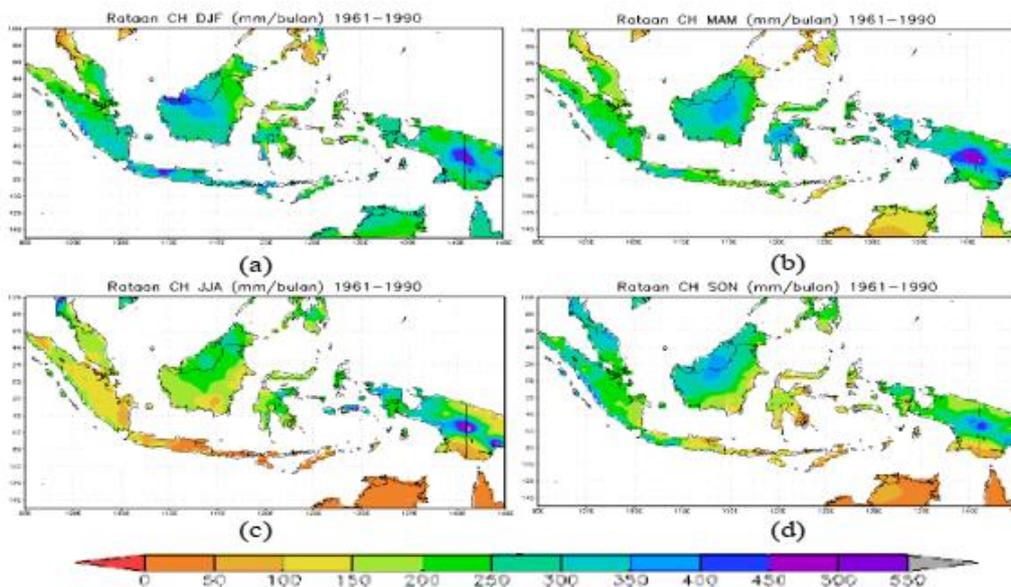
Sumber: (MoEF, 2017)

Anomali curah hujan yang berkaitan dengan MJO memiliki amplitudo 1-3 mm/hari (10-30% rata-rata klimatologis) di atas pulau dan sekitar 5 mm/hari (50-60%) di atas lautan. MJO mengendalikan sebagian besar dari total curah hujan di Indonesia dan variabilitas curah hujan di atas lautan sekitarnya lebih jelas dikendalikan oleh MJO dibandingkan dengan daratan yang lebih luas.



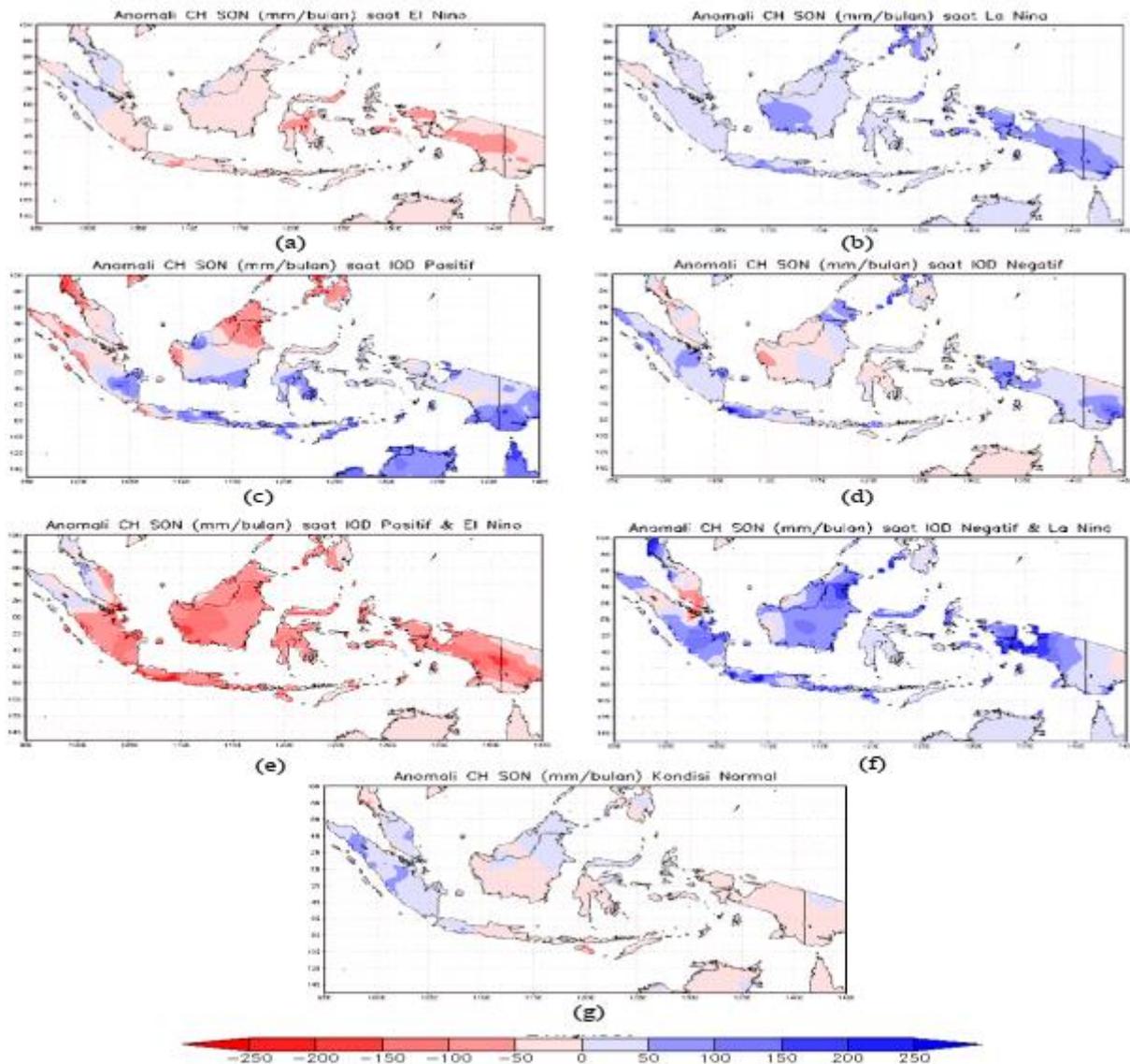
Gambar 3.2 Peningkatan dan penurunan curah hujan di setiap fase relatif MJO (a-h) dengan rata-rata jangka panjang (1997 hingga 2012) selama musim panas Australia. Unit adalah persentase (%). Sumber: (MoEF, 2017)

Curah hujan di Indonesia menunjukkan karakteristik monsoon yang kuat. Hal tersebut ditunjukkan dari karakteristik musiman curah hujan berdasarkan distribusi spasial dimana nilai klimatologi curah hujan yang tinggi sebagian besar terjadi selama musim hujan ketika musim panas Australia berada dalam fase aktif, terutama selama periode DJF. Hal ini berbeda dengan kondisi ketika musim panas Asia berada dalam fase aktif (periode JJA), di mana sebagian besar wilayah di Indonesia berada dalam kondisi kering. Keberadaan *cold surges* mampu meningkatkan intensitas curah hujan di Indonesia, terutama di Laut Jawa. Akibatnya, intensitas curah hujan meningkat sekitar 20-60%.



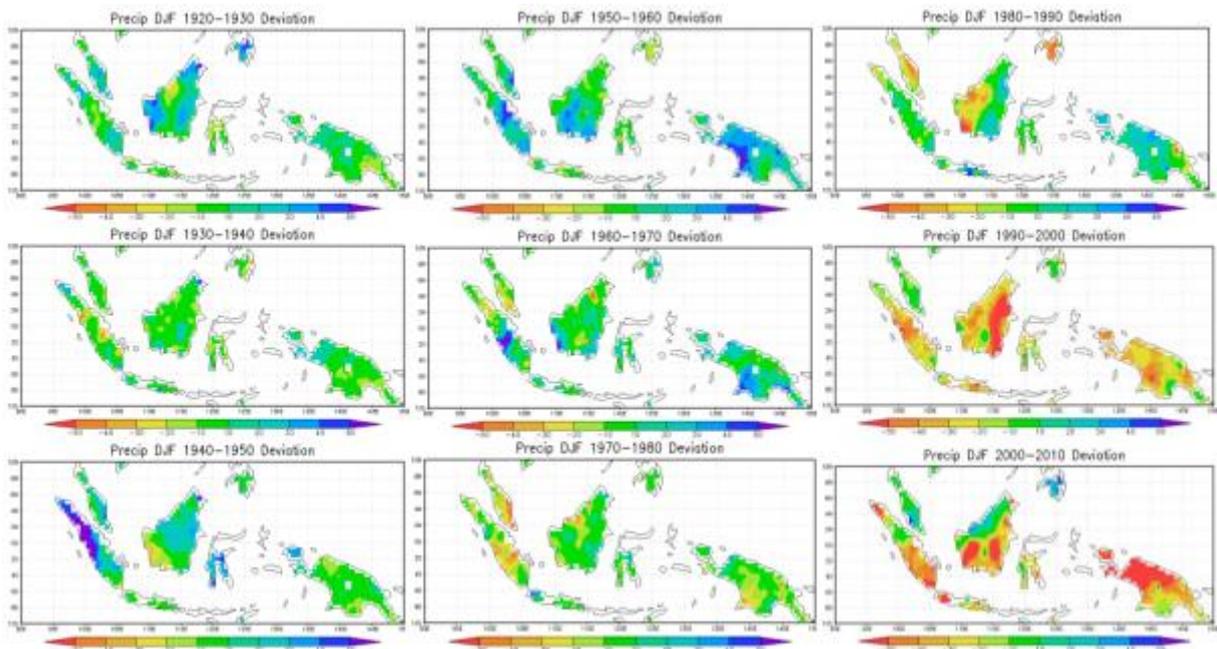
Gambar 3.3 Klimatologi hujan Indonesia selama (a) DJF, (b) MAM, (c) JJA, dan (d) SON. Data berasal dari CRU Periode 1961 hingga 2011. Sumber: (MoEF, 2017)

Variasi antar tahunan dengan skala waktu beberapa tahun seperti *El Nino – Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian Ocean Dipole* (IOD) sangat memengaruhi siklus musiman. Pada tahun-tahun *El Nino*, musim hujan menjadi lebih pendek atau lebih lambat, sedangkan musim hujan lebih panjang atau lebih awal pada tahun-tahun *La Nina*. Untuk menguji keterkaitan IOD, ENSO dan curah hujan Indonesia, curah hujan gabungan dilakukan selama ENSO murni, IOD murni, peristiwa kombinasi *El Nino* dan IOD positif; *La Nina* dan tahun-tahun IOD negatif.



Gambar 3.4 Anomali curah hujan komposit (mm/bulan) selama September, Oktober dan November (a) *El Nino*, (b) *La Nina*, (c) IOD Positif, (d) IOD Negatif, (e) IOD Positif dan *El Nino*, (f) IOD negatif dan *La Nina*, dan (g) tidak ada IOD dan ENSO (tahun normal) . Sumber: (MoEF, 2017)

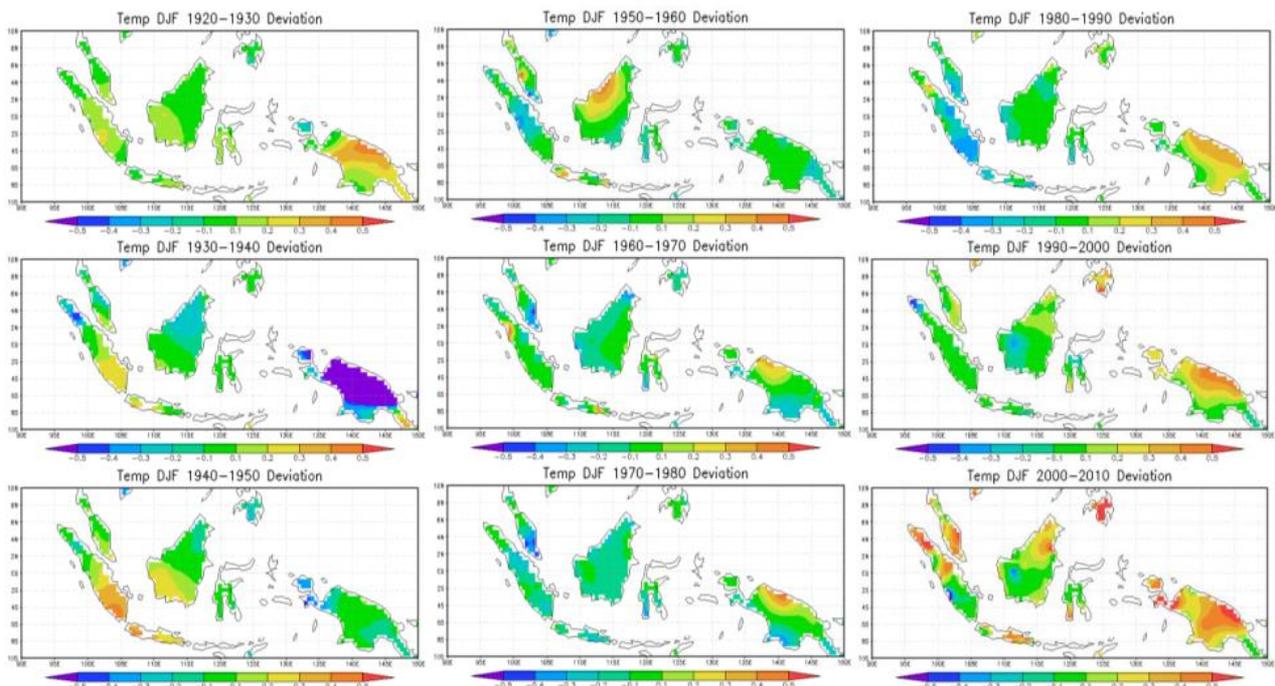
Pemanasan global akan dibebankan pada skala waktu iklim *decadal*, seperti yang disebabkan oleh *Pacific Decadal Oscillation* dan/atau *inter-decadal Pacific Oscillation*. Curah hujan menegaskan anomali curah hujan negatif yang mendominasi wilayah (misalnya Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Papua) dalam waktu 20 tahun terakhir (yaitu 1990 hingga 2010) pada musim DJF. Berkurangnya anomali curah hujan selama periode ini mengindikasikan adanya variabilitas *decadal* pada curah hujan Indonesia.



Gambar 3.5 Variabilitas antar dekade dari curah hujan Indonesia selama musim DJF. Anomali dihitung berdasarkan masing-masing permulaan dari periode referensi 1920-2010. Sumber: (MoEF, 2017)

3.1.2 Suhu Udara

Variabilitas suhu udara Inter-decadal (*Inter-decadal variability*) selama musim DJF jelas menunjukkan bahwa suhu udara di Indonesia dimodulasi oleh variabilitas jangka panjang.



Gambar 3.6 Variabilitas antar dekade dari suhu udara Indonesia selama musim DJF. Anomali dihitung berdasarkan keberangkatan mereka dari periode referensi 1920-2010. Sumber: (MoEF, 2017)

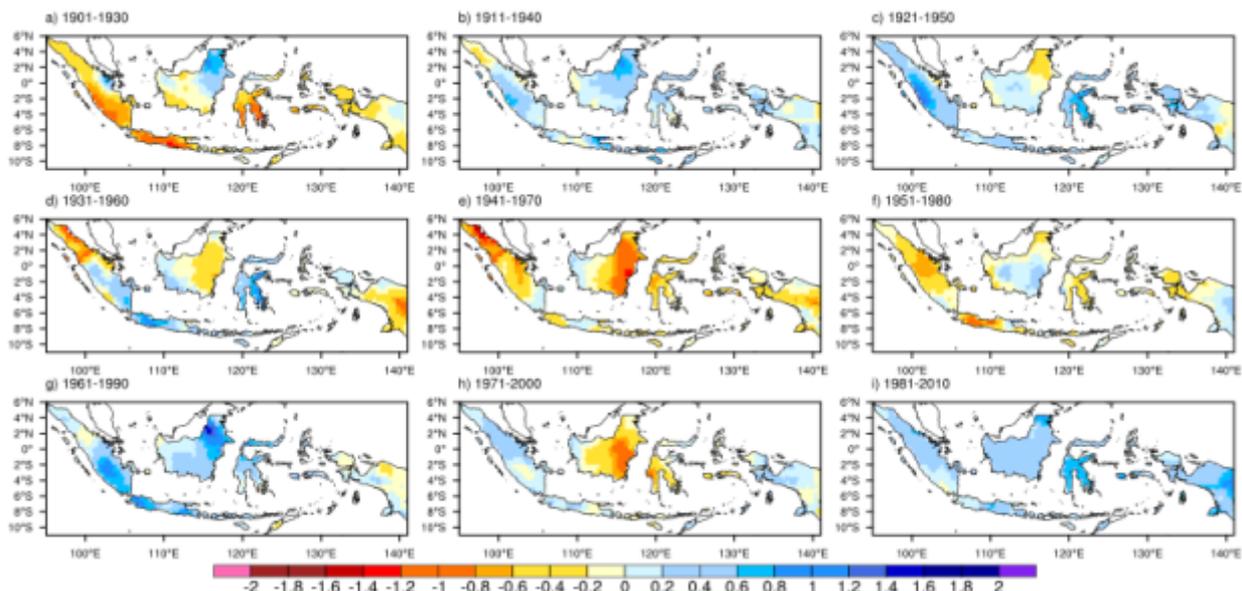
3.2 Tren Iklim

3.2.1 Curah Hujan

Perubahan kecenderungan curah hujan untuk pulau Lombok menurunkan tren sekitar 0.092 mm/tahun dalam curah hujan bulanan untuk periode 1961-2008 dengan variasi pergeseran di musim hujan dan kemarau. Curah hujan di daerah Jatiluhur, Subang, untuk periode 1975-2012

menunjukkan bahwa curah hujan bulanan menurun setiap tahun sekitar 1,604 mm . Data curah hujan Bandung untuk periode 1900-1930 dan 1960-1990 menunjukkan peningkatan curah hujan tahunan, musim hujan, kemarau dan musim transisi/pancaroba. Berdasarkan data curah hujan sebanyak 59 stasiun di Kalimantan Barat, dimana curah hujan yang periodenya bervariasi antara tahun 1981-2010, mencerminkan variasi spasial dalam perubahan curah hujan, yaitu curah hujan tahunan di sebagian besar wilayah Kalimantan Barat menurun hingga 70 mm/tahun. Curah hujan bulanan untuk bulan-bulan kering (yaitu Juni-Juli) menunjukkan variasi spasial dalam peningkatan pola curah hujan di Kalimantan Barat, sementara curah hujan menurun pada bulan-bulan basah (Maret dan Mei dan Desember-Januari).

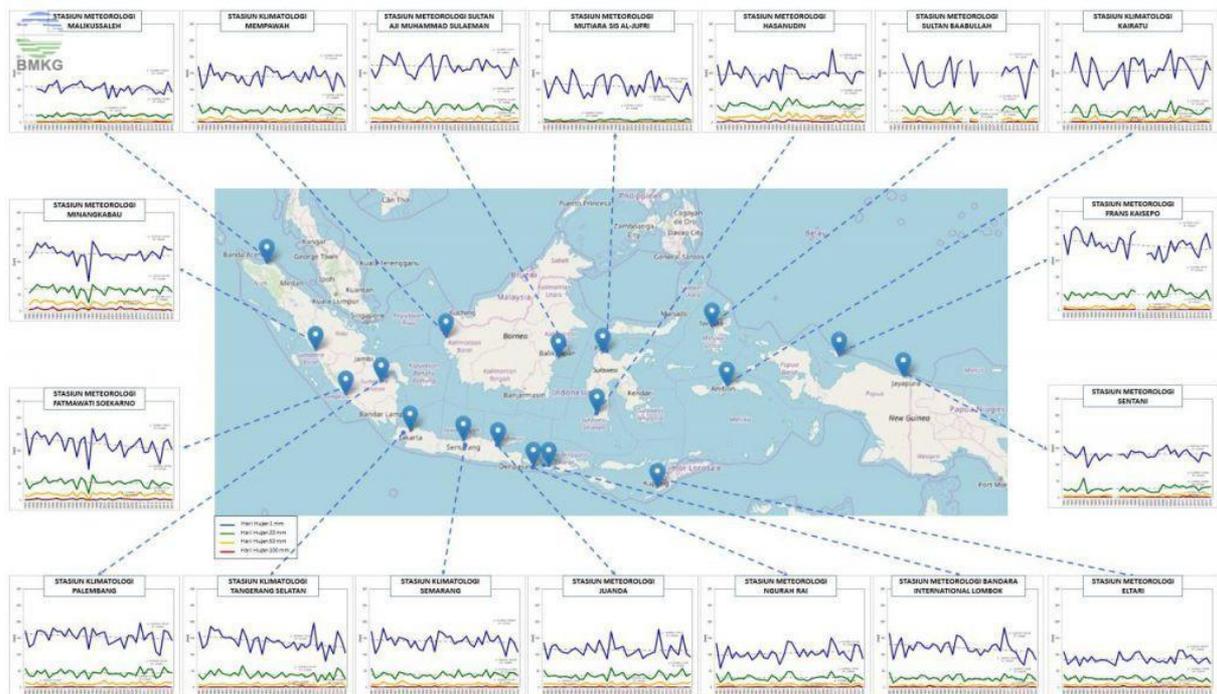
Selama 30 tahun terakhir, yaitu pada tahun 1981-2010, tren curah hujan *decadal* secara dominan menunjukkan tren kenaikan. Hal ini terjadi karena kondisi curah hujan yang lebih kering pada awal 1980-an dan 1990-an sebagai dampak dari peristiwa El Nino yang kuat dan sedang pada tahun-tahun tersebut, dan kondisi yang lebih basah pada akhir tahun 2000-an, di mana La Nina yang kuat terjadi pada tahun 2010. Kondisi curah hujan yang lebih kering pada awal periode 30 tahun dan kondisi basah pada akhir periode tersebut berkontribusi terhadap tren kenaikan curah hujan yang ditemukan di hampir semua wilayah di Indonesia.



Gambar 3.7 Tren dekadal frekuensi hari hujan di Indonesia berdasarkan dataset CRU TS 3.22. Tren dihitung untuk setiap periode 30 tahun dengan jarak setiap 10 tahun antara tahun-tahun awal: a) 1901-1930, b) 1911-1940, c) 1921-1950, d) 1931-1960, e) 1941-1970, f) 1951-1980, g) 1961-1990, h) 1971-2000, dan i) 1981-2010 . Sumber: (MoEF, 2017)

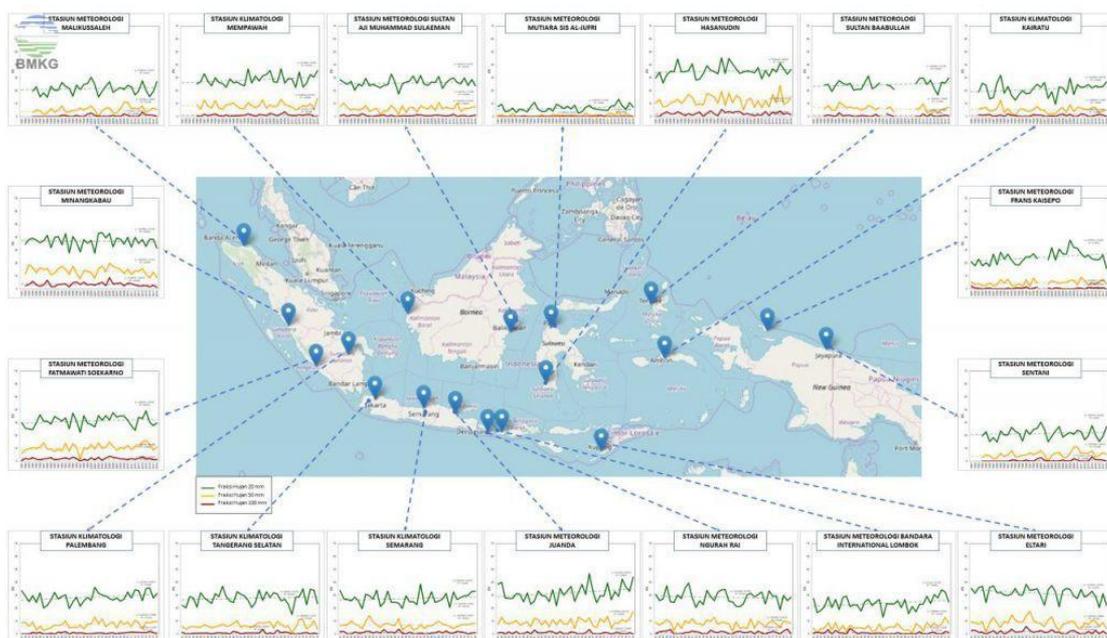
Tren hari hujan berikut diperoleh dengan menggunakan data observasi BMKG mulai dari 1981-2018. Tren hari hujan ini disajikan dalam empat (4) kategori, yaitu hari hujan dengan intensitas di atas 1, 20, 50 dan 100 mm/hari dalam setahun. Berdasarkan hasil pengolahan tren hari hujan di Indonesia, terlihat bahwa pada umumnya hari hujan Indonesia memiliki tren yang bernilai positif, walaupun di beberapa daerah bernilai negatif dengan besaran yang bervariasi.

Sebagai contoh, jika kita melihat lokasi di Stasiun Meteorolog Hasanuddin Makassar, terlihat bahwa terdapat tren positif dalam semua intensitas curah hujan. Untuk intensitas hujan 20 mm/hari (hijau), dapat dilihat dari persamaan tren yang memiliki nilai kemiringan 0.1149 yang berarti bahwa hari hujan dengan intensitas 20 mm/hari cenderung meningkat sebesar 0.1149 hari setiap tahun atau 1.149 hari setiap dekade.



Gambar 3.8 Peta tren curah hujan Indonesia. Sumber: (BMKG, 2019c)

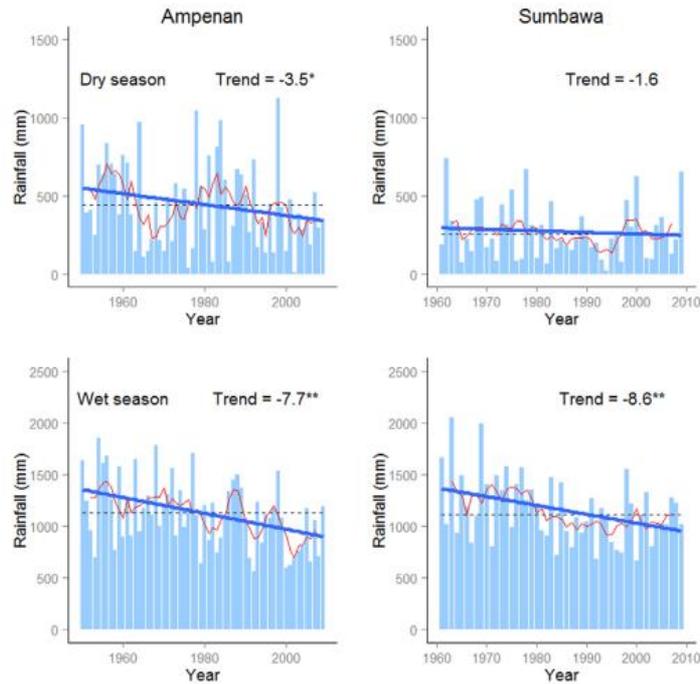
Tren fraksi curah hujan adalah perbandingan curah hujan tertentu dibandingkan dengan hari hujan. Data berasal dari observasi BMKG mulai dari 1981-2018. Tren fraksi curah hujan ini disajikan dalam tiga (3) kategori, yaitu curah hujan dengan intensitas 20, 50 dan 100 mm/hari. Berdasarkan hasil pengolahan tren pada fraksi curah hujan di Indonesia, secara umum hujan di Indonesia memiliki tren positif, walaupun di beberapa daerah hasilnya negatif dengan besaran yang bervariasi. Sebagai contoh, jika kita melihat lokasi di Stasiun Meteorologi Hasanuddin Makasar, terlihat bahwa terdapat tren positif untuk semua intensitas curah hujan. Untuk intensitas hujan 20 mm/hari, dapat dilihat dari persamaan tren bahwa nilai kemiringan 0.624 per dekade yang berarti bahwa curah hujan dengan intensitas 20 mm/hari cenderung meningkat 0.624 persen per dekade.



Gambar 3.9 Peta tren fraksi curah hujan Indonesia. Sumber: (BMKG, 2019c)

Curah hujan musiman diamati di Ampenan dan Sumbawa, yaitu rata-rata 1971-2000 (garis putus-putus), rata-rata bergerak 5 tahun (garis merah), dan tren linier (garis biru tebal), dimana tren menunjukkan nilai dalam mm per tahun. A * menunjukkan tren signifikan pada $p < 0.1$, sedangkan

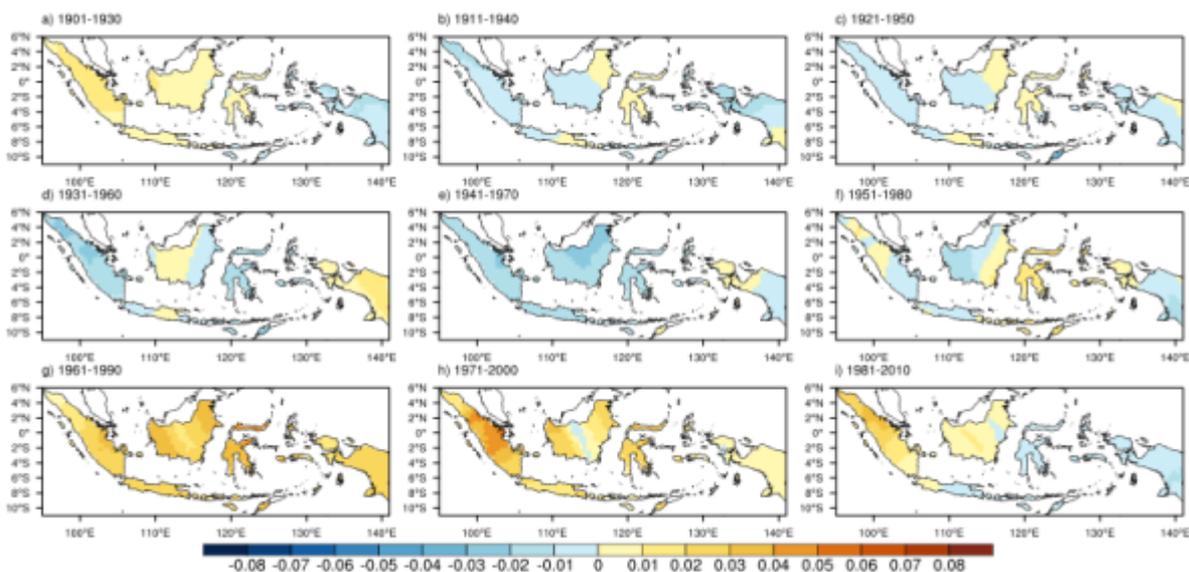
** menunjukkan tren signifikan pada $p < 0.01$. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, curah hujan musiman tersebut menunjukkan variabilitas dari tahun ke tahun atau antar tahunan yang sangat tinggi. Koefisien variasi (didefinisikan sebagai rasio standar deviasi terhadap rata-rata) dapat lebih besar dari satu unit selama musim kemarau. Kedua, ada periodisitas multi-tahunan dan variabilitas antar-dekade, dimana hal tersebut terbukti dari fluktuasi rata-rata bergerak 5-tahun. Ketiga, ada tren penurunan jangka panjang, yang signifikan secara statistik ($p < 0,1$), kecuali untuk musim hujan di Sumbawa.



Gambar 3.10 Curah hujan musiman yang diamati di Ampenan dan Sumbawa, bersama dengan rata-rata 1971-2000 (garis putus-putus), rata-rata bergerak 5 tahun (garis merah), dan tren linier (garis biru tebal). Tren dalam mm per tahun. A/ menunjukkan tren signifikan pada $p < 0.1$, sedangkan // menunjukkan tren signifikan pada $p < 0.01$. Sumber: (Kirono *et al.*, 2016)

3.2.2 Suhu Udara

Variabilitas suhu udara selama satu dekade tampaknya juga memengaruhi kondisi suhu rata-rata di Indonesia, tetapi mungkin tidak sebesar yang variabilitas curah hujan karena tren jangka panjang masih menunjukkan tren kenaikan suhu permukaan rata-rata yang berbeda.



Gambar 3.11 Tren dekade suhu rata-rata tahunan ($^{\circ}\text{C} / \text{tahun}$) di Indonesia berdasarkan dataset CRU TS 3.22. Tren dihitung untuk setiap periode 30 tahun dengan jarak setiap 10 tahun antara tahun-tahun awal: a) 1901-1930, b) 1911-1940, c) 1921-1950, d) 1931-1960, e) 1941-1970, f) 1951-1980, g) 1961-1990, h) 1971-2000, dan i) 1981-2010. Sumber: (MoEF, 2017)

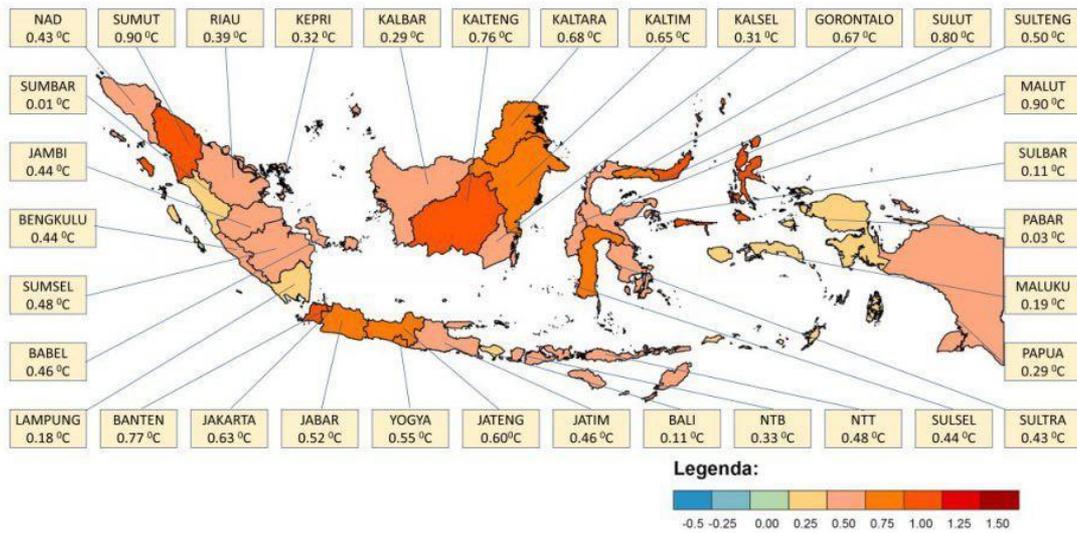
Suhu udara rata-rata di Indonesia pada bulan April periode 1981-2010 (rata-rata normal) adalah 26.9°C . Suhu udara rata-rata pada bulan April 2019 adalah 27.2°C sehingga anomali dalam peningkatan suhu udara Indonesia rata-rata adalah 0.3°C . Anomali suhu udara rata-rata pada April 2019 yang diamati di semua stasiun pengamatan BMKG di Indonesia umumnya positif, kecuali di Stasiun Meteorologi Mutiara Sis-Al Jufri yang menunjukkan anomali pada April 2019 rata-rata -0.1°C . Anomali positif tertinggi terjadi pada bulan April 2019 di Stasiun Meteorologi Temindung pada 1.3°C .



Gambar 3.12 Analisis Anomali Suhu Udara Rata-rata pada April 2019. Sumber: (BMKG, 2019a)

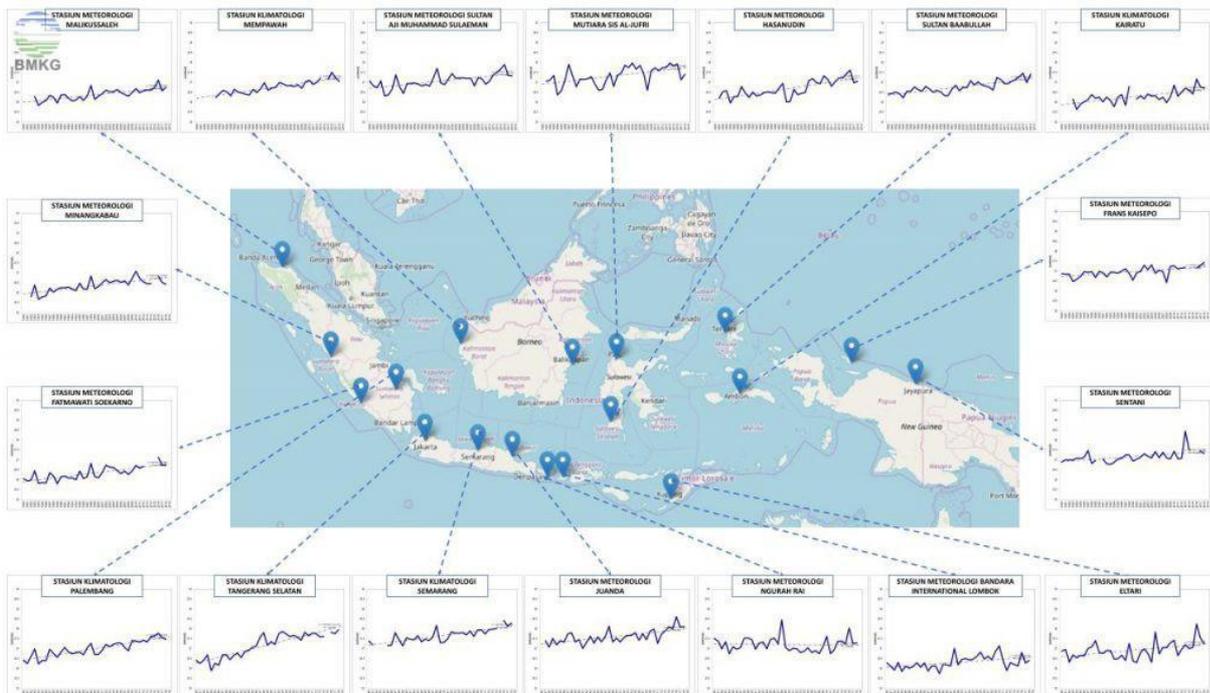
Suhu udara anomali adalah rasio suhu udara pada tahun tertentu yang relatif terhadap periode normal, dalam hal ini periode 1981-2010. Data observasi dari stasiun BMKG di setiap provinsi dihitung nilai rata-rata sebagai anomali suhu masing-masing provinsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2016 adalah tahun terpanas di wilayah Indonesia (0.8°C dibandingkan dengan periode normal 1981-2010), kemudian diikuti oleh tahun 2015 yang menempati peringkat kedua (0.5°C dibandingkan dengan periode normal 1981-2010). Tahun 2018 sendiri menempati peringkat ketiga dengan anomali 0.46°C dibandingkan periode normal 1981-2010. Sebagai perbandingan, *World Meteorological Organization* (WMO) secara global menempatkan tahun 2016 sebagai tahun terpanas pertama yang pernah tercatat (1.2°C dibandingkan dengan era pra-industri). Kemudian diikuti oleh tahun 2017 dan 2015 dengan peningkatan 1.1°C dibandingkan dengan era pra-industri. Sementara itu, tahun 2018 sendiri berada di urutan keempat dalam tahun terpanas di dunia.

ANOMALI SUHU UDARA TAHUN 2018 TERHADAP NORMAL (1981-2010)



Gambar 3.13 Anomali Suhu Udara 2018 Terhadap Tahun Normal. Sumber: (BMKG, 2019a)

Tren suhu berikut diperoleh dengan menggunakan data observasi BMKG mulai dari 1981-2018. Berdasarkan hasil pengolahan tren suhu di Indonesia secara umum suhu di Indonesia adalah suhu minimum, rata-rata, dan maksimum yang memiliki tren positif dengan besarnya bervariasi sekitar 0.03°C setiap tahun. Hal ini dapat diartikan bahwa suhu udara akan meningkat 0.03 °C setiap tahun, sehingga lokasi akan meningkat sebesar 0.9° C dalam 30 tahun .



Gambar 3.14 Peta tren suhu rata-rata Indonesia. Sumber: (BMKG, 2019d)

3.3 Proyeksi Perubahan Iklim

3.3.1 Tinjauan Metode

3.3.1.1 Penilaian Perubahan Iklim

Kategori pertama, diklasifikasikan sebagai pendekatan *top-down*, adalah setiap penilaian yang sebagian besar diselesaikan dengan menggunakan model simulasi. Jenis penilaian ini menggunakan skenario iklim yang dikembangkan berdasarkan output dari *Global Climate Model* (GCMs) dan model dampak untuk tujuan tertentu. Hal ini bertujuan mengukur risiko potensial dari perubahan iklim dan mengidentifikasi kebutuhan terhadap adaptasi (Carter et al. (2007)). Masalah utama yang harus dipertimbangkan adalah ketidakpastian terkait dengan proyeksi iklim. Metode yang dipilih untuk mengembangkan skenario iklim juga dapat menambah ketidakpastian karena output dari model iklim global terlalu kasar dan mungkin tidak berlaku untuk penilaian dampak regional atau lokal. Konsekuensinya, resolusi spasial keluaran GCM harus diturunkan untuk membuat skenario iklim regional atau lokal menggunakan pendekatan dinamik, empirik-dinamik, atau disagregasi sebagaimana dijelaskan oleh Winkler et al. (2011).

Kategori kedua, diklasifikasikan sebagai pendekatan *bottom-up*, adalah setiap penilaian yang diselesaikan dengan menganalisis ambang batas/respons lokal berdasarkan informasi yang diperoleh dari para pemangku kepentingan. Hal ini bertujuan memahami proses dan tindakan yang dapat mempengaruhi kerentanan dan kapasitas adaptif (Carter et al. (2007)). Masalah utama dari jenis penilaian ini sangat bergantung pada pengalaman para pemangku kepentingan. Mengintegrasikan pendekatan *top-down* dan *bottom-up* diusulkan untuk penilaian adaptasi. Pendekatan terintegrasi melibatkan pemanfaatan pendekatan pemodelan untuk mengevaluasi dampak perubahan iklim pada variabel respons spesifik (misalnya, produktivitas tanaman dan debit air) dan untuk menentukan opsi adaptasi yang mungkin. Informasi tentang pengetahuan/pengalaman lokal kemudian digunakan untuk memberikan input untuk pengembangan skenario perubahan iklim dan menentukan strategi adaptasi yang dapat diimplementasikan. Output dari aplikasi pemodelan dan pengetahuan/ pengalaman lokal kemudian digunakan untuk mengevaluasi risiko dan manfaat dari opsi adaptasi yang diusulkan.

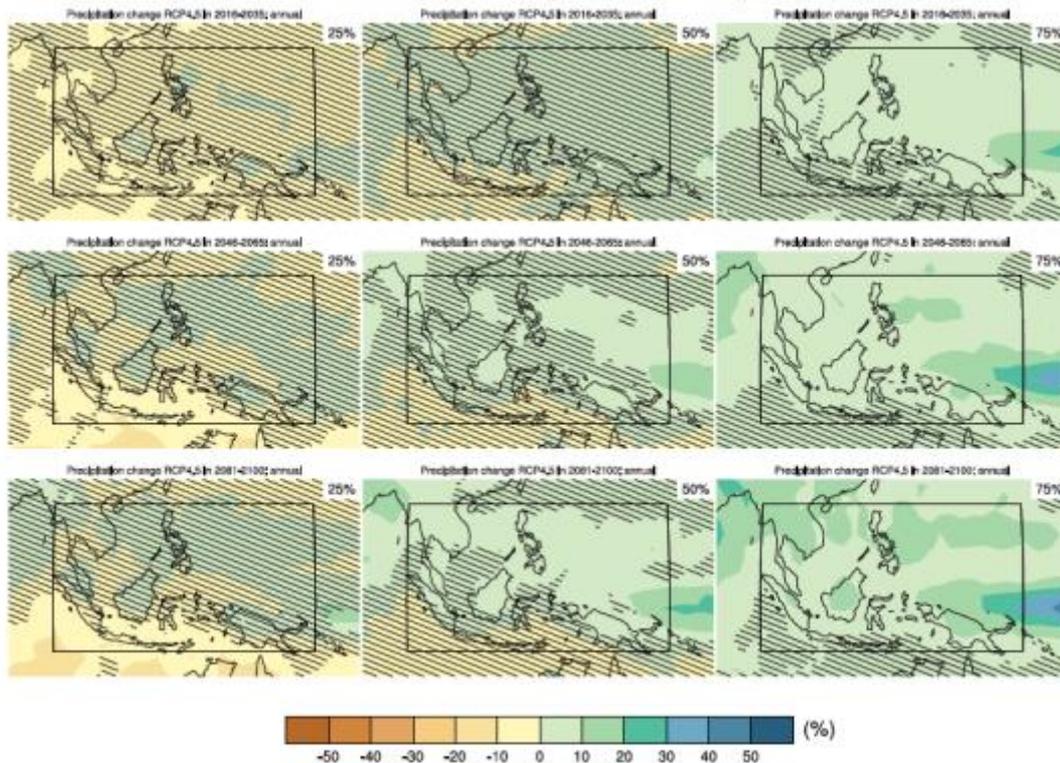
3.3.1.2 Skenario Perubahan Iklim Regional

Regional climate model (RCM) diarahkan untuk menghasilkan keluaran pemodelan resolusi tinggi untuk proyeksi perubahan iklim. Data resolusi tinggi diperlukan untuk mendapatkan informasi terperinci terkait dengan studi proyeksi perubahan iklim. Model ini mensimulasikan domain Indonesia dengan resolusi grid horisontal 20 km x 20 km. Metode Delta (e.g. Graham, Andréasson, & Carlsson, 2007) adalah metode *downscaling* sederhana yang banyak digunakan untuk menyiapkan skenario perubahan iklim di tingkat lokal. Metode tersebut dapat dilakukan melalui penambahan atau perkalian *delta* ($\Delta\mu$) dan data berada dalam periode baseline. Pendekatan perubahan delta didasarkan pada penggunaan faktor perubahan, yaitu rasio antara nilai rata-rata di masa depan dan masa lalu. Faktor ini kemudian diterapkan pada deret waktu yang diamati untuk diubah menjadi deret waktu yang mewakili iklim masa depan (Graham et al., 2007). Metode distribusi intensitas statistik didasarkan pada koreksi distribusi data iklim dari model, yang ditransformasikan agar sesuai dengan distribusi data yang diamati (Piani, Haerter, & Coppola, 2010). Dalam proses melakukan metode koreksi bias, data pengamatan dan simulasi diasumsikan memiliki pola distribusi tertentu, di mana untuk data curah hujan biasanya mengikuti pola distribusi *Gamma* (Piani et al., 2010).

3.3.2 Tinjauan pada Proyeksi Masa Depan

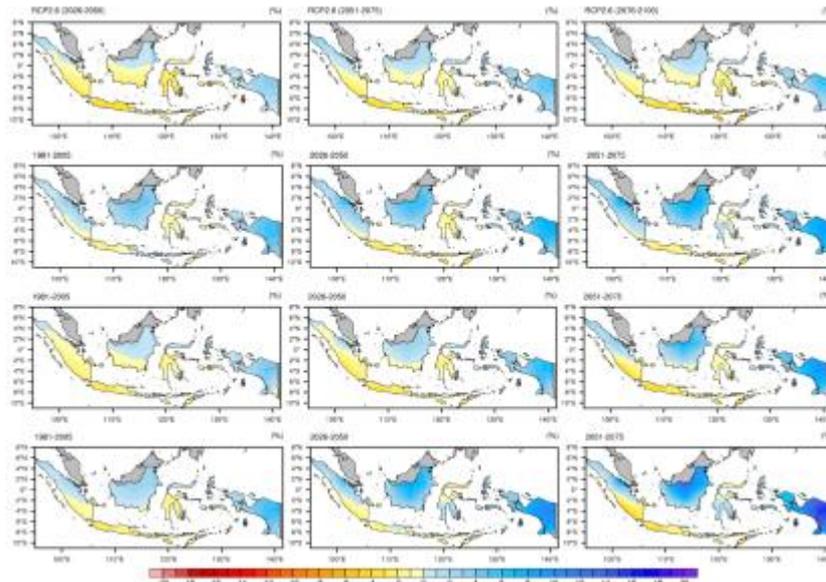
3.3.2.1 Curah Hujan

Curah hujan tahunan dapat menurun hingga 20% khususnya di wilayah bagian selatan untuk periode 2016-2035. Curah hujan diproyeksikan meningkat hingga 20%, khususnya di bagian utara dan timur wilayah Indonesia, yaitu Kalimantan dan Papua, untuk periode 2046-2065 dan 2081-2100. Curah hujan diproyeksikan meningkat hingga 20% untuk sebagian besar wilayah Indonesia di tiga periode yang diproyeksikan dengan potensi peningkatan curah hujan yang lebih tinggi untuk periode selanjutnya.



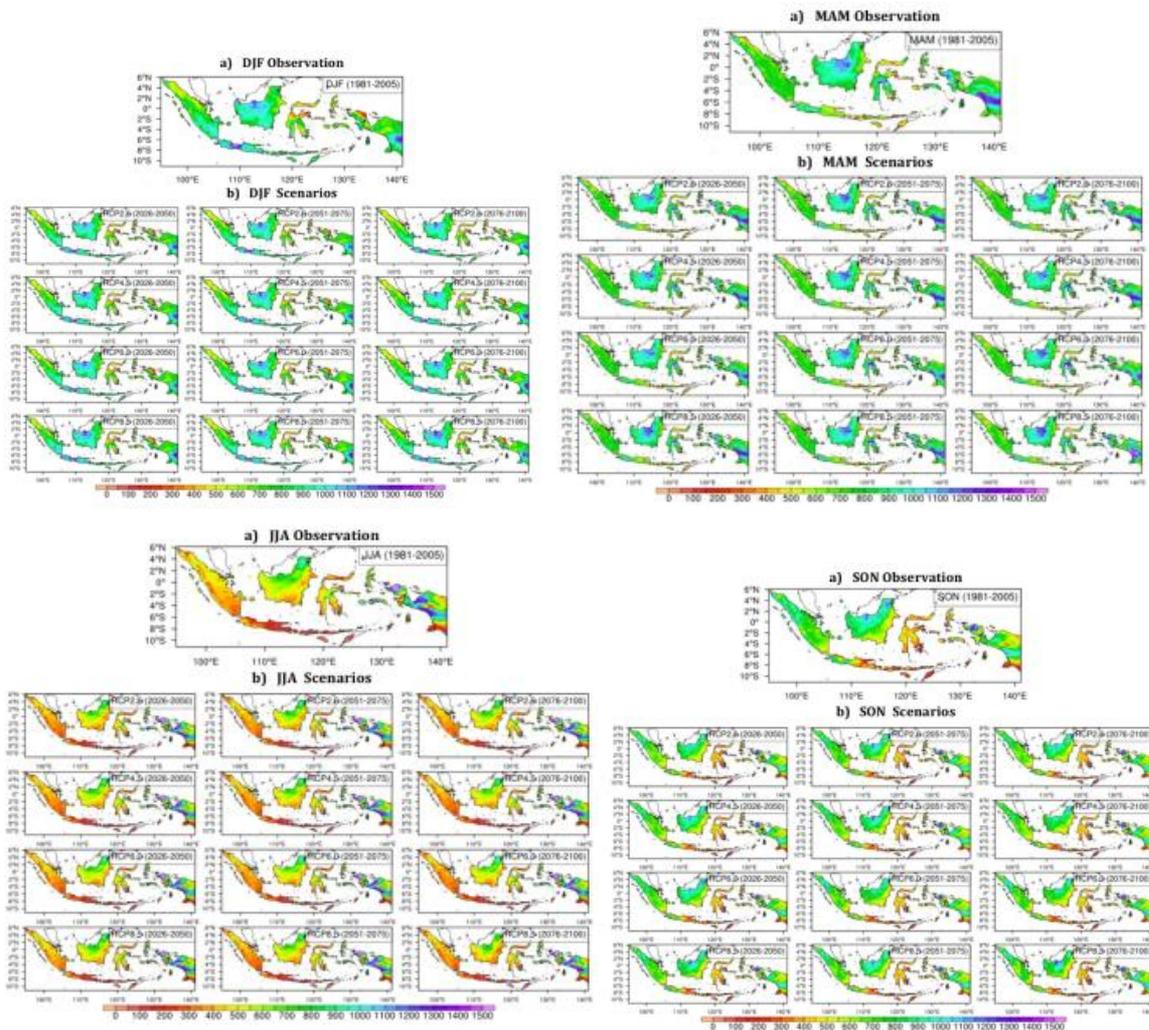
Gambar 3.15 Distribusi spasial perubahan curah hujan tahunan pada 2016–2035, 2046–2065 dan 2081–2100 berkenaan dengan 1986–2005 dalam skenario RCP4.5. Persentil ke-25, ke-50 dan ke-75 dari distribusi ensemble CMIP5 diperlihatkan dalam kolom. Sumber: (IPCC 2013a) seperti dalam (Perdian, 2016)

Perubahan curah hujan tahunan akan meningkat di bagian utara Indonesia, terutama sebagian besar wilayah Sumatera, Kalimantan dan Papua. Peningkatan klimatologi curah hujan tahunan sebagian besar lebih menonjol di bagian timur Indonesia, terutama di Papua dan Kalimantan. Sebaliknya, penurunan sebagian besar ditemukan di bagian selatan.



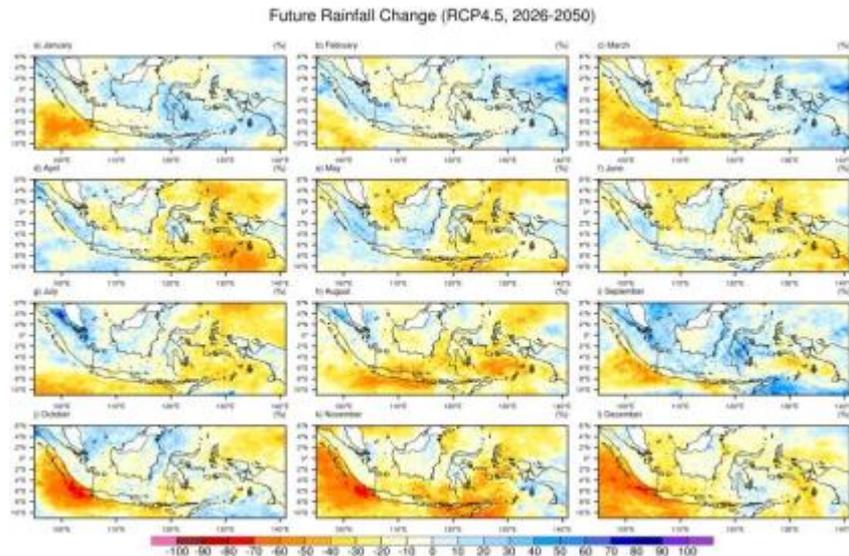
Gambar 3.16 Perubahan (dalam%) dari klimatologi curah hujan tahunan dihitung dari rata-rata MME dari 24 CMIP5 GCM yang dihitung secara terpisah untuk setiap skenario RCP pada periode yang berbeda di masa depan (Perubahan relatif terhadap baseline yang diamati (periode 1981-2005) menggunakan dataset CHIRPS v2.0 Sumber: (MoEF, 2017)

Berdasarkan kondisi klimatologi, curah hujan di DJF akan meningkat sebagian besar di Jawa dan Kalimantan. Peningkatan serupa dari curah hujan musiman juga diperkirakan terjadi selama musim MAM di mana peningkatan yang signifikan juga ditemukan tidak hanya di Kalimantan, tetapi juga di Papua. Sebaliknya, skenario curah hujan menunjukkan penurunan selama musim JJA, terutama di Jawa, Sulawesi, dan bagian selatan Sumatera dan Kalimantan. Selama periode transisi di SON, beberapa daerah akan memiliki curah hujan yang lebih tinggi, dengan peningkatan curah hujan yang paling signifikan adalah di Kalimantan. Sama dengan hasil sebelumnya, skenario yang lebih tinggi atau lebih ekstrem menunjukkan bahwa terdapat lebih banyak peningkatan curah hujan di masa mendatang di beberapa daerah di Indonesia.



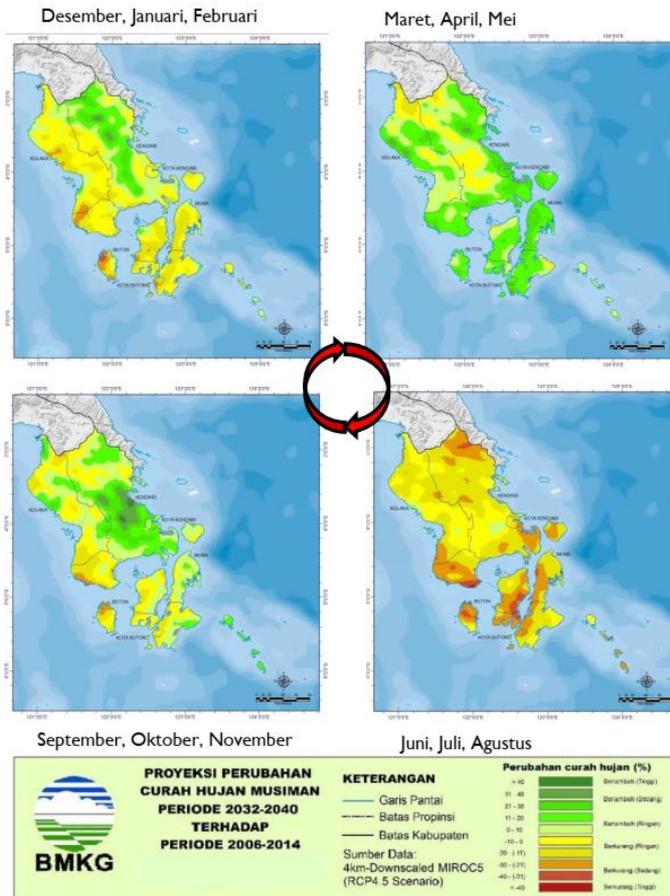
Gambar 3.17 **Gambar kiri atas:** a) klimatologi DJF curah hujan selama periode 1981-2005, dan b) skenario DJF curah hujan dihitung dari MME median dari 24 CMIP5 GCMS. **Gambar kanan atas :** a) Klimatologi curah hujan MAM selama periode 1981-2005, dan b) skenario curah hujan MAM dihitung dari median MME 24 CMIP5 GCMS. **Gambar kiri bawah :** a) Klimatologi curah hujan JJA selama periode 1981-2005, dan b) skenario curah hujan JJA dihitung dari median MME sebesar 24 CMIP5 GCMS. **Gambar kanan bawah :** a) Klimatologi curah hujan SON selama periode 1981-2005, dan b) skenario curah hujan SON dihitung dari median MME sebesar 24 CMIP5 GCMS. Sumber: (MoEF, 2017)

Peningkatan curah hujan masa depan - terutama di daratan - selama *Australian Summer Monsoon* (ASM) dan penurunan selama *Boreal Summer Monsoon* (BSM). Musim ASM biasanya bertepatan dengan musim hujan di DJF di sebagian besar wilayah Indonesia, sedangkan musim BSM sesuai dengan musim kemarau di JJA di sebagian besar wilayah negara. Peningkatan curah hujan di daerah daratan selama musim hujan secara dominan ditemukan pada bulan Januari terutama di wilayah Sumatera dan Kalimantan dan pada bulan Februari hanya di wilayah Sumatera. Sebaliknya, klimatologi curah hujan di kedua pulau secara dominan menurun selama bulan Desember. Demikian pula, penurunan curah hujan selama musim kemarau di JJA, untuk Pulau Jawa, sebagai contoh, sebagian besar hanya ditemukan pada bulan Agustus. Pada tahun 2026-2050, anomali curah hujan bulanan yang melebihi 200 mm/bulan diproyeksikan akan meningkat di beberapa daerah, seperti di Kalimantan dan Sulawesi. Peluang tersebut diproyeksikan akan meningkat pada periode 2051-2075 dan 2076-2100, seiring dengan meningkatnya ketidakpastian anomali curah hujan di masa depan.



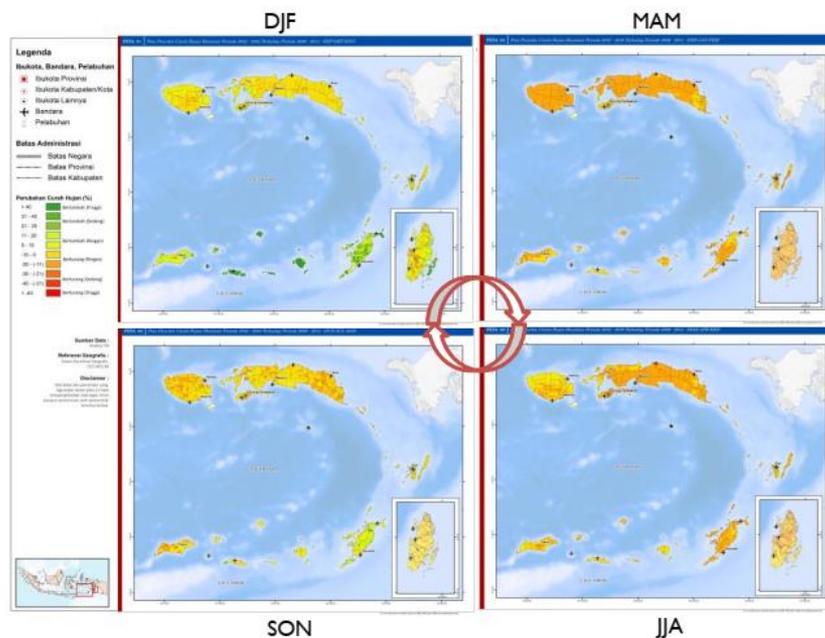
Gambar 3.18 Perubahan curah hujan masa depan di Indonesia selama periode 2026-2050 masing-masing untuk baseline 1981-2005 seperti yang diproyeksikan oleh model iklim regional RegCM4 didorong oleh output HadGEM2-ES GCM dalam skenario RCP4.5. Sumber: (MoEF, 2017)

Berdasarkan Proyeksi Iklim Sulawesi tahun 2032-2040 dengan tahun baseline 2006-2014 (BMKG, 2016), curah hujan rata rata dari Maret hingga Mei meningkat antara 11-30%, terutama di wilayah Kepulauan Buton (Kota Baubau, Kabupaten Buton, Kabupaten Buton Selatan, dan Kabupaten Buton Utara), Kepulauan Wakatobi, Kabupaten Wakatobi, dan wilayah Kepulauan Muna (Kabupaten Muna dan Kabupaten Muna Barat), serta bagian dari daratan Provinsi Sulawesi Tenggara (Kota Kendari, Kabupaten Konawe, Kabupaten Konawe Utara, Kabupaten Konawe Selatan, Kabupaten Kolaka, Kabupaten Kolaka Utara, dan Kabupaten Kolaka Timur). Sementara, kondisi curah hujan rata-rata untuk Juni hingga Agustus berkurang antara 10-30% di daerah tersebut. Curah hujan rata-rata pada bulan September hingga Desember di sebagian besar kepulauan dan sebagian daratan berkurang 10%, meskipun wilayah daratan di beberapa daerah lain meningkat sebesar 11-20%. Kondisi perubahan suhu di sebagian besar kepulauan dan bagian daratan meningkat sebesar 0.76-0.85°C, dan beberapa wilayah daratan lainnya meningkat sebesar 0.1-0.75°C.



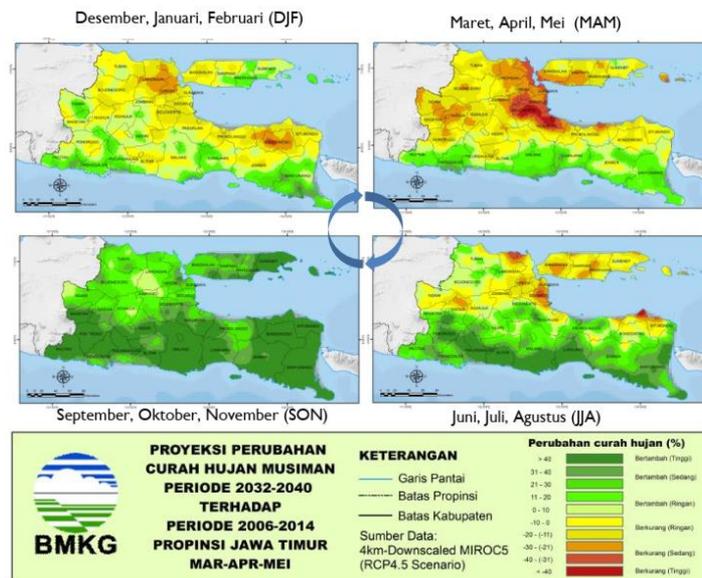
Gambar 3.19 Proyeksi untuk Perubahan Curah Hujan Musiman. Sumber: (DAI, 2018)

Proyeksi curah hujan menunjukkan bahwa Pulau Buru, Ambon, dan Seram mungkin mengalami penurunan curah hujan di semua musim. Sementara pulau-pulau di wilayah selatan dan Aru hanya akan mengalami penurunan curah hujan dari Desember hingga Mei.



Gambar 3.20 Proyeksi Perubahan Curah Hujan Musiman di Maluku Periode 2030-2040. Sumber: ((APIK), 2018d)

Dalam proyeksi ini, akan ada peningkatan curah hujan rata-rata di seluruh wilayah Jawa Timur mulai dari 17-79% pada bulan September, Oktober dan November. Peningkatan terbesar terjadi di Banyuwangi , Bondowoso , dan Batu.



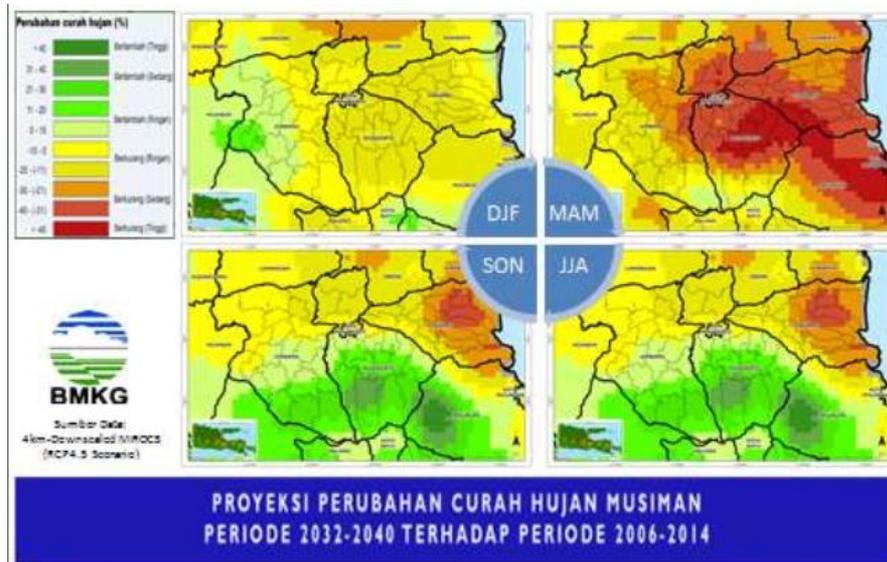
Gambar 3.21 Perubahan Curah Hujan Musiman. Sumber: ((APIK), 2018c)

Berdasarkan proyeksi iklim tersebut, akan ada peningkatan curah hujan rata-rata di seluruh wilayah Jawa Timur sebesar 17-79% dengan peningkatan terbesar terjadi di Kota Batu pada bulan September, Oktober dan November. Pada Juni hingga November, terdapat peningkatan curah hujan di seluruh wilayah tersebut. Kota Batu diproyeksikan meningkat menjadi 106% pada periode September hingga November di tahun 2032 - 2040. Peningkatan terbesar akan terjadi di pantai selatan Kabupaten Blitar hingga Kabupaten Malang.



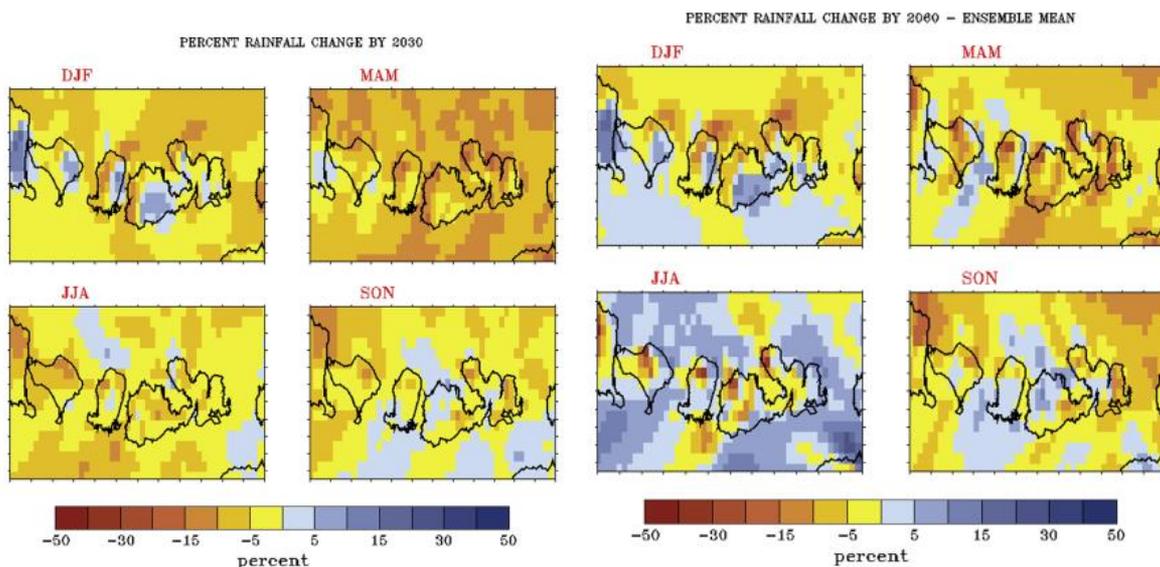
Gambar 3.22 Perubahan Curah Hujan Musiman. Sumber: ((APIK), 2018a)

Proyeksi pada bulan Juni, Juli dan Agustus menunjukkan bahwa terdapat peningkatan curah hujan hingga 52% di Kabupaten Jombang dan Mojokerto, sementara di Kabupaten Sidoarjo, turun sebesar 41%. Penurunan curah hujan terjadi pada bulan Desember hingga Mei, dibandingkan dengan kondisi saat ini.



Gambar 3.23 Perubahan Curah Hujan Musiman. Sumber: (DAI, 2017)

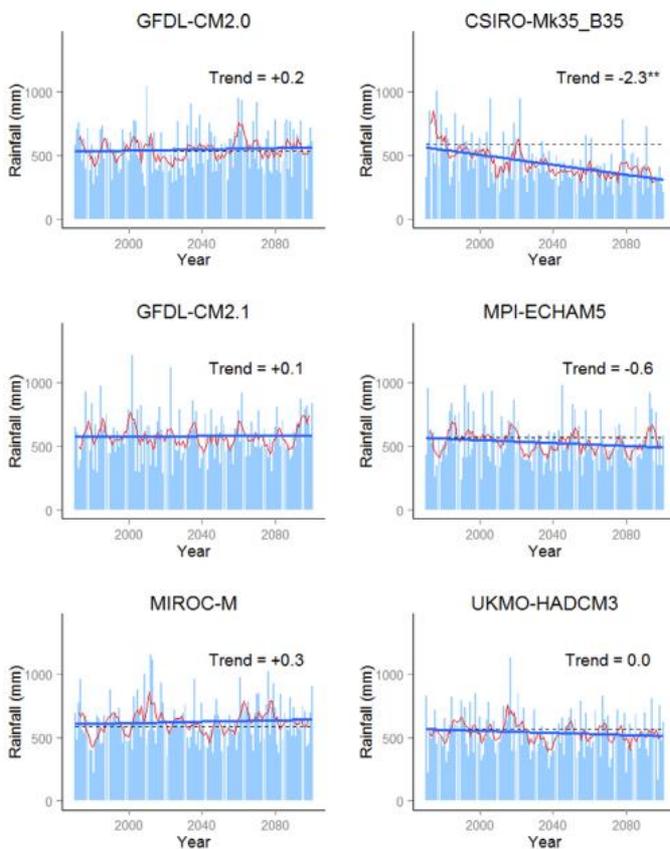
Klimatologi masa depan dari *ensemble of simulations* ditunjukkan untuk tahun 2030 dan 2060. Perlu dicatat bahwa pola spasial curah hujan musiman untuk tahun 2030 dan 2060 sangat mirip dengan kondisi saat ini. Untuk tahun 2060, perubahan curah hujan berkisar dari nol hingga 5-10%, dengan beberapa peningkatan DJF dan penurunan MAM. Perubahan persentase dari model-model dalam curah hujan cenderung besar, tetapi ketika dirata-ratakan menghasilkan perubahan kecil karena adanya perbedaan besar yang dapat diabaikan. Perubahan untuk 2030 mirip dengan tahun 2060, tetapi memiliki magnitudo lebih kecil. Simulasi skala halus ini umumnya menunjukkan pengurangan curah hujan di Indonesia bagian timur dalam DJF dan MAM, tetapi beberapa daerah menunjukkan peningkatan DJF.



Gambar 3.24 Persentase perubahan curah hujan ensemble simulasi (%) pada tahun 2030 (2021–2040), untuk empat musim (kiri) dan persentase curah hujan ensemble rata-rata berubah (%) untuk 2060 (2051–2070), untuk empat musim (kanan). Sumber: (McGregor et al., 2016)

Ketika disajikan sebagai persentase perubahan curah hujan musiman rata-rata pada tahun 2030-an dan 2050-an dibandingkan dengan tahun 1990-an (1971-2000), terdapat proyeksi penurunan curah hujan musim kemarau dan musim hujan, tetapi dengan penyebaran multi-model yang besar. Sebagai contoh, di Ampenan, curah hujan pada musim kemarau diproyeksikan menurun sekitar 2%, dengan kisaran yang diproyeksikan + 3% hingga -18% pada tahun 2030-an dan 0,2% (+ 8% hingga -25%) pada tahun 2050-an. Curah hujan di musim hujan juga diproyeksikan menurun sekitar 5% (-2% hingga -8%), dengan konsensus yang kuat di antara model-model

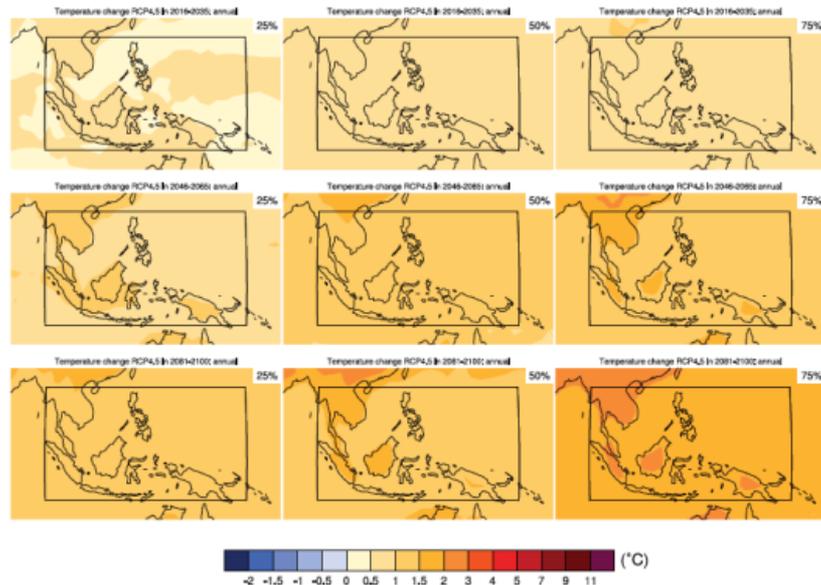
di Ampenan. Analisis kombinasi data *downscaling* dan GCM, memproyeksikan penurunan curah hujan musim kemarau Ampenan sekitar -1% (kisaran +25% hingga -29%) dan -3% (+8% hingga -30%) untuk masing-masing 2030-an dan 2050-an. Musim hujan diproyeksikan menurun sekitar -4% (+7% hingga -14%) dan -4% (+10% hingga -8%). Untuk curah hujan musim kemarau Sumbawa, penurunan yang diproyeksikan adalah sekitar -3% (+25% hingga -31%) dan -6% (+7% hingga -35%) masing-masing untuk tahun 2030-an dan 2050-an. Sementara itu, untuk musim hujan berturut-turut adalah -4% (+13% hingga -13%) dan -3% (+14% hingga -10%). Dengan demikian, hasil keseluruhan menunjukkan potensi penurunan kecil di kedua musim untuk kedua stasiun, tetapi dengan beberapa nilai rentang yang luas.



Gambar 3.25 Curah hujan musim kemarau dari enam simulasi model downscaled di Sumbawa, bersama dengan rata-rata 1971-2000 (garis putus-putus), rata-rata bergerak 5 tahun (garis merah), dan tren linier (garis biru). Tren dalam mm per tahun. // menunjukkan bahwa tren signifikan pada $p < 0.01$. Sumber: (Kirono et al., 2016)

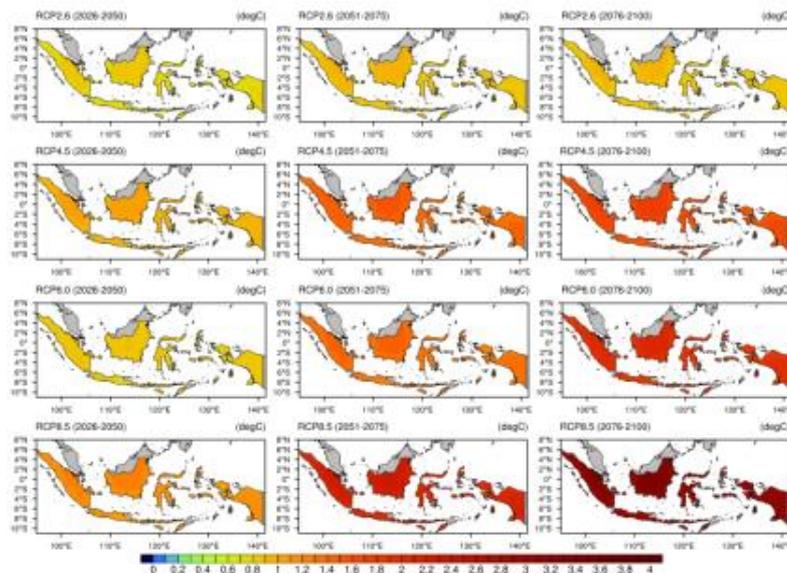
3.3.2.2 Suhu Udara

IPCC (2013a) mengeluarkan Atlas Global dan Proyeksi Iklim Regional untuk Asia Tenggara, yang meliputi seluruh proyeksi suhu udara tahunan di seluruh wilayah Indonesia yang diproyeksikan meningkat di seluruh wilayah, dan peningkatan tersebut mencapai 2°C di pulau-pulau besar di Indonesia pada tahun 2100.



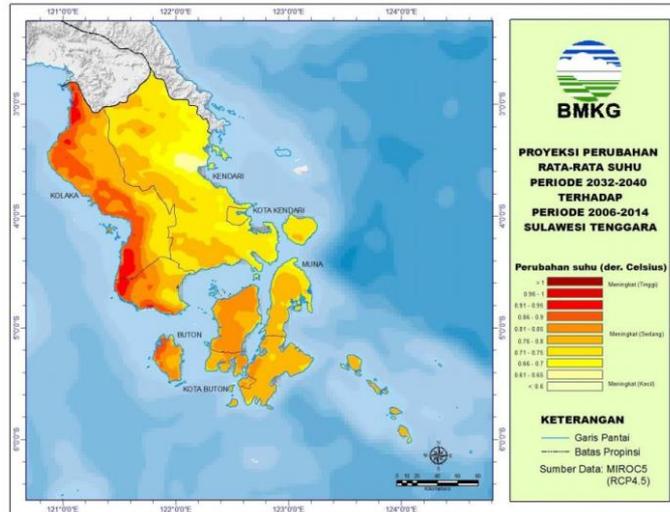
Gambar 3.26 Distribusi spasial perubahan suhu udara tahunan pada 2016-2035, 2046-2065 dan 2081-2100 berhubungan dengan 1986–2005 dalam skenario RCP4.5. Persentil ke-25, ke-50 dan ke-75 dari distribusi ensemble CMIP5 diperlihatkan dalam kolom. Sumber: (IPCC 2013a) as in (Perdinan, 2016)

Suhu tahunan diproyeksikan akan meningkat sekitar 0.67 °C pada 2026-2050, dan 0.75 °C pada 2051-2075 dan 2076-2100 di bawah skenario RCP2.637. Berdasarkan RCP4.5, perubahan suhu diperkirakan akan meningkat sekitar 0.87 °C pada tahun 2026-2050, dan 1.22 °C pada tahun 2051-2075 dan 1.41 °C pada tahun 2076-2100. Peningkatan serupa ditunjukkan oleh RCP6.0 di mana perubahan yang diproyeksikan hampir 0.1 °C di bawah RCP4.5 hampir di semua periode, kecuali pada tahun 2076-2100 di mana perbedaannya diharapkan 0.2 °C lebih tinggi dari RCP4.5. Di bawah skenario ekstrim (RCP8.5), suhu diproyeksikan meningkat 1 °C pada 2026-2050, 1.8 °C pada 2051-2075 dan 2.7 °C pada 2076-2100.



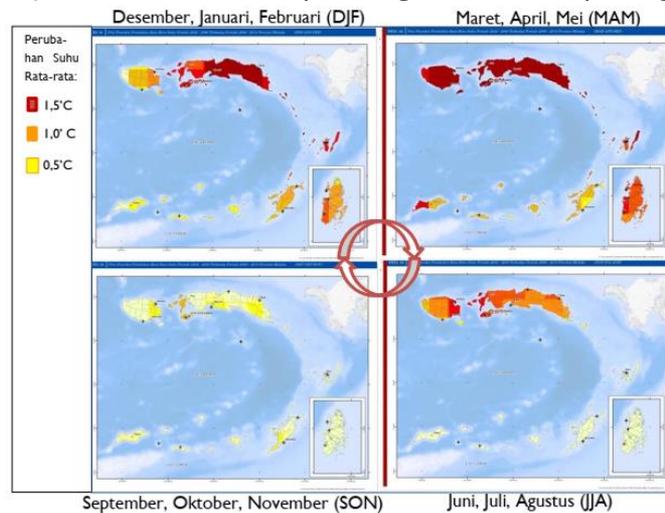
Gambar 3.27 Perbedaan suhu udara rata-rata tahunan di Indonesia dari MME sebesar 24 CMIP5 GCM di bawah semua skenario RCP (periode 2026-2050, 2051-2075 dan 2076-2100), relatif terhadap pengamatan (periode 1981-2005). Sumber: (MoEF, 2017)

Suhu rata-rata di Provinsi Sulawesi Tenggara diproyeksikan akan meningkat dari 0.2°C menjadi 0.9°C dalam 25 tahun ke depan. Suhu di pantai barat akan naik lebih tinggi dari pantai timur. Suhu udara di Pulau Kabaena juga akan naik lebih tinggi dari Kepulauan Muna dan Buton.



Gambar 3.28 Peta Proyeksi Perubahan Suhu Udara Rata-Rata. Sumber: (DAI, 2018)

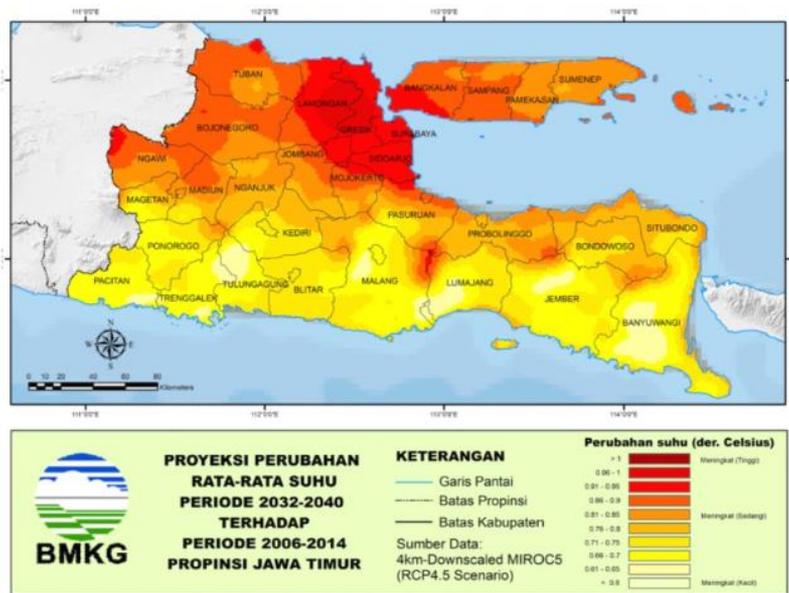
Perubahan suhu rata-rata di Maluku pada periode 2006-2014 dapat dibandingkan dengan 2023-2040 berdasarkan musim. Peningkatan yang paling mencolok dapat dilihat pada periode Desember-Januari-Februari (DJF) dan Maret-April-Mei (MAM) di mana kenaikan suhu rata-rata di sebagian besar wilayah Maluku berada di atas 1.026 °C. Sedangkan pada periode September-Oktober-November (SON), suhu rata-rata hanya mengalami sedikit peningkatan.



Gambar 3.29 Peta Proyeksi Peningkatan Suhu Udara Rata-Rata Provinsi Maluku Periode 2016-2045.

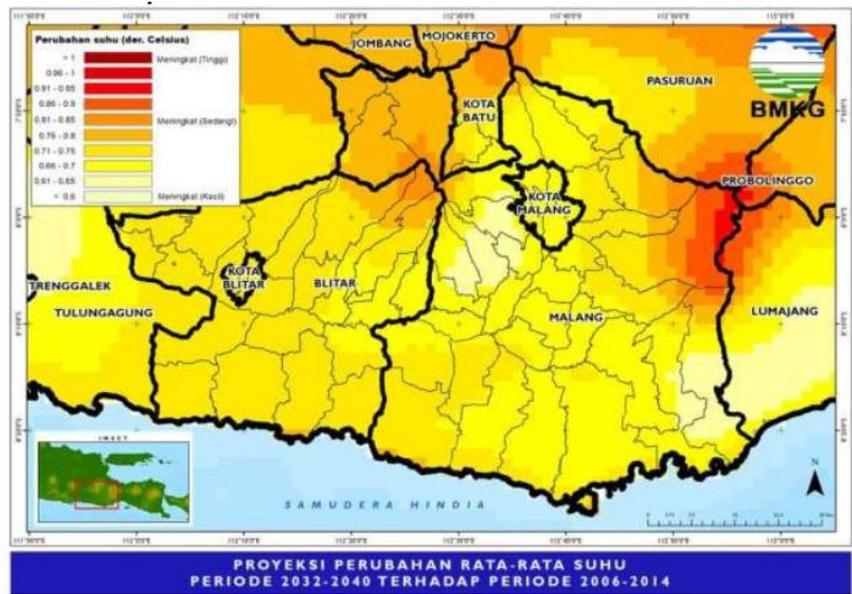
Sumber: ((APIK), 2018d)

Berdasarkan proyeksi tersebut, kenaikan suhu rata-rata di Jawa Timur berada pada kisaran 0.6⁰-1⁰C pada 2032-2040 dibandingkan dengan kondisi pada 2006-2014. Peningkatan tertinggi antara 0.8⁰-1⁰C terjadi di pantai utara dan Madura, seperti Tuban, Gresik, Lamongan, Surabaya, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Bangkalan, dan Sampang. Peningkatan tinggi juga terjadi di pegunungan seperti Semeru dan Bromo.



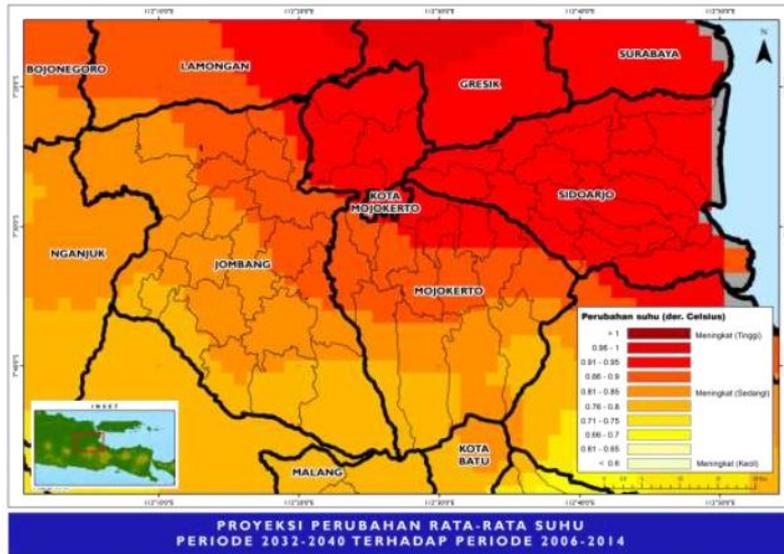
Gambar 3.30 Proyeksi Perubahan Suhu Rata-Rata di Jawa Timur. Sumber: ((APIK), 2018c)

Berdasarkan proyeksi tersebut, kenaikan suhu rata-rata di empat kota/kabupaten di Brantas Hulu berada pada kisaran 0.6 – 0.9° C pada 2032-2040 dibandingkan dengan kondisi pada 2006-2014. Peningkatan tertinggi terjadi di wilayah Kota Batu dan sebagian Kabupaten Malang. Sedangkan untuk Kabupaten Blitar dan Kota Malang, kenaikannya cenderung sama, yaitu sebesar 0.7° C.



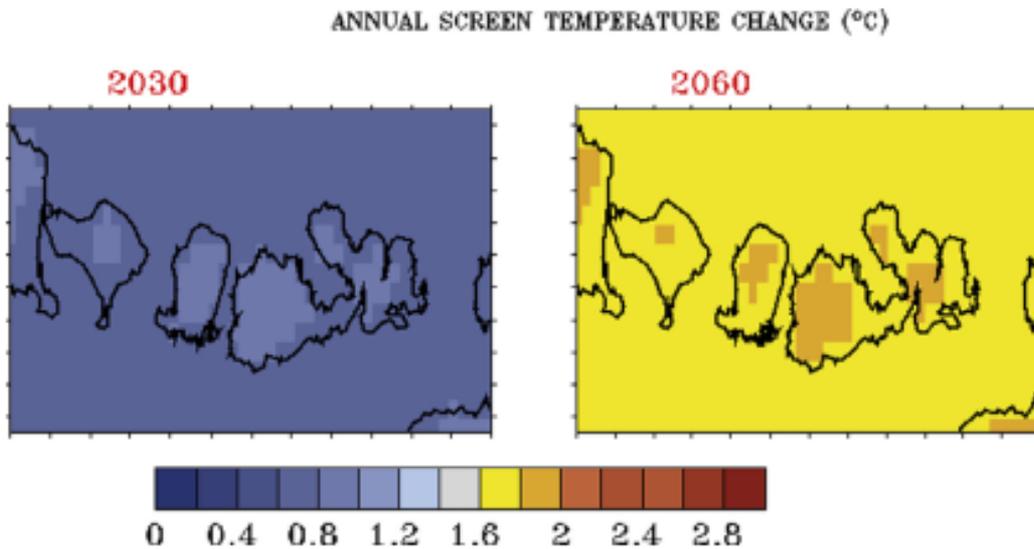
Gambar 3.31 Proyeksi Perubahan Suhu Rata-Rata di Brantas Atas. Sumber: ((APIK), 2018a)

Berdasarkan proyeksi ini, kenaikan suhu rata-rata di tiga kabupaten di Brantas Bawah berada di kisaran 0.8⁰ - 1⁰C pada 2032-2040 dibandingkan dengan kondisi pada 2006-2014. Peningkatan ini termasuk yang tertinggi untuk Provinsi Jawa Timur.



Gambar 3.32 Proyeksi Perubahan Suhu Rata-Rata di DAS Brantas Bawah untuk Periode 2032-2040. Sumber: (DAI, 2017)

Suhu udara permukaan akan meningkat di atas wilayah NTB dan pada dasarnya sesuai dengan enam GCM dasar. Perubahan suhu udara permukaan rata-rata tahunan dari rata-rata ansambel simulasi. Pada tahun 2030, suhu rata-rata akan meningkat sekitar 1°C. Sementara, kenaikan suhu berkisar dari 1.6⁰ ke 2°C pada tahun 2060.



Gambar 3.33 Perubahan suhu udara permukaan rata-rata tahunan (dari masa kini) yang berasal dari rata-rata ansambel pada 2030 (2021-2040) dan pada 2060 (2051-2070), relatif terhadap 1971-2000. Sumber: (McGregor et al., 2016)

3.3.3 Proyeksi perubahan iklim untuk masa depan

Berdasarkan hasil telaah dari beberapa sumber, iklim Indonesia di masa depan sangat mungkin berubah karena dampak perubahan iklim global. Ringkasan proyeksi perubahan iklim Indonesia tercantum pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Ringkasan Proyeksi Perubahan Iklim untuk provinsi / pulau di Indonesia

Variabel Iklim	Lokasi	Proyeksi	Source
Curah Hujan	Sumatera	1. Rata-rata curah hujan DJF untuk periode tahun 2032-2040 diproyeksikan berkurang 10% dan meningkat 40%	(BMKG, 2019b)
		2. Perubahan curah hujan tahunan yang akan meningkat di bagian utara.	(MoEF, 2017)

		3. Peningkatan curah hujan selama musim hujan (Januari, Februari), dan penurunan curah hujan selama bulan Desember	
		4. Penurunan selama musim JJA	
Jawa		1. Rata-rata curah hujan DJF untuk periode tahun 2032-2040 diproyeksikan menurun 20% dan meningkat 20%	(BMKG, 2019b)
		2. Curah hujan musiman DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 30% dan meningkat lebih dari 40%	
		3. Frekuensi curah hujan ekstrim DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 1% dan meningkat 2%	
		4. Perubahan hari kering musiman pada bulan MAM untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 4% dan meningkat 4%	
		5. Perubahan indeks pada hari-hari kering musiman pada bulan DJF menurun 4% dan meningkat 4%	
		6. Curah hujan ekstrem pada bulan SON berkurang 8% dan meningkat lebih dari 8%	
		7. Curah hujan musiman DJF untuk periode tahun 2032-2040 menurun 31% dan meningkat 40%	
		8. Curah hujan musiman DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 21% dan meningkat lebih dari 40%	
		9. Curah hujan musiman DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 10% dan meningkat 40%	
		10. Curah hujan musiman DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 21% dan meningkat 20%	
		11. Curah hujan musiman DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 11% dan meningkat 20%	
		12. Curah hujan musiman DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 21% dan meningkat 40%	
		13. Klimatologi curah hujan di DJF akan meningkat	(MoEF., 2017)
		14. Penurunan selama musim JJA	
		15. Penurunan curah hujan selama musim kemarau di JJA (Agustus)	
		16. Peningkatan curah hujan rata-rata di seluruh wilayah Jawa Timur mulai dari 17-79% (September, Oktober, November)	((APIK), 2017, 2018c, 2018b; DAI, 2017)
		17. Proyeksi pada bulan Juni, Juli dan Agustus, ada peningkatan curah hujan hingga 52% di Kabupaten Jombang dan Mojoketo, sementara di Kabupaten Sidoarjo, turun sebesar 41%. Penurunan curah hujan terjadi pada bulan Desember hingga Mei, dibandingkan dengan kondisi saat ini.	

Kalimantan	1. Rata-rata curah hujan DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 30% dan meningkat 20%	(Perdinan, 2016)
	2. Peningkatan curah hujan hingga 20% khususnya di bagian utara dan timur wilayah untuk periode tahun 2046-2065 dan tahun 2081-2100	(Perdinan, 2016)
	3. Curah hujan tahunan berubah yang akan meningkat di bagian utara Indonesia. Kenaikan curah hujan tahunan sebagian besar lebih menonjol di bagian timur Indonesia	(MoEF., 2017)
	4. Klimatologi curah hujan di DJF akan meningkat	
	5. Penurunan selama musim JJA	
	6. Selama periode transisi dalam SON, beberapa daerah akan memiliki lebih banyak menerima curah hujan	
	7. Peningkatan curah hujan selama musim hujan selama Januari, dan penurunan selama Desember.	
	8. Pada tahun 2026-2050, anomali curah hujan bulanan yang melebihi 200 mm / bulan diproyeksikan akan meningkat	
Sulawesi	1. Rata-rata curah hujan DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 1% dan meningkat 3%	(BMKG, 2019b)
	2. Curah hujan musiman DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang lebih dari 40% dan meningkat lebih dari 40%	
	3. Perubahan jumlah curah hujan ekstrim DJF pada periode 2032-2040 menurun 3% dan meningkat 2%	
	4. Perubahan hari kering musiman DJF pada periode tahun 2032-2040 berkurang lebih dari 4% dan meningkat 4%	
	5. Perubahan indeks pada hari-hari kering musiman DJF menurun 4% dan meningkat 4%	
	6. Perubahan hari basah berturut-turut selama periode DJF berkurang 4% dan meningkat lebih dari 4%	
	7. Perubahan hari basah berturut-turut selama periode DJF berkurang 4% dan meningkat lebih dari 4%	
	8. Curah hujan musiman DJF pada periode tahun 2032-2040 berkurang 10% dan meningkat 20%	
	9. Curah hujan musiman DJF pada tahun 2032-2040 berkurang 31% dan meningkat lebih dari 40%	
	10. Curah hujan musiman DJF pada tahun 2032-2040 berkurang lebih dari 40% dan meningkat lebih dari 40%	

		11. Curah hujan musiman DJF pada tahun 2032-2040 berkurang 21% dan meningkat lebih dari 40%	
		12. Curah hujan musiman DJF pada tahun 2032-2040 berkurang 31% dan meningkat 20%	
		13. Curah hujan musiman DJF pada tahun 2032-2040 berkurang lebih dari 40% dan meningkat lebih dari 40%	
		14. Penurunan saat musim JJA	(MoEF, 2017)
		15. Pada tahun 2026-2050, anomali curah hujan bulanan melebihi 200 mm / bulan diproyeksikan akan meningkat	
		16. Berdasarkan Proyeksi Iklim tahun 2032-2040: Sulawesi menuju tahun 2006-2014 (BMKG, 2016), curah hujan rata-rata dari Maret hingga Mei meningkat antara 11-30%	(DAI, 2018)
	Maluku	Proyeksi curah hujan menunjukkan bahwa Pulau Buru, Ambon, dan Seram mungkin mengalami penurunan curah hujan di semua musim. Sementara, pulau-pulau di selatan dan Aru hanya akan mengalami penurunan curah hujan dari Desember hingga Mei.	((APIK), 2018d)
	Maluku dan Papua	Rata-rata curah hujan DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 10% dan meningkat 20%	(BMKG, 2019b)
	Papua	1. Rata-rata curah hujan DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 10% dan meningkat 20%	(Perdinan, 2016)
		2. Peningkatan hingga 20% khususnya di bagian utara dan timur wilayah untuk periode tahun 2046-2065 dan tahun 2081-2100	(Boer <i>et al.</i> , 2017)
		3. Curah hujan tahunan akan meningkat di bagian utara Indonesia. Peningkatan klimatologi curah hujan tahunan sebagian besar lebih menonjol di bagian timur Indonesia	
		4. Klimatologi curah hujan di DJF akan meningkat	
	Bali dan Nusa Tenggara	Rata-rata curah hujan DJF untuk periode tahun 2032-2040 berkurang 20% dan meningkat lebih dari 40%	(BMKG, 2019b)
Suhu Permukaan Laut	Sumatera	Tingkat kenaikan di sekitar laut berkisar antara 0.2 hingga 0.3°C/dekade	(MoEF, 2017)
	Jawa	Tingkat kenaikan di sekitar laut berkisar antara 0.2 hingga 0.3°C/dekade	(MoEF, 2017)
	Sulawesi	Tingkat kenaikan di sekitar laut berkisar antara 0.2 hingga 0.3°C/dekade	(MoEF, 2017)
	Papua	Mengalami kenaikan curah hujan yang paling rendah dibandingkan dengan tingkat kenaikan di daerah lain	(MoEF, 2017)
Suhu	Jawa	1. Peningkatan suhu rata-rata berada di kisaran 0.6–1°C pada tahun 2032-2040 dibandingkan dengan kondisi pada tahun 2006-2014	((APIK), 2017, 2018c, 2018b)

		<p>2. Peningkatan suhu rata-rata di empat kota/kabupaten di Brantas Hulu berada pada kisaran 0.6–0.9⁰C pada tahun 2032-2040 dibandingkan dengan kondisi pada tahun 2006-2014. Peningkatan tertinggi terjadi di wilayah Kota Batu dan sebagian Kabupaten Malang. Sedangkan untuk Kabupaten Blitar dan Kota Malang, kenaikannya cenderung sama dengan 0.7⁰ C</p> <p>3. Kenaikan suhu rata-rata di tiga kabupaten di Brantas Bawah berada di kisaran 0.8-1⁰C pada tahun 2032-2040 dibandingkan dengan kondisi pada tahun 2006-2014. Peningkatan ini termasuk yang tertinggi untuk Provinsi Jawa Timur.</p>	
		<p>4. Peningkatan suhu rata-rata berada di kisaran 0.65⁰ - 1⁰C pada tahun 2032-2040</p> <p>5. Rata-rata kenaikan suhu maksimum adalah di kisaran 0.75⁰-2.25⁰C pada tahun 2032-2040</p> <p>6. Rata-rata kenaikan suhu minimum adalah dalam kisaran kurang dari 0.2⁰-1⁰C pada tahun 2032-2040</p> <p>7. Perubahan variasi suhu diurnal adalah dalam kisaran kurang dari 0⁰-1,75⁰C pada tahun 2032-2040</p>	(BMKG, 2019b)
Sulawesi		<p>1. Suhu rata-rata diproyeksikan meningkat dari 0.2⁰C menjadi 0.9⁰C dalam 25 tahun ke depan</p> <p>2. Peningkatan suhu rata-rata berada di kisaran 0.7⁰ -> 1⁰ C pada tahun 2032-2040</p> <p>3. Rata-rata kenaikan suhu maksimum adalah dalam kisaran <0.5⁰ – 2.25⁰ C pada tahun 2032-2040</p> <p>4. Rata-rata kenaikan suhu minimum adalah dalam kisaran kurang dari <0.2⁰ -1⁰ C pada tahun 2032-2040</p> <p>5. Perubahan variasi suhu diurnal adalah dalam kisaran kurang dari 0.025⁰–1.75⁰C pada tahun 2032-2040</p>	(BMKG, 2019b)
NTB		Perubahan suhu udara permukaan rata-rata tahunan dari rata-rata ansambel simulasi. Pada tahun 2030, suhu rata-rata akan meningkat sekitar 1 ⁰ . Pada tahun 2060, kenaikan suhu berkisar dari 1.6 ⁰ hingga 2 ⁰ .	(McGregor <i>et al.</i> , 2016)
Maluku		Perubahan suhu rata-rata pada periode 2006-2014 dibandingkan dengan 2023-2040 menurut musim. Peningkatan yang paling mencolok dapat dilihat pada periode Desember-Januari-Februari (DJF) dan Maret-April-Mei (MAM) di mana kenaikan suhu rata-rata di sebagian besar wilayah Maluku berada di atas 1.026 ⁰ C. Sedangkan pada periode	(APIK, 2018d)

		September-Oktober-November (SON), suhu rata-rata meningkat pada tingkat kecil	
--	--	---	--

4 Pandangan Dampak Iklim Nasional

4.1 Tinjauan Dampak Iklim

Tinjauan dampak iklim pada sektor-sektor utama diarahkan untuk mendapatkan informasi tentang dampak variabel iklim esensial dan ambang batasnya yang kemudian dianalisis lebih lanjut serta dapat diperluas secara nasional. Variabel iklim esensial (Tabel 2) adalah variabel fisik, kimia, atau biologis atau sekelompok variabel yang secara kritis berkontribusi terhadap karakterisasi iklim bumi yang sering diterapkan untuk mewakili kondisi iklim. Dampak iklim pada sektor-sektor tertentu dapat dipelajari dari seberapa banyak perubahan dalam variabel-variabel yang representatif dari sektor-sektor terkait dengan perubahan dalam variabel iklim. Untuk meninjau dampaknya, kami memperluas laporan negara yang diterbitkan oleh KLHK pada tahun 2017 sebagai referensi untuk mendefinisikan variabel iklim penting untuk mengukur dampak fluktuasi iklim pada sektor-sektor fokus. Tinjauan ini dikelompokkan untuk masing-masing sektor dan diwakili di bawah ini.

Tabel 4.1 Variabel Iklim Penting

Domain	Variabel Iklim Penting	
Atmosfer (di atas tanah, laut dan es)	Permukaan:	Suhu udara, Presipitasi, Tekanan udara, Neraca radiasi permukaan, Kecepatan dan arah angin, Uap air.
	Udara-atas:	Neraca radiasi bumi (termasuk radiasi matahari), suhu udara atas, kecepatan dan arah angin, uap air, sifat awan.
	Komposisi:	Karbon dioksida, Metana, Ozon, Gas rumah kaca lainnya yang berumur panjang, sifat Aerosol.
Lautan	Permukaan:	Suhu permukaan laut, salinitas permukaan laut, permukaan laut, keadaan laut, es laut, arus, warna lautan (untuk aktivitas biologis), tekanan parsial karbon dioksida.
	Permukaan-bawah:	Suhu, Salinitas, Arus, Nutrisi, Karbon, Pelacak Lautan, Fitoplankton.
Terrestrial	Debit sungai, Penggunaan air, Air tanah, Tinggi danau, Tutupan salju, Gletser dan es, Permafrost dan tanah beku musiman, Albedo, Tutupan lahan (termasuk jenis vegetasi), Fraksi radiasi aktif fotosintesis yang diserap (FAPAR), Indeks luas daun (LAI), Biomassa, Gangguan kebakaran, Kelembaban tanah.	

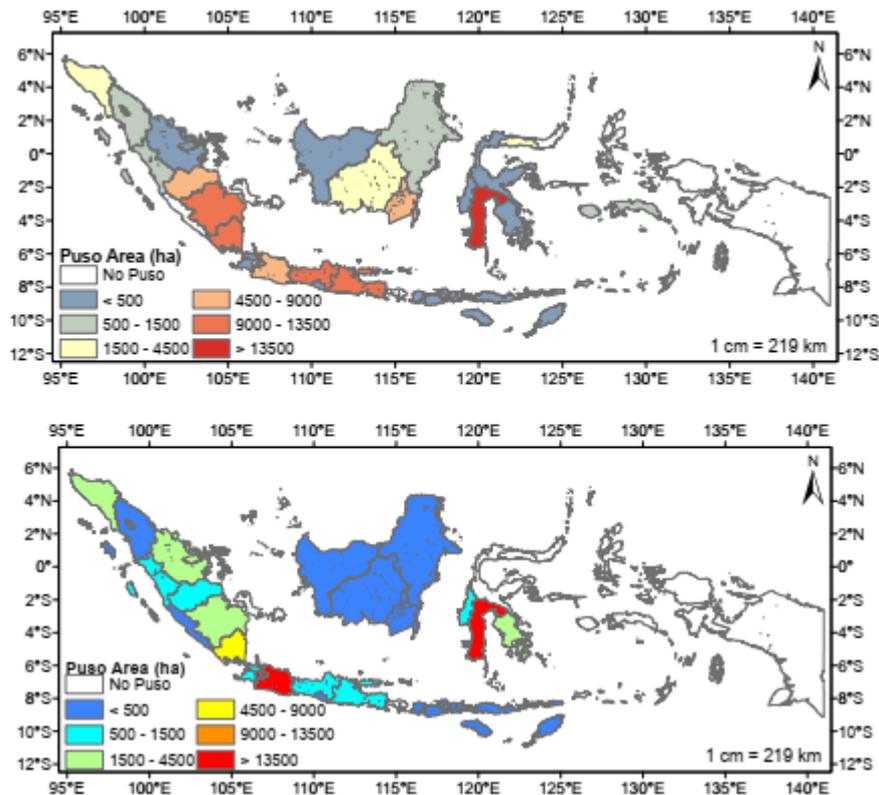
4.1.1 Sektor Pangan

Metabolisme tanaman seperti proses fotosintesis, transpirasi dan laju respirasi memengaruhi produksi tanaman. Misalnya, tanaman teh yang terpapar peningkatan suhu akan

menghentikan proses metabolisme yang dapat menyebabkan penurunan produksi hingga 50%. Pada jagung, hujan lebat dapat meningkatkan gangguan hama dan penyakit, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi hasil panen. Dampak perubahan iklim terhadap produksi jagung dengan asumsi iklim ekstrem berdampak negatif terhadap produksi jagung Trenggalek berdasarkan survei lapangan. Studi ini menunjukkan bahwa produksi jagung yang lebih rendah pada tahun 2010 (2269 kg / ha) dibandingkan pada tahun 2009 (4246 kg/ha) mengalami fluktuasi iklim. Nilai awal produksi beras sekitar 6.86 ton/Ha, dengan suhu yang lebih tinggi sebesar 10⁰C dan curah hujan sebesar 5% akan menghasilkan produktivitas beras sebesar 6.33 ton/Ha. Peningkatan suhu selanjutnya akan berdampak pada produktivitas padi yang negatif, dengan suhu yang lebih tinggi sebesar 2.5⁰C dan curah hujan sebesar 25% akan menghasilkan produktivitas padi 3.54 ton/Ha.

Ledakan populasi ulat bulu yang merupakan salah satu serangan hama terhadap mangga mengakibatkan penurunan pendapatan petani di Sidoarjo. Produksi gula yang lebih tinggi disebabkan oleh perubahan curah hujan selama musim tanam. Pendapatan petani juga meningkat; meskipun kenaikan itu lebih karena harga gula yang lebih tinggi daripada peningkatan produksi gula. Studi di Kecamatan Kayen, Tambakromo, Winong, Jaken, dan Jakenan menjelaskan bahwa produktivitas kacang hijau berfluktuasi tergantung pada besarnya perubahan curah hujan. Curah hujan yang rendah di bulan Mei (kurang dari 100 mm/bulan) menghasilkan penurunan produktivitas dari 0.42% menjadi 20.29%. Di sisi lain, curah hujan yang lebih tinggi mengakibatkan produktivitas kacang hijau yang lebih tinggi, misalnya, peningkatan produktivitas terjadi di Kecamatan Jakenan sebesar 2.47% karena peningkatan curah hujan 55 mm) dan di Kecamatan Jaken sebesar 27.31%. karena peningkatan curah hujan sebesar 201 mm.

Produksi beras meningkat dari tahun ke tahun sejak tahun 1990-an karena kemajuan teknologi pertanian. Namun, hasil perhitungan perbedaan produksi antara tahun berjalan (n) dan tahun sebelumnya (n-1) menunjukkan bahwa ada beberapa penurunan terhadap produksi beras selama periode analisis tahun 1993 - 2013. Penurunan produksi biasanya dikaitkan dengan kejadian iklim ekstrem, baik El Nino atau La Nina di Indonesia. El Nino sering dikaitkan dengan kejadian kekeringan dan La Nina sering dikaitkan dengan kejadian banjir di sebagian besar wilayah Indonesia. Dampak El Nino sangat signifikan ketika peristiwa terjadi selama musim kemarau, sedangkan dampak La Nina khususnya tinggi selama musim hujan. Sebagaimana dijelaskan di atas, banjir dan kekeringan adalah dua bahaya utama yang dapat menurunkan produksi beras dan bahkan menyebabkan gagal panen (puso) di Indonesia.



Gambar 4.1 Distribusi gagal panen (puso) yang diukur di area padi yang terkena dampak dalam hektar akibat banjir pada tahun 2010 (di atas) dan kekeringan pada tahun 2011 (bagian bawah). Sumber: Perdinan, Kartikasari, and Malahayati (2014), diambil berdasarkan data yang diterbitkan oleh Direktorat Perlindungan Rencana Kementerian Pertanian (Direktorat Perlindungan Tanaman - Kementerian Pertanian) seperti pada (Perdinan, 2016)

Keberadaan lima penyakit hewan menular di Indonesia, yaitu: *bluetongue*, *palem*, *Japanese encefalitis*, *nile barat*, dan *rift valley fever*. Penyebarannya bisa melalui burung yang bermigrasi atau komoditas ternak yang diperoleh dari perdagangan internasional dan transportasi global. Penyakit menular responsif terhadap perubahan iklim, dan proses penularannya membutuhkan vektor seperti nyamuk.

4.1.2 Sektor Air

Intensitas curah hujan di musim hujan dapat meningkatkan risiko banjir, sementara penurunan intensitas curah hujan selama musim kemarau dapat meningkatkan risiko kekeringan. Kekeringan juga mengancam wilayah Pacitan, kekeringan yang panjang di Pacitan terjadi setiap 8-10 tahun. Selain itu, peningkatan evapotranspirasi dapat menyebabkan kekurangan air. Kekurangan air adalah suatu kondisi dimana penurunan ketersediaan air tidak dapat memenuhi peningkatan kebutuhan akan air. Evaluasi kekurangan air dapat dilakukan menggunakan analisis neraca air. Analisis ini akan menggambarkan apakah pasokan air dapat memenuhi permintaan air untuk pertanian, domestik, dan industri. Dengan menggunakan analisis, tingkat risiko kekurangan air di Malang didominasi oleh risiko tingkat sedang hingga tinggi. Area dengan risiko yang lebih tinggi di masa depan lebih besar daripada di periode *baseline*. Penggunaan air permukaan lebih tinggi untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat dan meningkatkan evapotranspirasi, sehingga ancaman kekurangan air yang tertinggi terdapat di daerah dengan populasi padat. Secara umum, kerentanan tertinggi terjadi di beberapa daerah di kabupaten tertentu seperti Gedangan, Dampit, dan Poncokusumo. Namun, tingkat kerentanan bervariasi secara spasial untuk berdasarkan kondisi iklim *baseline* dan proyeksi.

Pembuangan ke waduk Sutami berubah sehingga pengelola air harus mengubah strategi pelepasan air dari waduk. Debit air dari limpasan permukaan menurun secara drastis serta air hujan menyusup ke air tanah, yang mengancam ketersediaan air di Kabupaten Mojokerto. Kekurangan pasokan air di musim kemarau dan intrusi air laut terjadi di wilayah yang berada di wilayah pesisir Laut Jawa, yaitu Desa Demung Kedungkarang. Kekurangan air saat ini ditandai dengan pengeringan sumur yang cepat di musim kemarau dibandingkan dengan yang terjadi pada 1990-an, dan memaksa masyarakat untuk membeli air bersih.

4.1.3 Sektor Kesehatan

Peningkatan curah hujan bulanan (berkisar dari 171.6 mm menjadi 243.3 mm per bulan) dan kelembaban relatif (mendekati 90%) meningkatkan habitat vektor demam berdarah dan pertumbuhan virus di Banjarbaru - Kalimantan Selatan. Kondisi lingkungan yaitu suhu udara sebesar 27.8°C, curah hujan sebesar 353 mm, dan kelembaban relatif sebesar 81%. Insiden tertinggi demam berdarah dengue (DBD), sekitar 1.125 insiden, di Semarang pada Maret 2010 dengan kondisi lingkungan yaitu suhu sebesar 27.7°C, curah hujan sebesar 413 mm, dan kelembaban relatif sebesar 81%. Tingkat insiden terendah adalah sekitar 29 insiden pada Desember 2011, dengan curah hujan sebesar 275-359 mm, kelembaban sebesar 83-86%, dan suhu udara sebesar 26-28°C, dapat berpotensi sebagai sinyal untuk peningkatan kasus DBD.

4.1.4 Sektor Energi

Sektor energi listrik rentan terhadap banyak dampak perubahan iklim di masa depan, termasuk peristiwa cuaca yang semakin intens, suhu udara dan suhu air yang lebih tinggi, perubahan curah hujan dan pola pembuangan sungai, dan kenaikan permukaan laut. Efek perubahan iklim berpotensi mempengaruhi seluruh sektor listrik suatu negara: penambangan dan produksi bahan bakar, transportasi bahan bakar ke pembangkit listrik, pembangkit listrik, transmisi melalui jaringan tegangan tinggi, dan distribusi tegangan rendah ke konsumen. Dengan pertumbuhan energi dan penggunaan energi yang pesat di Indonesia, efek pada sektor listrik dapat memiliki efek sosial dan ekonomi yang drastis. Beberapa sumber daya bergantung pada air untuk pembangkit listrik; PLTA memiliki mata rantai yang paling jelas, tetapi pembangkit listrik gas dan biomassa semuanya bergantung pada air dalam bentuk uap. Transportasi di Indonesia kekurangan investasi dalam pengembangannya, yang dapat memengaruhi kemampuan untuk mengekstraksi dan mendistribusi sumber daya di seluruh wilayah Indonesia. Perencanaan pengembangan energi terbarukan dari bauran energi nasional, terutama tenaga air dan matahari, dapat mengalami ketidakpastian yang lebih besar karena efek perubahan iklim di masa depan. Jaringan listrik sendiri sudah terlalu luas, dan efek seperti peristiwa cuaca yang intens dan kenaikan permukaan laut dapat mengancam layanan bagi jutaan pelanggan.

4.1.5 Bencana Akibat Iklim

Indonesia mengalami kebakaran hutan yang parah pada periode 1997-1998, yang dikaitkan dengan peristiwa El Nino. Rendahnya curah hujan di wilayah Kalimantan Barat berdampak memicu meningkatnya jumlah titik api. Para penulis membenarkan bahwa intensitas rendah curah hujan dan tingginya jumlah titik api pada tahun 2004 dapat menyebabkan pengurangan area hutan (deforestasi) antara tahun 2003 dan 2005, mengingat intensitas curah hujan yang tinggi dan rendahnya jumlah *hotspot* pada tahun 2008 mengakibatkan peningkatan luasan tutupan hutan antara tahun 2007 dan 2009 karena reboisasi dan ekspansi area perkebunan. Kenaikan permukaan air laut, mempengaruhi laju erosi, mengubah garis pantai, dan menggenangi daerah pantai. Kenaikan permukaan air laut dalam dan suhu air laut yang lebih tinggi yang melebihi batas toleran organisme laut dapat merusak ekosistem laut dan pesisir. Konjungsi dengan air pasang juga merupakan ancaman bagi kota-kota pesisir, ancaman utamanya adalah pengurangan dan kerusakan infrastruktur yang terletak di sepanjang garis pantai.

4.1.6 Sektor Ekosistem

4.1.6.1 Ekosistem Hutan

Untuk kehutanan, perubahan iklim berpotensi mempengaruhi hampir semua aspek ekosistem seperti respons dan perilaku fisiologis, siklus hidup, kemampuan bersaing, struktur masyarakat, produktivitas, dan siklus nutrisi. Ketidakmampuan biofisik hutan untuk mendukung pertumbuhan spesies tanaman tertentu dan pergeseran musim hujan saat ini dapat menyebabkan hambatan dalam upaya rehabilitasi hutan dan lahan. Selain itu, penurunan curah hujan, peningkatan suhu maksimum, dan pergeseran pola iklim (seperti, agak kering - sedang - agak kering) dapat menyebabkan kemarau panjang yang mengakibatkan tantangan besar bagi pabrik baru untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan.

Penurunan curah hujan, suhu yang lebih tinggi, dan berkurangnya tutupan hutan berdampak pada berkurangnya sumber daya air yang dalam kawasan hutan. Curah hujan dan suhu udara mempunyai peran penting dalam siklus hidrologi, di mana penguapan sangat dipengaruhi oleh suhu udara. Curah hujan yang lebih rendah dan suhu yang lebih tinggi akan meningkatkan penguapan, yang pada akhirnya mengurangi cadangan air dalam tanah yang mengakibatkan penurunan jumlah mata air dan daerah aliran air. Mata air di Gunung Rinjani berkurang 50% dalam jangka waktu sekitar 27 tahun, dan jumlah mata air menyusut 75% untuk wilayah Nusa Tenggara Barat, yaitu dari 702 mata air pada tahun 1980 menjadi 180 mata air pada tahun 2006/2007. Selain itu, penurunan debit air di sejumlah mata air juga terjadi di beberapa Sub-Regional River Unit-Sub Satuan Wilayah Sungai (SSWS) di pulau Lombok, misalnya, tujuh mata air di SSWS Dodokan dan lima mata air di SSWS Menanga mengalami penurunan debit dengan rata-rata 61.2% dan 65.6%. Penurunan ini akan mempengaruhi masyarakat hutan karena persediaan air yang tersedia mungkin tidak dapat memenuhi permintaan sumber daya air di wilayah tersebut.

4.1.6.2 Ekosistem DAS

Selain dampak potensial dari perubahan iklim, degradasi lingkungan di daerah DAS seperti cakupan vegetasi di daerah tangkapan air atas dapat meningkatkan bencana hidro-meteorologi. Degradasi hutan di daerah hulu menyebabkan banjir bandang dan tanah longsor (Banjir di Bohorok, Wasior, Agam, dan Way Ela). Di Nusa Tenggara, degradasi daerah aliran sungai mengakibatkan pengurangan debit air. Degradasi ini terjadi karena konversi kawasan hutan menjadi pemukiman atau perkebunan (kelapa sawit dan karet), yang menyebabkan berkurangnya penyerapan air dan meningkatkan debit sungai selama musim hujan yang menyebabkan banjir. Dampak lanjutan dari debit air yang lebih tinggi selama musim hujan juga dapat menyebabkan peningkatan total sedimen yang menyebabkan sungai menjadi lebih dangkal.

Degradasi DAS dan dampak potensial dari perubahan iklim yang dapat meningkatkan terjadinya bencana terkait iklim dapat memiliki dampak lanjutan terhadap beragam sektor ekonomi. Bencana terkait iklim dapat secara signifikan mempengaruhi kondisi sosial ekonomi masyarakat yang tinggal di Desa Patimban, yang terletak di hilir, dan Desa Cimeuhmal, yang terletak di hulu DAS Cipunagara. Bencana terkait iklim dapat menyebabkan kerugian ekonomi pada sektor-sektor utama di wilayah ini. Pekerja yang bekerja untuk mengolah kolam ikan adalah kelompok yang paling rentan di daerah hilir DAS Cipunagara. Padahal, petani memiliki lahan budidaya kecil dan buruh tani adalah kelompok paling rentan di daerah hulu DAS Cipunagara.

4.1.6.3 Ekosistem Bakau

Ekosistem bakau juga dianggap sebagai salah satu yang sangat rentan terhadap perubahan iklim. Sebagian besar kawasan bakau di dunia akan mengalami peningkatan suhu udara, perubahan siklus hidrologi, kenaikan permukaan air laut, dan peningkatan kejadian badai tropis. Suhu yang lebih tinggi akan mempengaruhi laju pembusukan sampah, dan fisiologi serta distribusi geografis fauna yang hidup di ekosistem bakau. Fauna akan dipengaruhi oleh perubahan lingkungan bakau

dan perubahan iklim. Beberapa fauna seperti ikan, gastropoda, dan krustasea, area yang relatif toleran terhadap suhu yang lebih tinggi akan dapat dengan cepat beradaptasi dengan perubahan lingkungan tersebut.

Respon tanaman bakau terhadap kenaikan permukaan air laut akan bervariasi secara spasial dan tergantung pada tingkat kenaikan dan ketersediaan sedimen sebagai media untuk pertumbuhan bakau. Bakau masih bisa tumbuh subur di permukaan laut sekitar 8-9 cm/100 tahun, meskipun mereka akan mengalami tekanan lingkungannya. Kenaikan permukaan air laut yang lebih tinggi dari 12 cm / 100 tahun dapat merusak habitat bakau. Menanggapi kondisi ancaman seperti itu, laju endapan sedimen harus mengimbangi kenaikan permukaan air laut, yang sering terjadi di pulau-pulau besar dengan daerah delta yang relatif besar, yaitu situasi di mana endapan sedimen memadai untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan bakau. Bakau sangat sensitif terhadap perubahan kecil dalam komponen hidrologi, curah hujan, evapotranspirasi, limpasan, dan salinitas, atau pasang surut. Penurunan limpasan dan curah hujan akan meningkatkan salinitas dan kandungan sulfat dari air laut, yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan bakau. Tantangan lainnya adalah badai tropis, yang pada skala besar dapat menghancurkan habitat bakau, meskipun bakau ditanam dengan tujuan untuk meminimalkan sifat destruktif dari badai tropis.

4.1.6.4 Ekosistem Pesisir

Wilayah pesisir adalah wilayah yang dianggap memiliki nilai ekonomi relatif tinggi karena banyak kegiatan dilakukan di berbagai bidang seperti transportasi laut, perdagangan, dan pariwisata. Banyak kota-kota besar di Indonesia seperti Jakarta, Semarang, dan Surabaya terletak di wilayah pesisir. Sayangnya, badai tropis, pasang naik, dan kenaikan permukaan laut adalah salah satu bahaya potensial di wilayah pesisir, yang dapat menyebabkan banjir dan erosi pantai. Kenaikan permukaan laut dapat mempengaruhi laju erosi, mengubah garis pantai, dan menggenangi daerah pesisir. Kenaikan permukaan air laut dengan suhu laut yang lebih tinggi yang melebihi batas toleran organisme laut dapat merusak ekosistem laut dan pesisir. Naiknya permukaan laut dalam hubungannya dengan air pasang juga menimbulkan ancaman bagi kota-kota di wilayah pesisir dengan ancaman utama adalah kerusakan infrastruktur yang terletak di sepanjang garis pantai.

Selain itu, cuaca yang tidak menentu dapat menimbulkan tantangan lain terutama bagi mata pencaharian nelayan, sehingga para nelayan terpaksa mencari pekerjaan alternatif ketika mereka tidak bisa pergi mencari ikan. Naiknya permukaan laut juga berdampak pada ekologi pantai yang ditunjukkan oleh kepunahan tanaman pantai seperti pohon-pohon besar yang dibawa oleh arus laut. Degradasi pantai juga dapat dikaitkan dengan abrasi pantai dan polusi yang dapat merusak bakau dan terumbu karang. Polusi dapat merusak atau membunuh komponen biotik lainnya, dan juga dapat membahayakan kesehatan manusia karena memanfaatkan biota perairan yang tercemar. Polusi juga dapat mengurangi nilai estetika perairan laut dan pesisir.

4.1.6.5 Ekosistem Laut

Perubahan iklim global dapat mempengaruhi ekosistem laut, seperti ikan, rumput laut, dan terumbu karang. Dampak tersebut dikaitkan dengan korelasi antara kejadian iklim ekstrem dan produksi ikan laut di Indonesia. Fenomena iklim-lautan yang dikenal sebagai El Nino (bulan yang lebih kering) dan La Nina (bulan yang lebih basah) mempengaruhi jumlah tangkapan ikan laut di Indonesia. Data historis menunjukkan bahwa El Nino memiliki korelasi positif terutama dengan ikan pelagis besar seperti tuna; sebaliknya untuk La Niña. Sebagai contoh, produksi ikan pelagis besar di Lampung tinggi selama El Nino, dan rendah selama La Nina. Dalam kasus lain, peristiwa ekstrem iklim memiliki dampak negatif pada akuakultur. Curah hujan yang tinggi, sisa pakan, dan kotoran ikan dapat meningkatkan kadar amonia dan menurunkan kadar oksigen.

Dampak lain ekosistem laut adalah pemutihan karang. Pemutihan tentu mempengaruhi kehidupan laut terutama berbagai jenis ikan yang hidup di terumbu karang. Kerusakan terumbu

karang dapat mempengaruhi populasi ikan, yang akhirnya mengancam mata pencaharian nelayan. Perubahan iklim dan peningkatan permukaan air laut dan tingkat asam (pH) mempengaruhi terumbu karang, dimana pH yang lebih tinggi menyebabkan pemutihan karang sedangkan variasi curah hujan mempengaruhi sedimentasi di terumbu. Terlebih lagi, efek dari tekanan iklim pada terumbu karang dan ikan yang hidup di dalam terumbu, serta efek dari tekanan iklim lebih tinggi pada kehidupan terumbu karang daripada pada ikan yang hidup di terumbu.

4.2 Identifikasi Variabel Iklim Esensial untuk Penilaian Dampak

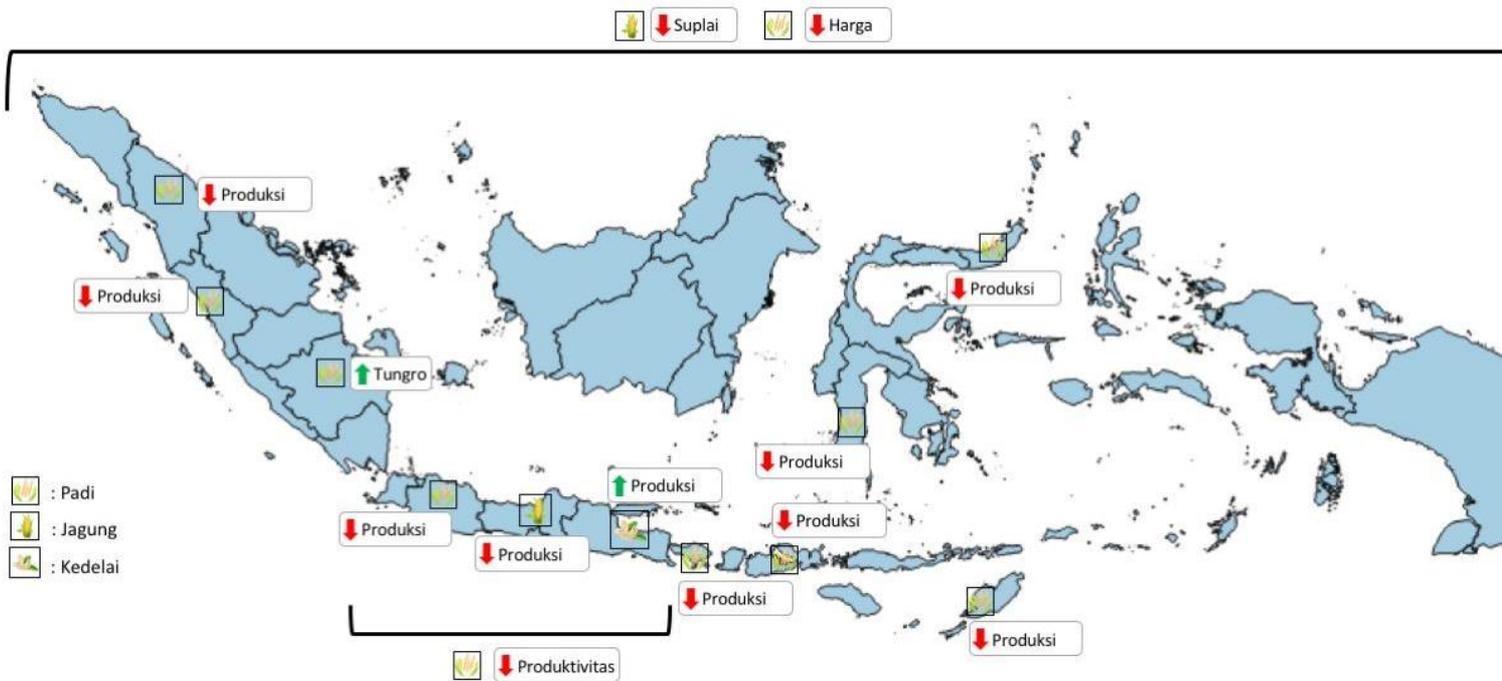
Tantangan terbesar dalam adaptasi perubahan iklim adalah memproyeksikan dampak iklim terhadap sektor-sektor utama. Untuk memudahkan dalam pengembangan estimasi dampak potensial, berikut ringkasan variabel iklim esensial untuk penilaian dampak yang disediakan dalam Tabel 4.1. Sub-bagian selanjutnya memberikan informasi detail dampak lanjutan untuk setiap sektor yang disajikan dalam peta disertai dengan penjelasan dalam Tabel 4.2. Ringkasan singkat dampak juga disediakan pada bagian akhir dari laporan ini.

Tabel 4.2 Ringkasan variabel iklim esensial untuk penilaian dampak iklim

Kategori dampak	Iklim ekstrem	Variabel induk	Ambang batas
Pangan <ul style="list-style-type: none"> - Penurunan produksi - Kenaikan produksi - Fluktuasi Harga 	<ul style="list-style-type: none"> - Suhu yang lebih tinggi - Pola dan intensitas curah hujan - Banjir - kekeringan 	<ul style="list-style-type: none"> - Suhu - Curah hujan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kenaikan Suhu 1 – 3°C - Kenaikan Curah hujan 5 – 25% - Pola hujan berubah sampai 46%
Air <ul style="list-style-type: none"> - Kekurangan air - Peningkatan CO₂ - Penurunan populasi ikan - Mendukung habitat nyamuk demam berdarah - Peningkatan pencemaran sungai 	<ul style="list-style-type: none"> - Kekeringan - Banjir - Badai angin 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaporasi - Curah hujan - Suhu 	<ul style="list-style-type: none"> - Peningkatan curah hujan dari 5.66 mm menjadi 6.25 mm - Suhu air meningkat dari 2.4 °C - Populasi dan kepadatan tinggi
Kesehatan <ul style="list-style-type: none"> - Peningkatan kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) - Penurunan kualitas air - Penurunan kesehatan lingkungan 	<ul style="list-style-type: none"> - Banjir - Kekeringan 	<ul style="list-style-type: none"> - Suhu - Curah hujan - Kelembaban relatif 	<ul style="list-style-type: none"> - Suhu dari 26 °C -33 °C - Curah hujan dari 170 mm – 250 mm - Kelembaban relatif dari 81%-90%
Bencana <ul style="list-style-type: none"> - Banjir pasang surut - Banjir 	<ul style="list-style-type: none"> - Banjir - Kekeringan 		

<ul style="list-style-type: none">- Kekeringan- Longsor- Angin kencang	<ul style="list-style-type: none">- Longsor- Angin kencang	<ul style="list-style-type: none">- Kenaikan permukaan air laut- Curah hujan	<ul style="list-style-type: none">- Meningkat menjadi 0.7 m saat La Nina
--	---	---	--

4.2.1 Sektor Pangan



Gambar 4.2 Dampak sektor pangan di Indonesia

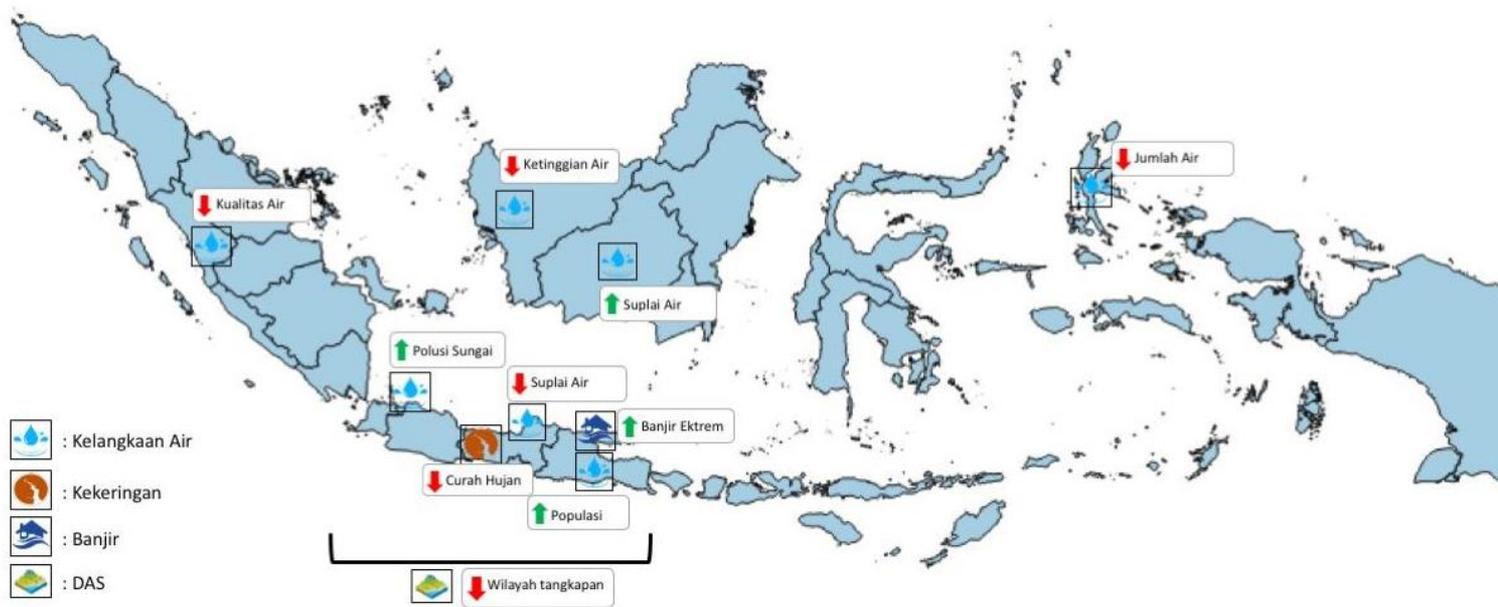
Tabel 4.3 Tinjauan dampak sektor pangan di Indonesia

Dampak	Variabel Iklim	Lokasi/area	Komoditas / Objek spesifik	Nilai ambang batas	Data Iklim	Ketersediaan data
Pengurangan produksi hingga 50%	Suhu	-	Tanaman teh	Kenaikan suhu	Suhu	Suhu Maksimum, Suhu Minimum, Suhu rata-rata
Penurunan produksi hingga 50% (dari 4246 kg / Ha menjadi 2269 kg / Ha)	Curah hujan	Trenggalek	Jagung	Pola dan intensitas curah hujan	Curah hujan ekstrem	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Penurunan produksi hingga 50% (dari 6,86 ton/Ha menjadi 3,54 ton / Ha)	Suhu; Curah hujan	-	Padi	Suhu lebih tinggi dari 1 - 2.5°C dan peningkatan curah hujan dari 5 - 25%	Suhu; Curah hujan	Suhu Maksimum, Suhu Minimum, Suhu rata-rata, Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Mengurangi produksi	Suhu	-	Beras sekam, Jagung, Kedelai, Gula Tebu, Minyak Kelapa Sawit	Peningkatan suhu 2°C; penurunan curah hujan menjadi 246 mm	Suhu; Curah hujan	Suhu Maksimum, Suhu Minimum, Rataan Suhu, Curah hujan harian, Curah hujan bulanan

Kenaikan produksi 1.2 kw/Ha	Curah hujan	-	Gula tebu	Perubahan curah hujan	Curah hujan	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Kenaikan produksi sampai 27.31%	Curah hujan	Kabupaten Malang	Kedelai	Kenaikan Curah hujan 55 mm sampai 201 mm	Curah hujan	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Mengurangi produksi dan bahkan menyebabkan kegagalan panen (puso)	Kejadian iklim ekstrem (El Nino dan La Nina)	Indonesia	Padi	Curah hujan terkait Kekeringan; Curah hujan terkait banjir	Curah hujan saat musim kering; Curah hujan saat musim basah	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Fluktuasi padi (volatiliti)	Suhu	Indonesia	Padi	Semakin besar perubahan suhu, padi berfluktuasi lebih tinggi	Suhu	Suhu Maksimum Suhu Minimum Rataan
Berkurangnya pasokan jagung sekitar 0.98%	Curah hujan	Indonesia	Jagung	Peningkatan curah hujan sebesar 10% (tanaman Jagung membutuhkan curah hujan yang ideal sekitar 85-200 mm / bulan)	Curah hujan saat musim kering	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Kesesuaian iklim tanah untuk produksi Padi berkurang sebesar 20%	Curah hujan	Bali	Padi	Perubahan pola hujan sebesar 46% dan 54% pada musim hujan dan musim kering	Curah hujan saat musim kering, Curah hujan saat musim hujan	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Mengurangi produksi	Curah hujan; Suhu		Tanaman padi	Peningkatan suhu	Curah hujan; Suhu	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum Rataan
Penurunan produktivitas pertanian	Curah hujan; Suhu	Indonesia	Pertanian	Peningkatan suhu dan penurunan curah hujan	Curah hujan; Suhu	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum Rataan
Peningkatan produksi	Curah hujan; Suhu		Pertanian	Peningkatan suhu	Curah hujan; Suhu	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum Rataan
Produksi makanan	Suhu	Tana Toraja	Pangan	Peningkatan suhu 1 °C -3 °C	Suhu	Suhu Maksimum

menurun; peningkatan bahaya						Suhu Minin Rataan
Penurunan produktivitas pertanian	Curah hujan; Suhu	Jawa	Produktivitas padi	Intensitas curah hujan membuat produktivitas padi normal	Curah hujan; Suhu	Curah hujan harian, Cur hujan bulan Suhu Maksimum Suhu Minin Rataan
Penurunan produktivitas pertanian	Suhu		Padi	Kenaikan suhu,	Suhu	Suhu Maksimum Suhu Minin Rataan

4.2.2 Sektor Air



Gambar 4.3 Dampak sektor air di Indonesia

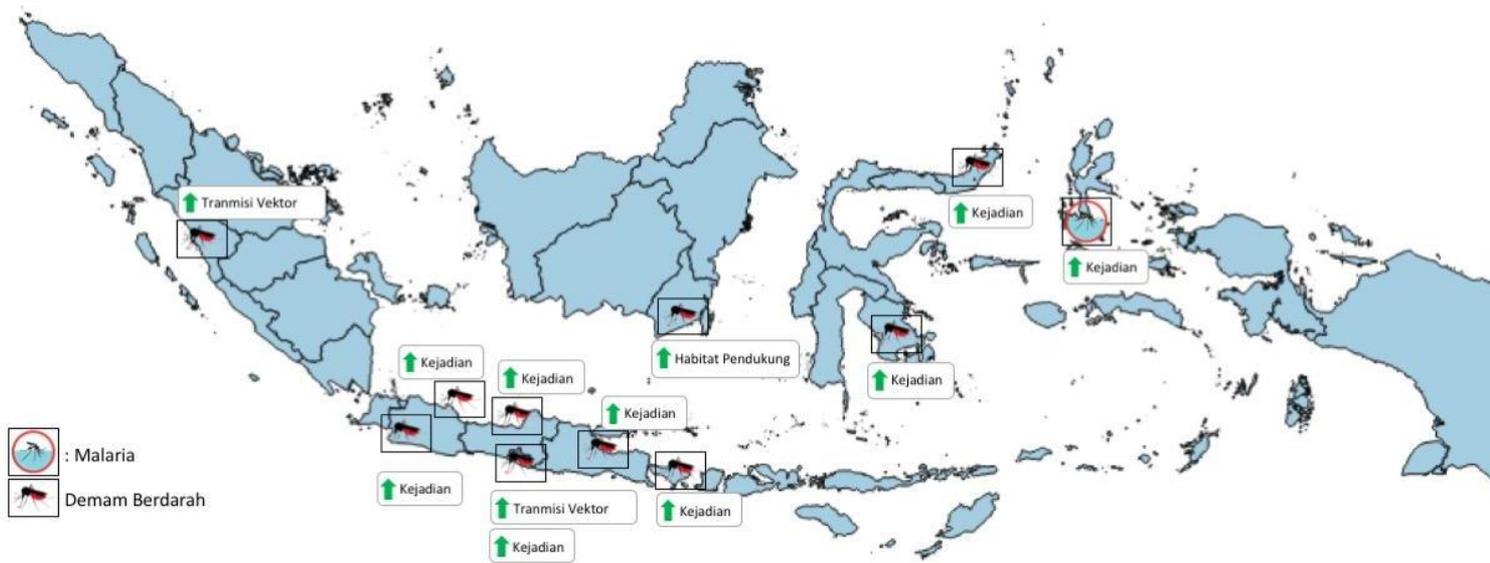
Tabel 4.4 Ulasan dampak sektor air di Indonesia

Dampak	Variabel Iklim	Lokasi/area	Komoditas / Objek spesifik	Nilai ambang batas	Data Iklim	Ketersediaan data
Kekeringan	Curah hujan	Pacitan			Curah hujan di musim hujan	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Kekurangan air	Suhu; Curah hujan; Evapotranspirasi	Malang	Kepadatan penduduk	Kepadatan tertinggi lebih rentan	Curah hujan; Suhu; Evapotranspirasi	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum, Rataan
Kekurangan air	Curah hujan; Suhu	Demak	Desa Kedungkarang	Ketersediaan air saat musim kering	Curah hujan; Suhu	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum, Rataan
Kekurangan air	Evaporasi; Presipitasi	Karimata Strait; Jawa Sea; Banda Sea	Neraca air tawar kelautan	Evaporasi di Selat Karimata, Laut Jawa dan Laut Banda dapat diperoleh yaitu sekitar -0,025 hingga -0,059 Sv	Evaporasi; Presipitasi	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Pengurangan emisi CO ₂	Curah hujan; Suhu	Kalimantan Barat	Manfaat hidrologi dan mitigasi CO ₂	Mengurangi emisi karbon lahan gambut sekitar 49%	Curah hujan; Suhu	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan, Suhu

						Maksimum Suhu Minimum Rataan
Peningkatan emisi CO ₂ di lahan gambut	Curah hujan; Suhu	Kalimantan Barat	Emisi CO ₂	Curah hujan berkisar 125 mm dan 230 mm.	Curah hujan; Suhu	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum Rataan
Penurunan muka air tanah gambut	Suhu; Presipitasi	Kalimantan Barat	Hutan Lahan Gambut	Biomassa pohon kecil meningkat 76%	Suhu	Suhu Maksimum Suhu Minimum Rataan
Probabilitas kematian tertinggi dalam banjir ekstrem dapat terjadi sekitar 4 kematian	Curah hujan	Lamongan	Banjir	Kenaikan curah hujan dari 5.66 mm ke 6.25 mm	Curah hujan	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Mengurangi populasi ikan	Angin; Suhu	Bali	Ikan	Suhu air meningkat sebesar 2.4°C	Angin; Suhu	Suhu Maksimum Suhu Minimum Rataan, Kecepatan angin
Ukuran tangkapan menurun	Suhu; Presipitasi; evapotranspiration; angin	Jawa	Aliran arus	Area hutan telah berkurang 32%	Suhu; Presipitasi; evapotranspirasi; angin	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum Rataan
Mendukung habitat demam berdarah	Curah hujan; Suhu	Kota Tangerang	Populasi	Kepadatan penduduk yang tinggi	Curah hujan; Suhu	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum Rataan
Air tidak baik untuk konsumsi	Curah hujan; Suhu	Kota Pekalongan	Air laut dan air tanah	Kualitas air tanah menurun	Curah hujan; Suhu	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum Rataan
Kekurangan air	Curah hujan;	Jakarta	Banjir	Curah hujan tahunan rata-rata sebesar 2683 mm dan suhu rata-rata yaitu 29°C	Curah hujan;	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan

Peningkatan polusi sungai	Curah hujan	Jakarta	Populasi	Curah hujan tahunan rata-rata sebesar 2683 mm dan suhu rata-rata yaitu 29°C	Curah hujan	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Kehidupan manusia, kesehatan, mata pencaharian	Curah hujan	Borneo	Banjir	Memotivasi penilaian yang lebih komprehensif tentang risiko banjir dan pilihan untuk adaptasi berbasis ekosistem	Curah hujan	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan
Penurunan kualitas air	Curah hujan; presipitasi	West Sumatera	Water quality	Peningkatan keramba jaring apung	Curah hujan	Curah hujan harian, Curah hujan bulanan

4.2.3 Sektor Kesehatan



Gambar 4.4 Dampak sektor kesehatan di Indonesia

Tabel 4.5 Ulasan dampak sektor kesehatan di Indonesia

Dampak	Variabel Iklim	Lokasi/area	Komoditas / Objek spesifik	Nilai ambang batas	Data Iklim	Ketersediaan data
Mendukung habitat vektor dengue dan pertumbuhan virus	Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Kalimantan Selatan	Vektor Dengue dan Virus	Curah hujan berkisar antara 171.6 mm hingga 243.3 mm / bulan; Kelembaban relatif mendekati 90%	Curah Hujan Bulanan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan

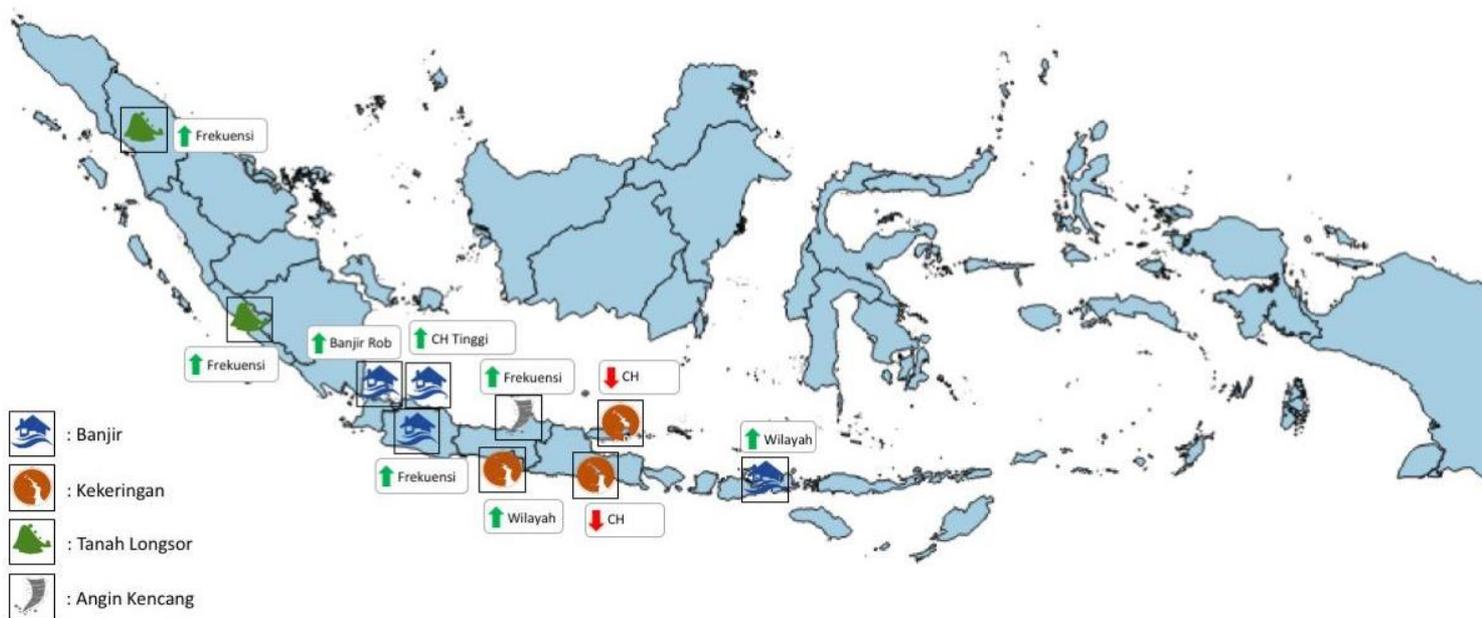
Kejadian tertinggi Demam Berdarah Dengue (DBD)	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Semarang	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Suhu Udara sebesar 27.8°C; Curah Hujan sebesar 353 mm, Kelembaban Relatif sebesar 81%	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum, dan Rata-rata
Peningkatan kasus DBD	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	-	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Curah hujan sebesar 275-359 mm, kelembaban relative sebesar 83-86%, dan suhu udara sebesar 26-28°C	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum, dan Rata-rata
Peningkatan penularan vektor (demam berdarah)	Dampak kenaikan suhu dan terjadinya siklon dan banjir	Yogyakarta	Vektor	Peningkatan suhu sekitar 0,3°C sejak 1990.	Suhu; Banjir; Siklon	Suhu Maksimum, Suhu Minimum, Mean
Penyakit yang ditularkan vektor Demam Berdarah Dengue (DBD)	Dampak Suhu	Padang, Sumatera Barat	Vektor DHF (nyamuk <i>Aedes</i> spp)	Pada peningkatan suhu (>30 °C), nyamuk berkembang biak	Suhu	Suhu Maksimum, Suhu Minimum, Mean
Kejadian DBD terhadap 5095 orang di Bandung karena terinfeksi DBD pada tahun 2012	Curah Hujan	Bandung	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Curah Hujan berkisar 1846.17 mm/tahun sampai 2299.78 mm/tahun.	Peningkatan Curah Hujan	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan
Peningkatan kejadian DBD dari 2014 (131 kasus), 2015 (204 kasus dan 4 kematian), dan pada 2016 (260 kasus dengan 3 kematian)	Peningkatan Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Minahasa	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Curah hujan mencapai 217.5 mm/tahun, suhu berkisar antara 25.3°C sampai 28.6°C, Kelembaban 80.8% dengan rata-rata kecepatan angin 4.8 knots.	Curah Hujan; Suhu; Kelembaban; Kecepatan Angin	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum, dan Rata-rata
Peningkatan kasus DBD	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	-	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Curah Hujan sebesar 275-359 mm, kelembaban relative sebesar 83-86%, dan suhu udara sebesar 26-28°C	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum, dan Rata-rata
Peningkatan kasus Malaria	Curah Hujan; Kecepatan Angin; Kelembaban; Suhu	Maluku Tenggara & Barat	Malaria	Suhu berkisar 27.6°C - 33.1°C	Curah Hujan; Kecepatan Angin; Kelembaban; Suhu	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu

						Maksimum Suhu Minimum dan Rata-rata
Kejadian tertinggi Demam Berdarah Dengue (DBD)	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Yogyakarta	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Suhu berkisar 22.8°C-27.2 °C	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum dan Rata-rata
Peningkatan kasus DBD	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Denpasar	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Suhu sebesar 27.48 °C, Curah Hujan sebesar 39.17 mm	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum dan Rata-rata
Peningkatan kasus DBD	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Pasuruan	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Pertambahan populasi	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum dan Rata-rata
Peningkatan kasus dan populasi DBD	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Sulawesi Tenggara	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Suhu berkisar 20.7°C-33.3°C	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum dan Rata-rata
Kejadian DBD	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Pasuruan	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Curah hujan berkisar antara 154.6 mm dan 432.2 mm	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum dan Rata-rata
Peningkatan penggunaan bahan-bahan kimia di gedung	Kelembaban Relatif	Surabaya	Kualitas Udara Ruangan	RH dalam ruangan adalah 56-60% lebih sedikit dari kelembaban luar ruangan 64-75%	Kelembaban Relatif	
Kejadian DBD	Suhu; Curah Hujan		Demam Berdarah Dengue (DBD)	Peningkatan suhu 0.03 °C dan peningkatan curah hujan 2-3% per tahun	Suhu; Curah Hujan	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan Suhu Maksimum Suhu Minimum dan Rata-rata
Penurunan kualitas udara	Kelembaban Relatif	Bandung	Kualitas Udara	Peningkatan jumlah	Kelembaban Relatif	

				kendaraan adalah 9% per tahun		
Penurunan kesehatan lingkungan	Suhu; Curah Hujan		Kesehatan Lingkungan	Curah hujan ekstrim dan suhu	Suhu; Curah Hujan	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum dan Rata-rata
Peningkatan kasus malaria	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Purworejo	Malaria	Meningkatnya curah hujan dan kelembaban	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum dan Rata-rata
Peningkatan kasus Dengue	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Jawa	Dengue	Risiko infeksi dengue meningkat 28%	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum dan Rata-rata
Peningkatan kasus DBD	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif; Kecepatan Angin	Banjarmasin	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Suhu berkisar antara 25.8 °C - 28.7 °C; kelembaban berkisar antara 65% -88%; kecepatan angin 4-6 knot; dan curah hujan berkisar antara 0.0-546.7 mm	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif; Kecepatan Angin	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum dan Rata-rata
Peningkatan kasus Malaria	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Sumatera Selatan	Kasus Malaria	Suhu berkisar antara 26.6 °C - 28.3 °C dan kelembaban relatif dari 81% - 88%	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum dan Rata-rata
Peningkatan infeksi Dengue	Suhu; Curah Hujan	Cirebon	Kasus Malaria	Suhu berkisar antara 22-32°C	Suhu; Curah Hujan	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu Maksimum, Suhu Minimum dan Rata-rata
Peningkatan kasus DBD	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Kolaka	Demam Berdarah Dengue (DBD)	Suhu berkisar antara 26.1°C - 29.7°C	Suhu; Curah Hujan; Kelembaban Relatif	Curah Hujan Harian, Curah Hujan Bulanan, Suhu Maksimum

						Suhu Minimum dan Rata-rata
--	--	--	--	--	--	-------------------------------

4.2.4 Sektor Bencana akibat Iklim



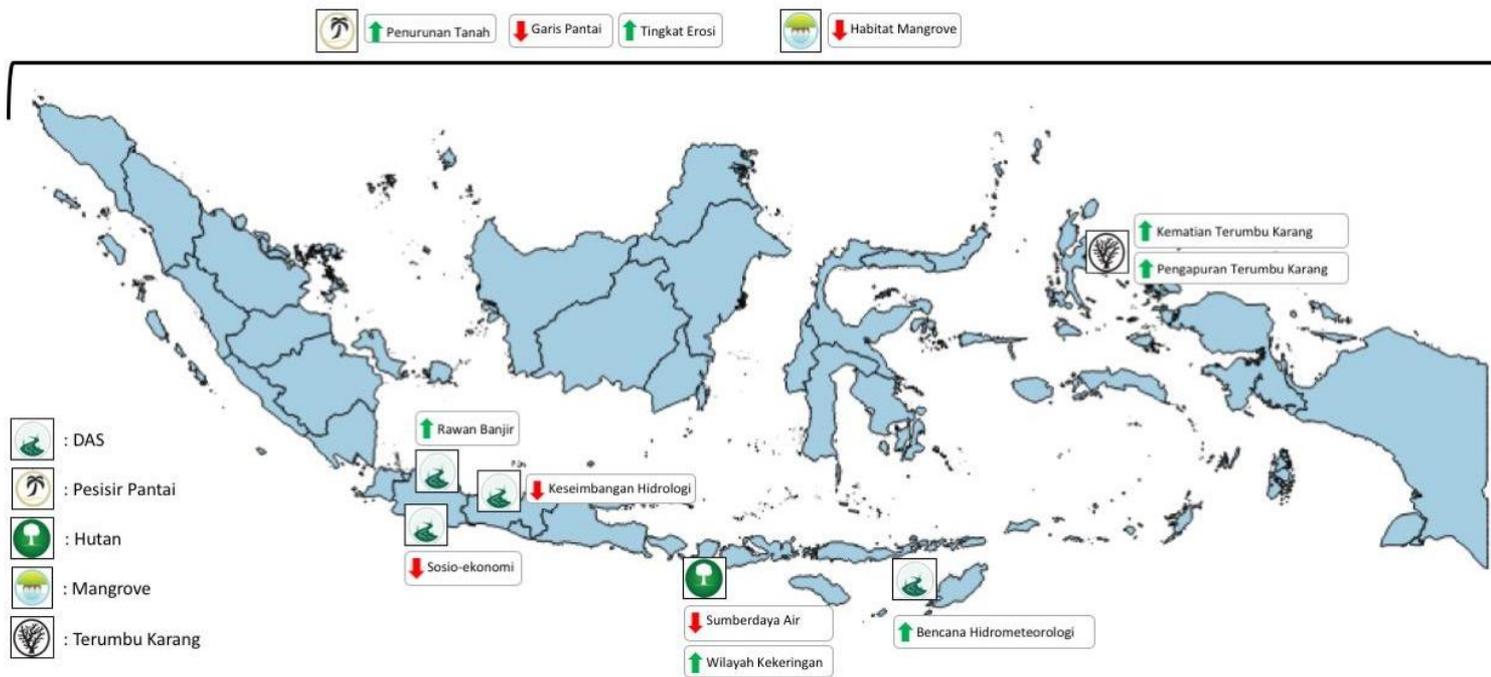
Gambar 4.5 Dampak sektor bencana di Indonesia

Tabel 4.6 Tinjauan tentang dampak sektor bencana yang disebabkan oleh iklim di Indonesia

Dampak	Variabel Iklim	Lokasi/ Area	Komoditas/ Objek Spesifik	Nilai Ambang Batas	Data Iklim	Ketersediaan Data
Daerah rawan banjir	Curah Hujan	Bandung	Banjir	Frekuensi banjir besar sekali dalam 10-25 tahun	Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan
Banjir pasang	Peningkatan Muka Air Laut	Jakarta Utara	Banjir Pasang	Kedalaman genangan 0 – 0.5 m, meningkat menjadi 0.7 m selama La Nina	Tinggi Muka Air Laut	
Banjir	Curah Hujan	Jakarta	Banjir	Frekuensi peningkatan banjir dalam 30 tahun ke depan hingga 2030	Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan
Kekeringan normal 6980,362 ha, kekeringan ringan 13364,155 ha, kekeringan sedang 682,847 ha dan berat 281.81 ha.	Anomali iklim <i>El-Nino Southern Oscillation</i> (ENSO)	Kendal	Padi	Curah hujan rendah		
Kekeringan dan tanah longsor	Kekeringan dan longsor	Pamekasan	Padi	Curah hujan rata-rata adalah <60 mm / bulan	Curah Hujan dan Kekeringan	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan

Banjir dan gelombang pasang air laut	Erosi, Curah Hujan, Peningkatan Muka Air Laut	Bengkulu	Banjir	Tingkat erosi DAS Bengkulu adalah 40,64 ton / ha / tahun atau setara dengan 2.258 mm / tahun atau bahaya erosi tingkat II (15-60 ton / ha / tahun)	Curah Hujan, Tinggi Permukaan Air Laut	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan
Curah hujan tinggi dengan frekuensi 4-5, 70-80 cm ketinggian air, genangan / durasi 15-16 hari.	Banjir	Karawang	Banjir	Dampak banjir menyebabkan gagal panen rata-rata luas lahan 337 ha. Dampak banjir setiap tahun menghasilkan puso dan penurunan produksi beras	Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan
Pada periode 2014 hingga 2018, kejadian angin rebut di Kota Semarang mencapai 91 kali dengan total kerugian sekitar Rp 852,500,000.	Angin Ribut	Semarang	Bangunan	Tingkat bahaya tinggi dari 16.294% hingga 28.502%	Suhu; Angin Ribut	Suhu Maksimum; Suhu Minimum; Rata-rata

4.2.5 Sektor Ekosistem



Gambar 4.6 Dampak Sektor Ekosistem di Indonesia

Tabel 4.7 Review dampak sektor ekosistem di Indonesia

Dampak	Variabel Iklim	Lokasi/ Area	Komoditas/ Objek Spesifik	Nilai Ambang Batas	Data Iklim	Ketersediaan Data
Keseimbangan hidrologi berdampak pada sumber daya pertanian, air bersih, dan perikanan air tawar	Suhu; Curah Hujan	Jawa Tengah	DAS Garang	Suhu lebih tinggi dan perubahan pola curah hujan dan besarnya	Suhu; Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan; Suhu
Meluasnya area rawan banjir	Curah Hujan	Jawa Barat	DAS Citarum Hulu	Peningkatan frekuensi banjir besar menjadi 10-25 tahun sekali	Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan
Peningkatan bencana hidro-meteorologi	Curah Hujan	Nusa Tenggara Timur	DAS	Pengurangan tutupan vegetasi di daerah hulu tangkapan air	Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan
Secara signifikan mempengaruhi sosial ekonomi kondisi masyarakat tinggal di desa Patimban	Curah Hujan	Subang	DAS Cipunagara	Peningkatan kejadian bencana terkait iklim	Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan

Kekeringan menyebabkan situasi yang sulit bagi tanaman baru untuk beradaptasi dengan lingkungan yang berubah	Suhu; Curah Hujan	Nusa Tenggara Barat	Hutan di Pulau Lombok	Penurunan curah hujan, suhu maksimum yang lebih tinggi, dan pergeseran dalam pola iklim (mis., Agak kering - sedang - agak kering)	Suhu; Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan; Suhu
Berkurangnya sumber daya air yang dilestarikan oleh kawasan hutan	Suhu; Curah Hujan	Nusa Tenggara Barat	DAS Dodokan	Curah hujan menurun, suhu lebih tinggi dan tutupan hutan berkurang	Suhu; Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan; Suhu
Rusaknya habitat mangrove	Tinggi Muka Air Laut	Indonesia	Habitat Mangrove	Permukaan laut naik lebih tinggi dari 12 cm / 100 tahun	Tinggi Muka Air Laut	Tinggi Muka Air Laut
Perubahan tingkat erosi, perubahan garis pantai, dan daerah pesisir yang tergenang air	Tinggi Muka Air Laut	Indonesia	Area Pesisir	Peningkatan tinggi muka air laut	Tinggi Muka Air Laut	Tinggi Muka Air Laut
Intensitas kematian terumbu karang yang lebih tinggi sekitar 43.6% dan pemutihan karang	Suhu; Tinggi Muka Air Laut	Morotai, Maluku Utara	Terumbu Karang	Suhu lebih tinggi, kenaikan permukaan laut dan kadar asam (pH)	Suhu Udara Permukaan Laut; Tinggi Muka Air Laut	Suhu Udara Permukaan Laut; Tinggi Muka Air Laut
Peningkatan perlindungan karbon biru	Suhu; Tinggi Muka Air Laut		Karbon Biru	Muka air laut lebih tinggi	Suhu Udara Permukaan Laut; Tinggi Muka Air Laut	Suhu Udara Permukaan Laut; Tinggi Muka Air Laut
Peningkatan potensi banjir	Curah Hujan	Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung, Sulawesi Selatan	Banjir	Meningkatnya curah hujan	Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Curah Hujan Bulanan; Suhu
Penurunan pendapatan produktivitas pertanian	Suhu; Tinggi Muka Air Laut		Makanan	Peningkatan suhu di atas 2.5 ° C diproyeksikan akan secara substansial menurunkan hasil padi dan menyebabkan hilangnya pendapatan	Suhu; Tinggi Muka Air Laut	Suhu Muka Air Laut; Tinggi Muka Air Laut

				bersih di tingkat petani sebesar 9 hingga 25%		
Posisi kritis dari kegiatan pariwisata	Suhu	Kepulauan Gili Matra	Wisata Laut	Status kerentanan dari rendah ke sedang, mulai dari 2.25 hingga 2.75	Suhu	Suhu Muka Laut; Tinggi Muka Air La
Penurunan kondisi pesisir	Suhu; Tinggi Muka Air Laut	Demak. Jawa Tengah	Area Pesisir	Kenaikan permukaan air laut di sepanjang Pantura berdasarkan pengukuran altimetri satelit menunjukkan nilai antara 0.1 hingga 0.6 cm / tahun.	Suhu; Tinggi Muka Air Laut	Suhu Muka Laut; Tinggi Muka Air La
Berkurangnya hutan tropis	Suhu		Kelapa Sawit	Peningkatan suhu permukaan (+2 °C -3 °C)	Suhu	Curah Hujan Harian; Cur Hujan Bulan Suhu
Penurunan terumbu karang hidup	Suhu	Bali	Terumbu Karang	Peningkatan terumbu karang mati 64% -70%	Suhu	Suhu Muka Laut; Tinggi Muka Air La
Penurunan kualitas air	Suhu; Curah Hujan	Kalimantan	Banjir	Frekuensi banjir sebesar 0.24 kejadian per tahun	Suhu; Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Cur Hujan Bulan Suhu
Frekuensi dan intensitas dari kekeringan	Suhu; Curah Hujan	Kalimantan	Hutan	Frekuensi suhu di atas 31 °C Suhu meningkat pada bulan Januari hingga Maret (0.40 °C) dan menurun pada bulan Juni, Juli, dan September (0.02 °C - 0.13 °C)	Suhu; Curah Hujan	Curah Hujan Harian; Cur Hujan Bulan Suhu

4.3 Ringkasan Variabel Penting untuk Proyeksi

4.3.1 Hasil

4.3.1.1 Sektor Pangan

Untuk sektor pangan, variabel yang paling berpengaruh adalah curah hujan dan suhu. Selain itu, kondisi hujan ekstrem juga berdampak besar terhadap sektor pangan. Variabel lain yang berpengaruh adalah kondisi curah hujan di musim tertentu, seperti kondisi hujan di musim hujan dan musim kemarau, yang mempengaruhi kondisi tanaman musiman.

4.3.1.2 Sektor Air

Pada sektor air, variabel iklim yang paling berdampak adalah curah hujan, baik curah hujan ekstrem dan curah hujan musiman. Selain curah hujan, suhu, angin, permukaan laut dan penguapan/evapotranspirasi juga berdampak pada sektor air. Di sektor air ini, variabel iklim yang mempengaruhi ketersediaan air adalah faktor yang paling berdampak terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup.

4.3.1.3 Sektor Kesehatan

Dampak pada sektor kesehatan lebih banyak disebabkan oleh peningkatan penyebar vektor, termasuk serangga. Variabel iklim yang mempengaruhi perkembangan vektor pembawa penyakit adalah curah hujan, suhu, kelembaban relatif, dan angin. Suhu dan kelembaban relatif adalah dua faktor utama dalam perkembangan vektor, di mana perubahan pada kedua vektor sangat berpengaruh pada tingkat penyebaran dan perkembangan vektor.

4.3.1.4 Bencana terkait iklim

Dampak iklim terkait peristiwa bencana sebagian besar disebabkan oleh kondisi ekstrim dari variabel iklim. Variabel iklim yang menyebabkan berbagai dampak tersebut adalah curah hujan, suhu dan angin. Curah hujan ekstrem dapat menyebabkan banjir, suhu tinggi dan kondisi curah hujan rendah dapat menyebabkan kekeringan, dan kondisi angin pada tekanan tinggi dapat menyebabkan angin kencang.

4.3.1.5 Kesenjangan dan Tantangan

Berdasarkan hasil kajian, variabel iklim, yaitu curah hujan, suhu, kelembaban relatif, evaporasi/evapotranspirasi, dan angin berdampak pada semua sektor. Dari semua variabel iklim esensial, masih ada variabel yang diperhitungkan dalam dampak iklim pada sektor-sektor ini. Seperti dalam domain atmosfer, tekanan udara dan uap air belum ditemukan sebagai variabel dampak. Kedua variabel ini sebenarnya memiliki dampak besar pada dampak iklim, seperti terjadinya angin kencang, tetapi sejauh ini para peneliti hanya menggunakan variabel angin untuk menentukan dampaknya. Hal ini memang dipengaruhi oleh ketersediaan data dari tekanan udara dan uap air yang tidak mudah diakses.

5 Ekosistem dan Ekoregion

Dampak perubahan iklim pada fungsi ekosistem dan jasa dapat diantisipasi. Laporan Negara membenarkan dampak perubahan iklim pada ekosistem tertentu, yaitu: daerah aliran sungai, kehutanan, bakau, pesisir, dan laut. Identifikasi ini membahas dampak negatif potensial dari perubahan iklim untuk mengurangi fungsi dan layanan ekosistem (Perdinan et al., 2017). Untuk menguraikan lebih jauh terkait dampak di masa depan, kami meninjau jenis ekosistem dan ekoregion yang dapat digunakan untuk referensi di masa mendatang ketika merancang opsi API tertentu. Ekosistem di Indonesia sudah ditentukan oleh LIPI dan ekoregion ditentukan oleh KLHK. Rinciannya disediakan di bagian berikut.

5.1 Ekosistem Indonesia (LIPI)

5.1.1 Ekosistem Alami

Ekosistem terjadi secara alami tanpa campur tangan manusia. Fungsi ekosistem ini tergantung pada matahari sebagai sumber energi. Ekosistem alami dapat dibagi menjadi ekosistem laut, ekosistem limnik, ekosistem semi-terestrial, dan ekosistem terestrial.

5.1.1.1 Ekosistem Laut (Air Asin)

Ekosistem laut adalah unit yang terdiri dari berbagai organisme yang berfungsi bersama dalam kumpulan massa air asin di daerah tertentu, baik yang dinamis atau statis yang memungkinkan aliran energi dan siklus material antara komponen biotik dan abiotik. Komunitas yang terkandung dalam ekosistem ini adalah berbagai jenis ganggang, rumput laut, plankton, nekton, neston, dan benthos.

a. Terumbu Karang

Terumbu karang adalah ekosistem laut yang dihuni oleh berbagai jenis karang, karang keras (*hermatipik*, batu karang) atau karang, karang lunak (*ahermatipik*, karang lunak), dan gorgonia. Ekosistem terumbu karang sangat penting untuk berkembang biak dan bersarang serta habitat untuk berbagai kehidupan laut yang terkait dengan karang, seperti ikan karang, udang, kerang (*moluska*), dan berbagai invertebrata laut lainnya. Indonesia memiliki keanekaragaman terumbu karang yang tinggi, mencatat sekitar 590 spesies (82 genera) karang keras, 210 jenis karang lunak dan 350 spesies gorgonian.

b. Padang Lamun

Padang lamun adalah salah satu ekosistem laut dangkal yang paling produktif dengan siklus nutrisi yang sangat efektif. Ekosistem lamun memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan dan pengembangan makhluk hidup di perairan dangkal, seperti daerah mencari makan, sumber pakan duyung, dan daerah pemijahan seperti berbagai jenis kehidupan laut. Dalam lamun juga dapat ditemukan berbagai biota yang berhubungan dengan lamun, seperti teripang, bulu babi, kapak, kerang, siput, bintang laut, dan berbagai jenis ikan.

c. Zona Nerit

Zona nerit yang membentang dari tepi laut terjangkau oleh pasang tertinggi hingga laut dengan bagian-bagian dasar yang masih bisa ditembus sinar matahari (*grounding sublittoral*). Komunitas yang terdapat dalam ekosistem ini adalah berbagai jenis alga, rumput laut, plankton, nekton, neston, dan benthos.

d. Zona Samudera

Zona samudera merupakan kawasan ekosistem lautan hingga kedalaman yang tidak bisa ditembus oleh matahari hingga ke bagian paling dasar, sehingga bagian bawahnya sangat gelap. Secara umum, komunitas yang terletak di ekosistem laut dalam tidak setinggi ekosistem di tempat lain. Pada ekosistem laut dalam, hanya ada konsumen dan pengurai, sehingga tidak terdapat produsen karena sinar matahari tidak dapat menembus daerah ini. Keadaan lingkungan laut dalam yang sangat gelap dan tentunya hampir tidak ada fotosintesis. Organisme yang hidup di perairan ini sangat hebat karena organisme dapat bertahan hidup dengan kadar oksigen minimal, tekanan hidrostatik tinggi, suhu air rendah, dan lingkungan gelap.

5.1.1.2 Ekosistem Limnik (Air Tawar)

Ekosistem Limnik adalah unit yang terdiri dari berbagai organisme yang berfungsi bersama dalam pengumpulan massal air tawar di area tertentu. Sungai termasuk ke dalam ekosistem air yang mengalir, sementara danau dan kolam – kolam air termasuk ke dalam ekosistem air yang statis.

a. Ekosistem Sungai

Sungai mengalirkan massa air dalam jumlah dan panjang sungai tertentu. Ekosistem sungai memiliki keistimewaan karena merupakan koridor yang membentang dari hulu ke hilir yang panjangnya bisa mencapai puluhan atau ratusan kilometer. Daerah aliran sungai (DAS) di berbagai daerah di Indonesia pada umumnya memiliki ancaman yang cukup parah, antara lain penyempitan batas sungai karena erosi dan padatnya pemukiman di bantaran sungai dan polusi. Ekosistem sungai yang terganggu akan mempengaruhi kualitas dan kuantitas air tanah yang memiliki peran bagi sumber air minum yang sehat. Selain itu, secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi biota perairan di dalamnya, seperti ikan, udang, plankton, benthos, dan kepiting serta berbagai jenis siput dan kerang.

b. Danau Air Tawar

Danau adalah badan air alami yang dibatasi oleh daratan di sekelilingnya dan tidak terkait dengan laut, kecuali sungai. Cekungan danau dapat terjadi karena peristiwa alam yang kemudian menampung dan menyimpan air hujan, mata air, dan rembesan air sungai. Indonesia memiliki sekitar 840 danau dan 735 situ (danau kecil) dengan total luas sekitar 500.000 ha.

5.1.1.3 Ekosistem Semi-terrestrial

Ekosistem ini membentang di ekosistem limnik (air tawar) dan laut (air payau). Bentuk ekosistem ini adalah lahan basah dan berbatu. Daerah Ekoton memiliki fungsi dan peran penting yang sering dimasukkan sebagai ekosistem esensial.

a. Ekosistem Mangrove

Mangrove adalah sekelompok tanaman yang dapat tumbuh dengan baik di wilayah tersebut beradaptasi dengan pasang surut di daerah tropis dan subtropis. Komposisi hutan mangrove ditentukan oleh beberapa faktor utama, yaitu substrat (bentuk tekstur dan

stabilitas), kondisi pasang surut, dan salinitas. Hutan mangrove penting untuk peran ekonomi perikanan di daerah tropis. Mangrove memiliki produktivitas tinggi karena kaya akan bahan organik dan menghasilkan detritus sangat banyak sehingga ekosistem ini berpotensi sebagai bahan makanan yang sangat kaya bagi fauna yang hidup di dalamnya.

b. Ekosistem Riparian

Ekosistem riparian adalah daerah transisi (*ekoton*) antara air dan daratan di luar lingkungan sungai. Salah satu komunitas tanaman di zona ini dicirikan oleh tanaman yang beradaptasi dengan air dan arus yang kuat. Wilayah riparian dapat terjadi secara alami atau dibentuk untuk tujuan stabilisasi dan rehabilitasi tanah. Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa zona riparian berperan penting dalam menjaga kualitas air yang masuk ke sungai, baik dari aliran air permukaan maupun aliran air bawah tanah. Riparian juga berfungsi untuk mengurangi energi aliran air, belokan berliku dari aliran sungai. Vegetasi dan sistem perakaran pada ekosistem ini mampu menyerap energi dari beban sungai, sehingga mengurangi erosi dan kerusakan tepian sungai yang disebabkan oleh banjir. Ekosistem riparian dengan keanekaragaman hayati tinggi dan berfungsi sebagai koridor satwa liar yang menghubungkan satu wilayah dengan wilayah lainnya. Satu lagi bentuk vegetasi riparian di daerah kering adalah sepadan hutan. Hutan tersebut adalah daerah sempit yang selalu hijau yang tumbuh di sepanjang sungai antara bentangan hutan musim, sabana atau padang rumput di daerah kering. Sepadan hutan terbentuk di jurang bawah daratan / pamah atas di daerah perbukitan, hingga ketinggian sekitar 2.000 m. Sepadan hutan sering diganti dengan hutan rawa payau yang didominasi oleh gebang (*Corypha utan*) dan diselingi dengan kelapa sawit (*Borassus fl abellifer*) di bentang hutan savana.

5.1.1.4 Ekosistem Terestrial

Ekosistem darat yang berbatasan dengan ekosistem pesisir mulai dari dataran rendah / pamah, pegunungan dari ketinggian 1.000 m hingga wilayah alpine pada ketinggian 4.000 m.

a. Ekosistem Hutan Pamah

Hutan Pamah (hutan dataran rendah) terletak pada ketinggian 0-1000 m dan dapat ditemukan di hampir seluruh wilayah Indonesia. Umumnya hutan pamah memiliki karakteristik pohon berdiameter besar >100 cm dan tingginya mencapai 45 m.

b. Hutan Pantai

Area pantai adalah persimpangan antara darat dan laut. Hutan pantai yang terkena dampak pasang surut, terletak di daerah pesisir dan intertidal. Ada tiga formasi vegetasi pantai yang umum untuk komposisi bunga yang seragam di seluruh Indonesia, yaitu formasi *pra-caprae*, formasi yang didominasi oleh jenis kale laut dan rumput. Formasi kedua terbentuk di belakang pembentukan *pre-caprae*. Formasi ketiga adalah bukit pasir (*dunes*).

c. Hutan Dipterocarp

Hutan Dipterocarp memiliki keanekaragaman spesies tanaman yang tinggi, yang mencapai 200-300 pohon per hektar. Hutan ini didominasi oleh spesies pohon dipterocarpaceae seperti meranti (*Shorea spp.*), Keruing (*Dipterocarpus spp.*), dan kapur barus (*Dryobalanops spp.*).

d. Hutan Kerangas

Hutan kerangas biasanya tumbuh di podsol, tanah pasir, dan asam, yang berasal dari dukungan induk yang mengandung silika. Hutan kerangas ditandai oleh keberadaan jenis pohon tertentu dengan daun kecil dan agak tebal serta toleran terhadap tanah yang miskin unsur hara dan asam. Stratifikasi pohon terdiri dari satu atau dua lapisan dengan ketinggian sekitar 4,5 hingga 9 m, terdiri dari pohon kecil atau bibit jenis pohon besar. Keanekaragaman hayati hutan rumpun umumnya lebih rendah dibandingkan dengan tipe hutan tropis lainnya.

e. Hutan Rawa

Hutan rawa tumbuh di habitat tanah aluvial dengan aerasi yang buruk karena tergenang air secara terus menerus atau berkala. Jenis ekosistem hutan rawa banyak tersedia di Sumatera bagian Timur, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Maluku dan Papua selatan. Vegetasi bervariasi yang menjadi penyusun ekosistem hutan rawa berupa rumput, telapak tangan dan pandan, hingga menyerupai hutan yang ditanami pohon pamah. Kekayaan spesies pohon dalam ekosistem rawa umumnya rendah dengan beberapa jenis *Eucalyptus deglupta*, *Shorea uliginosa*, *Camptosperma coriaceum* dan *Xylopia malayana*. Di beberapa tempat, hutan rawa juga tumbuh di belakang hutan mangrove, biasanya hutan rawa stagnan secara permanen, karena pengaruh pasang surut, sehingga ada kalanya komponen penyusunnya berupa campuran jenis bakau.

f. Ekosistem Gambut

Ekosistem gambut mampu menyimpan karbon dan berperan dalam menentukan ukuran emisi karbon setiap tahun disebabkan oleh konversi lahan dan degradasi hutan sehingga diujicobakan untuk skema *Reduce Emission from Deforestation and Degradation* (REDD +). Hutan gambut juga merupakan penyedia jasa lingkungan, sumber daya plasma nutfah, biota habitat, karbon, dan siklus air dan produk komoditas lainnya yang dapat dimanfaatkan. Hutan gambut tropis adalah ekosistem penting yang kaya akan flora, fauna, dan endemik mikroba.

g. Ekosistem Karst

Ekosistem karst membentuk bentang alam yang secara khusus tumbuh dari batuan karbonat seperti batu kapur dan proses kartifikasi yang diatur dalam ruang dan skala waktu geologis. Bentang alam karst adalah bagian dari batuan karbonat. Distribusi batuan karbonat Indonesia mencakup wilayah sekitar 154.000 km² yang tersebar di hampir semua pulau di kepulauan ini.

h. Ekosistem Savanna

Ekosistem Savanna ditandai oleh keberadaan pohon dan semak dalam berbagai pola dengan kepadatan rendah dan dikaitkan dengan berbagai jenis semak yang didominasi oleh rumput. Pohon dalam ekosistem sabana umumnya kecil dan pendek, tingginya sekitar 10 m dengan diameter batang tidak lebih dari 40 cm. Savana umumnya terbentuk setelah hutan rusak terutama karena kebakaran.

i. Ekosistem Pegunungan

Indonesia memiliki wilayah pegunungan yang cukup luas dengan puncak gunung aktif atau tidak, tetapi hanya sedikit yang mencapai ketinggian lebih dari 3.500 m. Gunung-gunung yang mencapai ketinggian lebih dari 4.000 m hanya terdapat di Papua, yaitu pegunungan Lorentz. Perbedaan ketinggian menyebabkan perubahan pada komunitas tumbuhan yang pada akhirnya akan mempengaruhi jenis-jenis hewan yang hidup di komunitas.

j. Ekosistem Hutan di Bawah Pegunungan

Hutan pegunungan rendah merupakan batas antara hutan pamah hutan pegunungan rendah pada ketinggian 800-1300 meter di atas permukaan laut. Menurut Steenis dan Kruseman (1950), ekosistem hutan di bawah pengunungan merupakan ekosistem hutan yang terdapat pada ketinggian dari 1.000 hingga 1.500 meter di atas permukaan laut. Spesies tanaman yang membentuk komunitas hutan pegunungan rendah berbeda antara pulau dan pulau lainnya.

k. Ekosistem Hutan di Atas Pegunungan

Hutan pegunungan bagian atas biasanya memiliki satu lapisan kanopi, yang dapat dengan mudah dibedakan dengan hutan pegunungan yang lebih rendah. *Bog moss* adalah jenis lahan basah yang paling khas dari daerah pegunungan di Indonesia, yang ditandai dengan endapan "gambut sepon", air asam, dan lantainya ditutupi oleh lumut *Sphagnum* tebal yang menyerupai karpet.

l. Ekosistem Hutan Sub-alpine

Hutan di zona sub-alpine berada di ketinggian 2.400 hingga 3.000 meter di atas permukaan laut dengan kondisi habitat yang miskin unsur hara dan jenis tanah berbatu (litosol). Beberapa jenis pohon yang mendominasi hutan sub-alpine Gede Pangrango adalah Cantigi dari *Ericaceae* tingkat, yang dapat dengan mudah ditemukan di sepanjang jalan setapak ke kawah.

m. Ekosistem Hutan Alpine

Hutan Alpine di Indonesia berada di Pegunungan Jayawijaya, Papua dengan ketinggian 4.100 hingga 4.600 meter di atas permukaan laut. Vegetasi dalam tipe komunitas tipe ini dikategorikan berdasarkan jenis vegetasi semak belukar, heath dan tundra.

5.1.2 Ekosistem Buatan

Ekosistem buatan diciptakan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan mereka. Ekosistem artifisial mensubsidi energi dari luar, tanaman, atau hewan peliharaan yang dominan memengaruhi manusia dan memiliki keanekaragaman yang rendah.

5.1.2.1 Moor

Moor biasanya merupakan lahan kering yang ditanami tanaman dan hortikultura. Perubahan pola tanam di daerah dataran tinggi terus terjadi sesuai dengan keinginan petani. Pola tanam bervariasi sesuai dengan kemampuan petani dan pertimbangan rasional.

5.1.2.2 Pekarangan

Pekarangan adalah taman yang tumbuh di sekitar rumah sampai batas tertentu dan ditanami berbagai tanaman pangan, obat-obatan, tanaman hias, pohon untuk bahan bangunan, dan bahan bakar produksi kayu untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

5.1.2.3 Lahan Padi

Pada dasarnya, tanaman utama pada lahan pertanian adalah padi. Padi dikenal dari banyak spesies yang dibedakan atas dasar irigasi atau cara penanaman padi dengan tanaman musiman lainnya.

5.1.2.4 Pertanian Campuran

Bentuk pertanian campuran adalah tipe ekosistem buatan seperti taman, talun, perkebunan, dan ladang.

5.1.2.5 Lubuk

Ekosistem ini adalah ekosistem yang dinamis karena di dalamnya disebut komponen biotik, abiotik, dan pengurai berinteraksi membentuk bahan daur ulang dan aliran energi dalam satu sistem terintegrasi. Ekosistem ini memiliki kedalaman 4-5 m dan masih memungkinkan tanaman untuk tumbuh di semua ekosistem perairan.

5.1.2.6 Kolam

Kolam adalah ekosistem yang dinamis. Kolam ekosistem memiliki kedalaman 4-5 m yang memungkinkan tanaman ditanam. Ekosistem tambak dibentuk dengan mencampur air laut dan air tawar.

5.2 Ekoregion Indonesia (KLHK)

5.2.1 Ekoregion Laut

5.2.1.1 Samudera Hindia sebelah Barat dan Selatan Sumatera

Samudera merupakan lautan atau *mine of game* (bahasa sangsekerta) atau *ocean* (inggris) adalah lautan yang sangat luas dan merupakan massa air asin yang saling terhubung dengan permukaan bumi yang dibatasi oleh benua atau kepulauan yang besar. Sedangkan, Hindia merupakan nama Negara yaitu India. Samudera Hindia menutupi permukaan air bumi sekitar seluas 20% atau 68 556 km² dengan kedalaman rata-rata 3 890 m. Samudera Hindia memiliki suhu terpanas, sifat kimia dan fisik air yang tak lazim, memiliki 3 lempeng tektonik, menyimpan banyak cadangan minyak, dan telah ditemukan benua yang tenggelam sekitar 20 juta tahun lalu.

5.2.1.2 Selat Malaka

Selat adalah sebuah wilayah perairan relatif sempit yang saling terhubung antara dua bagian perairan yang lebih besar, selat ini berada di perairan sempit yang diapit dua pulau yaitu Sumatera dan semenanjung Malaysia. Selat Malaka memiliki panjang 500 mil dengan lebar perairan 40 mil di bagian selatan dan sebelah utara sekitar 155 mil.

5.2.1.3 Laut Natuna

Laut Natuna adalah perairan yang terbentang dari kepulauan Natuna hingga Kepulauan Lingga Provinsi Kepulauan Riau Indonesia yang memiliki luas perairan 138,666 km². Laut Natuna berbatasan dengan Negara Vietnam dan Kamboja, sebelah barat berbatasan dengan Singapura Malaysia dan Riau, dan sebelah timur berbatasan dengan Malaysia Timur.

5.2.1.4 Selat Karimata

Selat Karimata adalah sebuah wilayah perairan relatif sempit yang saling terhubung antara dua bagian perairan yang lebih besar. Selat ini memiliki lebar perairan 150 km yang diukur dari Kalimantan sampai pulau Belitung. Selat Karimata menghubungkan antara pulau Sumatera dan Kalimantan yang dipisahkan pulau Bangka Belitung.

5.2.1.5 Laut Jawa

Laut Jawa adalah perairan dangkal (46 m) yang terletak di sebelah utara pulau Jawa yang memiliki luas lautan 310 000 km² yang diapit oleh pulau Kalimantan, Jawa, Sumatera dan Sulawesi yang merupakan gugusan kepulauan Indonesia.

5.2.1.6 Perairan Bali dan Nusa Tenggara

Laut Bali adalah badan air di utara pulau Bali dan selatan Pulau Kangean di Indonesia. Laut membentuk bagian barat daya Laut Flores, dan Selat Madura membuka ke arahnya dari

barat. Laut Flores mencakup 240.000 kilometer persegi (93.000 mil persegi) air di Indonesia. Laut dibatasi di utara oleh pulau Sulawesi dan di selatan oleh Kepulauan Sunda, Flores dan Sumbawa.

5.2.1.7 Laut Sulawesi

Laut Sulawesi (SUL) adalah gerbang arus masuk utama *Indonesian Throughflow* (ITF), yang mentransfer 15 15 juta meter kubik per detik massa air yang lebih hangat dan asin dari Samudra Pasifik ke Samudera Hindia (Atmadipoera dan Mubaraq 2016). Laut Sulawesi memiliki panjang 1,512 km dengan kedalaman 6,200 m dan memiliki arus laut yang kuat, parit laut dalam dan pegunungan laut yang tinggi, bergabung dengan pulau-pulau vulkanik, dan menghasilkan pembentukan fitur oseanografi yang kompleks.

5.2.1.8 Selat Makassar

Selat adalah sebuah wilayah perairan relatif sempit yang menghubungkan dua bagian perairan yang lebih besar. Selat ini menghubungkan pulau Kalimantan dan Sulawesi. Selat Makassar merupakan salah satu alur laut kepulauan Indonesia.

5.2.1.9 Teluk Tomini

Teluk Tomini adalah teluk yang terletak di pulau Sulawesi yang merupakan salah satu perairan kepulauan Hindia timur.

5.2.1.10 Laut Halmahera

Laut Halmahera adalah laut regional yang terletak di bagian timur tengah Laut Mediterania Australasia. Wilayah tersebut berpusat di sekitar 1 ° LS dan 129 ° BT dan berbatasan dengan Samudra Pasifik di utara, Halmahera di barat, Waigeo dan Irian Jaya di timur, dan Laut Seram di selatan. Laut Halmahera mencakup sekitar 95.000 km dan topografinya terdiri dari sejumlah cekungan dan punggung terpisah, yang utamanya adalah Cekungan Halmahera yang mencapai kedalaman 2039 m.

5.2.1.11 Laut Banda

Laut Banda adalah sebuah laut yang terletak di Kepulauan Maluku, Indonesia. Laut berukuran 500x1.000 km ini terpisah dari Samudra Pasifik oleh beratus-ratus pulau, serta Laut Halmahera dan Seram. Pulau-pulau yang berbatasan dengan Laut Banda antara lain: Sulawesi di sebelah barat, Buru, Ambon, Seram, kepulauan Kai, Kepulauan Aru, Kepulauan Tanimbar, Kepulauan Barat Daya, dan Timor. Di sisi ujung laut ini terdapat banyak pulau berbatu, berbeda dengan di bagian tengahnya. Kepulauan Banda terletak di tengah laut ini.

5.2.1.12 Laut Seram dan Teluk Bintuni

Laut Seram adalah bagian dari Samudra Pasifik dengan luas sekitar 12.000 kilometer persegi yang terletak di antara Buru dan Seram. Laut Seram juga merupakan habitat bagi beberapa jenis ikan gobi tropis dan ikan lainnya. Seperti banyak laut kecil lainnya di Indonesia, lautnya berbatu-batu dan memiliki aktivitas tektonik yang sangat aktif. Kabupaten Teluk Bintuni adalah kabupaten di Provinsi Papua Barat Indonesia. Wilayah tersebut mencakup area seluas 20,840.83, yang terdiri dari distrik administratif di kedua sisi Teluk Bintuni, yaitu sebuah jurang yang memisahkan Semenanjung Kepala Burung dan Semenanjung Bomberai yang membentuk konstituen utama provinsi; dimana memiliki populasi 52,422 pada Sensus 2010; sementara berdasarkan estimasi terbaru (Januari 2014) adalah 60,489. Pusat administrasi adalah kota Bintuni.

5.2.1.13 Samudera Pasifik

Samudera pasifik adalah perairan (lautan) yang tenang atau teduh merupakan kumpulan air yang mencakup sepertiga permukaan bumi atau sekitar 69,4 mil²

5.2.1.14 Teluk Cendrawasih

Teluk Cendrawasih adalah sebuah teluk yang terletak di sebelah timur Provinsi Irian Jaya Barat yang dikelilingi oleh pulau Biak, Yapen dan Daratan Papua.

5.2.1.15 Laut Arafura Sea

Laut Arafura adalah laut yang terletak di antara wilayah Australia dengan pulau Papua atau berada di sebelah selatan Kepulauan Aru dan berada di Samudera Pasifik. Laut Arafura memiliki luas perairan 650 000 km² dengan kedalaman 3,68 km.

5.2.2 Ekoregion Darat Pulau dan Kepulauan

5.2.2.1 Perbukitan Struktural

Perbukitan struktural suatu bentuk wujud alam wilayah bentang alam yang memiliki permukaan tanah yang lebih tinggi dari permukaan tanah di sekelilingnya yang dihasilkan oleh struktural geologi, mulai dari kenampakan yang besar dan dominan sampai kenampakan yang kecil yang berpengaruh pada masing-masing bentukan. Ada dua tipe utama struktur geologi yang memberikan kontrol terhadap geomorfologi yaitu: 1) Struktur aktif, yaitu bentuk yang dihasilkan merupakan bentukan baru. 2) Struktur tidak aktif yaitu bentukan lahan yang dihasilkan dipengaruhi oleh perbedaan erosi masa lalu.

5.2.2.2 Perbukitan Denusional

Perbukitan denusional suatu bentuk wujud alam wilayah bentang alam yang memiliki permukaan tanah yang lebih tinggi dari permukaan tanah di sekelilingnya yang terjadi akibat proses-proses pelapukan, erosi, gerak masa batuan (mass wasting) dan proses pengendapan yang terjadi karena aggradasi atau degradasi.

5.2.2.3 Perbukitan Vulkanik

Perbukitan Vulkanik adalah suatu bentuk wujud alam wilayah bentang alam yang memiliki permukaan tanah yang lebih tinggi dari permukaan tanah di sekelilingnya yang berasal dari aktifitas gunung api dan intrusi magma, baik berupa akumulasi material lepas (piroklastik) seperti lava, ladu, ataupun abu vulkanik serta intrusi magma lainnya.

5.2.2.4 Perbukitan Karst

Perbukitan Karst adalah suatu bentuk wujud alam wilayah bentang alam yang memiliki permukaan tanah yang lebih tinggi dari permukaan tanah di sekelilingnya yang pada umumnya dicirikan dengan adanya depresi tertutup (closed depression), drainase permukaan, dan gua. Daerah ini dibentuk terutama oleh pelarutan batuan, kebanyakan batu gamping.

5.2.2.5 Perbukitan Solusional

Perbukitan solusional adalah suatu bentuk wujud alam wilayah bentang alam yang memiliki permukaan tanah yang lebih tinggi dari permukaan tanah di sekelilingnya yang terbentuk akibat proses pelarutan batuan yang terjadi pada daerah berbatuan karbonat tertentu.

5.2.2.6 Dataran Vulkanik

Dataran vulkanik adalah suatu wilayah yang relatif landai/rata yang berasal dari aktifitas gunung api dan intrusi magma, baik berupa akumulasi material lepas (piroklastik) seperti lava, ladu, ataupun abu vulkanik serta intrusi magma lainnya.

5.2.2.7 Dataran Gambut

Dataran gambut adalah suatu wilayah yang relatif landai/rata yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang setengah membusuk; oleh sebab itu, kandungan bahan organiknya tinggi.

5.2.2.8 Dataran Struktural

Dataran struktural adalah suatu wilayah yang relatif landai/rata yang dibentuk oleh struktural geologi, mulai dari kenampakan yang besar dan dominan sampai kenampakan yang kecil yang berpengaruh pada masing-masing bentukan.

5.2.2.9 Dataran Pluvial

Dataran fluvial adalah suatu wilayah yang relatif landai/rata yang merupakan hasil proses fluvial dengan bahan induk berupa alluvium sampai kolumium serta berumur relatif muda.

5.2.2.10 Dataran Organik

Dataran organik adalah suatu wilayah yang relatif landai yang berasal dari sisa tumbuhan, hewan, dan manusia baik yang telah mengalami dekomposisi lanjut maupun yang sedang mengalami proses dekomposisi.

5.2.2.11 Dataran Pantai

Dataran pantai adalah dataran yang letaknya dekat ke laut dengan ketinggian kurang dari 200 meter di atas permukaan laut. Karena berbatasan langsung dengan laut, dataran pantai dipengaruhi langsung oleh laut, baik ekosistemnya maupun kondisi geologisnya.

5.2.2.12 Pegunungan Struktural

Pegunungan struktural adalah perbukitan yang berketinggian antara 500 m-600 m yang dihasilkan oleh struktural geologi, mulai dari kenampakan yang besar dan dominan sampai kenampakan yang kecil yang berpengaruh pada masing-masing bentukan.

5.2.2.13 Pegunungan Vulkanik

Pegunungan vulkanik adalah perbukitan yang berketinggian antara 500 m-600 m yang berasal dari aktifitas gunung api dan intrusi magma, baik berupa akumulasi material lepas (piroklastik) seperti lava, ladu, ataupun abu vulkanik serta intrusi magma lainnya.

5.2.2.14 Pegunungan Denudasional

Pegunungan denudasional adalah perbukitan yang berketinggian antara 500 m-600 m dari permukaan laut yang terjadi akibat proses-proses pelapukan, erosi, gerak masa batuan (*mass wasting*) dan proses pengendapan yang terjadi karena agradasi atau degradasi.

5.2.2.15 Pegunungan Glasial

Pegunungan glasial adalah perbukitan yang berketinggian antara 500 m-600 m dari permukaan laut yang terbentuk dari lahan yang tertutup oleh akumulasi hamparan es, pada ketinggian diatas 5000 m. Lereng miring samapai sangat terjal, dengan proses longsoran es dan gletser. Jenis batuan tidak diketahui, material permukaan es. Jenis tanah tidak diketahui.

6 Studi Kasus: Proyeksi Iklim Provinsi Nusa Tenggara Timur

6.1 Karakteristik Wilayah Kajian (Geografis, Klimatologi dan Demografi)

6.1.1 Profil Provinsi Nusa Tenggara Timur (meliputi Kabupaten Flores Timur, Kabupaten Lembata, Kabupaten Kupang dan Kabupaten Timur Tengah Selatan)

6.1.1.1 Kabupaten Flores Timur

Kabupaten Flores Timur berada pada wilayah kepulauan Flores. Luasan wilayah mencapai 1.812 km². Profil wilayah mencakup pegunungan dan dataran rendah yang membentang sampai daerah pantai. Daerah pegunungan berada pada wilayah puncak gunung Boleng dengan ketinggian mencapai 1.659 mdpl. Secara geografis batas wilayah Kabupaten Flores Timur antara lain:

Sebelah Barat : Kabupaten Sikka

Sebelah Timur : Kabupaten Lembata

Sebelah Utara : Laut Flores

Sebelah Selatan : Laut Sawu

Pemanfaatan lahan di wilayah daratan Flores Timur umumnya digunakan sebagai lahan pertanian. jenis-jenis pemanfaatan lahan/tanah di Kabupaten Flores Timur meliputi tanah sawah, tanah pekarangan, tanah tegalan, hutan, perkebunan, perikanan, peternakan sebagai berikut:

- Kawasan Pertanian Lahan Basah atau sawah yaitu: Kecamatan Wulanggitang Desa Hewa, Kecamatan Titehena Desa Konga, Kecamatan Tanjung Bunga Desa Sinar Hadigala, Kecamatan Demon Pagong Desa Bama, Kecamatan Adonara Barat Desa Wureh, Desa Watampao, Kecamatan Adonara Desa Sagu, Kecamatan Witihama Desa Waigoa
- Kawasan Perikanan dan Kelautan yaitu: Kecamatan Witihama, Kecamatan Solor Timur, Kecamatan Solor Barat, Kecamatan Titehena, Kecamatan Ile Bura, Kecamatan Larantuka, Kecamatan Tanjung Bunga
- Kawasan Peternakan yaitu: Kawasan unggulan untuk peternakan babi yaitu: Kecamatan Tanjung Bunga, Kecamatan Ile Mandiri, Kecamatan Larantuka, Kecamatan Adonara Barat, Kecamatan Wotanulumado Kawasan pengembangan ternak kecil yaitu kambing, domba berada pada Kecamatan Wulanggitang.

Selanjutnya untuk iklim wilayah, Kabupaten Flores Timur memiliki karakteristik iklim muson dengan puncak musim hujan yang terjadi pada bulan Januari dan puncak musim kemarau terjadi pada bulan Agustus dan September (BPS, 2018a). Jumlah hari hujan pada wilayah ini tertinggi terjadi pada bulan Januari dan terendah terjadi pada bulan Juli dan

Agustus. Suhu udara rata-rata mencapai 27.50°C (pada bulan Juli) sampai 29.50°C (pada bulan Oktober). Suhu udara maksimum tertinggi terjadi pada bulan oktober mencapai 34.10°C dan terendah pada bulan July mencapai 22.5°C. Kelembaban daerah Kabupaten berkisar antara 82%-93%.

Wilayah Kabupaten Flores Timur memiliki 19 administrasi kecamatan. Kecamatan paling banyak penduduknya adalah Kecamatan Larantuka (menjadi 43,770 jiwa) dengan kepadatan penduduk mencapai 894 orang/km². Total jumlah penduduk Kabupaten Flores Timur mencapai 251.661 jiwa dengan rata-rata kepadatan menduduki 139 orang/km² dan jumlah laki-laki sebesar 47.80% dan perempuan 52.20% (BPS, 2018b).

6.1.1.2 Kabupaten Lembata

Kabupaten Lembata berada pada wilayah Pulau Lembata. Luasan wilayah mencapai 1.266 km². Profil wilayah mencakup pegunungan dan dataran rendah yang membentang sampai daerah pantai. Daerah pegunungan berada pada wilayah puncak Gunung Ile Ape. Flora di Kabupaten Lembata didominasi oleh padang rumput dan sebagian kecil ditumbuhi oleh semak belukar. Adapula hutan heterogen yang terdapat kayu putih pahlawan dan lontar. Fauna didominasi oleh kambing, babi, rusa dan monyet. Secara geografis batas wilayah Kabupaten Lembata antara lain:

Sebelah Barat : Selat Boleng dan Selat Lamakera
Sebalah Timur : Selat Alor
Sebelah Utara : Laut Flores
Sebalah Selatan : Laut Sawu

Kabupaten Lembata terdiri dari 9 kecamatan dengan kecamatan terbesar adalah Kecamatan Lebatukan dengan luas wilayah sebesar 241,64 kilometer persegi (19%) dan kecamatan terkecil adalah Kecamatan Ile Ape Timur dengan luas wilayah sebesar 38,26 kilometer persegi (3%). Ibukota Kabupaten Lembata adalah Lewoleba yang terletak di Kecamatan Nubatukan dengan tinggi wilayah antara 0- 500 meter dari atas permukaan laut. Ibukota kecamatan dengan tinggi wilayah tertinggi berada pada Kecamatan Atadei (Kalikasa) yaitu di atas 500 meter dari atas permukaan laut. Ibukota kecamatan terjauh dari ibukota kabupaten adalah Ibukota Kecamatan Buyasuri (Wairiang) dengan jarak 65,00 kilometer. Sepanjang tahun 2016, curah hujan terbanyak pada bulan Januari dan Oktober (201,00 milimeter kubik) dengan hari hujan selama 16 hari. Total jumlah penduduk Kabupaten Lembata mencapai 137.714 jiwa dengan rata-rata kepadatan menduduki 104 orang/km² dan jumlah laki-laki sebesar 46.80% dan perempuan 53.20% (BPS, 2018c).

6.1.1.3 Kabupaten Kupang

Kabupaten Kupang berada pada wilayah Kepulauan Timor. Luasan wilayah mencapai 5.298 km². Wilayah Kabupaten Kupang secara geografis terletak pada titik koordinat 9°19' 10" lintang Selatan dan 121°30' – 124°11' Bujur Timur dengan ketinggian daratan dari permukaan laut berkisar antara 0 sampai dengan 500 meter. Kondisi Permukaan tanah Kabupaten Kupang umumnya berbukit, bergunung dan sebagian terdiri dari dataran rendah dengan tingkat kemiringan rata – rata mencapai 45°. Batas wilayah administrasi Pemerintah Kabupaten Kupang adalah:

Sebelah Utara : Laut Sawu
Sebelah Barat : Laut Sawu
Sebelah Selatan : Samudera Hindia dan Selat Timor

Sebelah Timur : Kabupaten Timor Tengah Selatan

Kabupaten Kupang beriklim kering dan menurut L. R. Oldemam bertipe D4 dan E4, dengan kondisi iklim seperti ini maka musimnya sangat pendek yaitu 3-5 bulan, sedangkan musim kemarau 7-8 bulan. Musim hujan yang pendek itu hanya terjadi pada bulan Desember sampai Maret. Sementara curah hujan tertinggi di kecamatan Amfoang Selatan. Kondisi iklim ini tentunya mempengaruhi pola bercocok tanam dan bertani masyarakat kabupaten Kupang dimana 3% atau 7.453 ha dari luas wilayah kabupaten Kupang merupakan tanah sawah kering, dan 97% atau sekitar 572.365 ha merupakan tanah kering dalam pekarangan atau tegalan. Tekanan udaranya berkisar antara 926,3 milibar, arah dan kecepatan angin mencapai 6 knot/jam. Suhu udaranya berkisar 240 – 340 dengan kelembaban udara rata-rata 75-76% RH. Kabupaten Kupang merupakan kabupaten yang topografinya bergunung-gunung dan berbukit dengan derajat kemiringan sampai 450. Permukaan tanah kritis dan gundul sehingga peka terhadap erosi. Namun pada hamparan dataran rendah merupakan lahan yang subur dan luas dimana biasanya penduduk kabupaten Kupang terkonsentrasi disana. Topografi yang seperti ini menimbulkan isolasi fisik, isolasi ekonomi dan isolasi sosial, apalagi oleh kurangnya dukungan infrastruktur seperti jalan dan jembatan diberbagai kecamatan. Sementara transportasi kepulau-pulau tertentu seringkali agak mahal karena rendahnya frekwensi sarana perhubungan kebeberapa pulau, dimana hal tentunya juga mempengaruhi harga barang dan jasa dipulau-pulau tertentu.

Kabupaten Kupang terdiri dari 24 kecamatan dengan jumlah penduduk mencapai 372,777 jiwa dengan kepadatan penduduk mencapai 70 jiwa/km². Wilayah dengan luasan tertinggi berada pada kecamatan Takari (508.13 km²) sementara kecamatan dengan kepadatan tertinggi ada diwilayah Kecamatan Kupang Tengah (568 jiwa/km²). Jumlah penduduk lebih banyak laki-laki dengan perbandingan 51% dan 49%. Selanjutnya jumlah desa sebanyak 177 desa dengan jumlah KK sebanyak 77,484. Artinya terdapat jumlah rata-rata per KK perdesa sebanyak 1,857 KK.

6.1.1.4 Kabupaten Timor Tengah Selatan

Kabupaten Timor Tengah Selatan terletak di Pulau Timor dengan luas wilayah 3,955.36 km². Wilayah administrasi TTS terbagi atas 32 kecamatan. Kecamatan Amanuban Selatan merupakan kecamatan dengan wilayah terluas yaitu 326,01 km² (8,24 %) dan Kecamatan Kota SoE merupakan kecamatan dengan wilayah terkecil yaitu 28,08 km² (0,71 %). Karena seluruh wilayahnya berada dalam 1 pulau, akses ke Kabupaten TTS dapat ditempuh dengan menggunakan jalur/transportasi darat. Jalur darat juga dapat digunakan untuk menempuh perjalanan Ibukota Provinsi NTT dan beberapa Kabupaten lainnya seperti Kabupaten Kupang, Kabupaten TTU, Kabupaten Belu dan Kabupaten Malaka. Secara administratif Kabupaten Timor Tengah Selatan berbatasan dengan daerah lain sebagai berikut:

Sebelah Utara : berbatasan dengan Kabupaten Timor Tengah Utara

Sebelah Selatan : berbatasan dengan Laut Timor

Sebelah Barat : berbatasan dengan Kabupaten Kupang

Sebelah Timur : berbatasan dengan Kabupaten Belu

Wilayah Kabupaten Timor Tengah Selatan beriklim tropis seperti pada daerah lain di Provinsi Nusa Tenggara Timur, Suhu berkisar antara 27°C - 29°C, pada musim panas maksimum 29,7°C dan pada musim hujan minimum 23,8°C atau rata-rata 27,2°C. Kelembaban udara rata-rata 85,5 % per tahun, kelembaban nisbi 74 - 86%. Kecepatan angin rata-rata 12 –

20 knots. Musim panas biasanya berlangsung antara bulan April - Mei – Oktober dan November, sedangkan musim hujan antara bulan Desember – Januari – Februari – Maret. Curah hujan rata-rata tahunan di wilayah Kabupaten Timor Tengah Selatan berkisar 750 mm sampai dengan 5.572 mm. Persebaran curah hujan 750 mm pertahun antara lain Kecamatan Toianas, Kecamatan Boking, Kecamatan Mollo Barat (Kiukole), Batu Putih, Kecamatan Amanuban Selatan, curah hujan 53 mm meliputi kecamatan Nunkolo dan Kecamatan Toianas, sedangkan curah hujan 675 mm meliputi Kecamatan Polen, Kecamatan Kota So'E, Kecamatan Amanatun Selatan (Oenlasi), Kie, Amanuban Timur, Kecamatan Noebana, Noetoko, dan Oekam, curah hujan 450 mm meliputi Kecamatan Mollo Utara, Kecamatan Fatumnasi, Kecamatan Tobu.

Penduduk Kabupaten TTS berdasarkan proyeksi penduduk tahun 2017 adalah sebanyak 463.890 jiwa, terdiri dari 228.917 jiwa laki-laki dan 235.063 jiwa perempuan. Laju pertumbuhan penduduk Kabupaten TTS tahun 2017 adalah 0,50 persen. Rasio jenis kelamin pada tahun 2017 adalah 97 yang berarti untuk setiap 100 orang perempuan hanya terdapat 97 orang laki-laki. Kepadatan penduduk TTS adalah 117 jiwa per km², dengan kecamatan Kota SoE menjadi yang terpadat dengan 1.464 jiwa per km² sedangkan Kecamatan Fatumnasi memiliki kepadatan penduduk terendah yaitu 39 jiwa per km². Jumlah rumah tangga di Kabupaten TTS tahun 2017 sebanyak 114.934 rumah tangga dengan rata-rata anggota rumah tangga sebanyak 4 jiwa.

6.2 Proyeksi Perubahan Iklim wilayah studi

Analisis data yang dilakukan adalah dengan menghitung nilai rata-rata curah hujan bulanan periode baseline dan future untuk dua variabel iklim (suhu udara dan curah hujan). Selanjutnya dihitung perbedaan antara nilai variabel iklim periode baseline dan future untuk menilai perubahan iklim yang terjadi. Selain itu, beberapa analisis lain juga dilakukan, seperti perhitungan hari kering dan hari hujan beserta perubahannya, dan lain sebagainya.

6.2.1 Suhu Udara

Penyusunan informasi proyeksi iklim memanfaatkan 2 model iklim yakni CSIRO dan MIROC pada skenario RCP.4.5. Pada wilayah Nusa Tenggara Timur dengan model CSIRO nilai suhu udara lebih besar pada masa peralihan ke musim hujan (SON) dan musim penghujan (DJF). Peningkatan suhu udara di wilayah ini yakni antara 0.4-1.2°C. Untuk model MIROC, nilai perubahan yang terjadi dimasa mendatang umumnya lebih rendah dibandingkan model CSIRO, kisaran nilai perubahan berkisar antara 0.4-1.2°C. Lebih lengkap mengenai informasi perubahan suhu udara dimasa mendatang terjadi pada Tabel dibawah ini pada tingkat Kabupaten sementara itu kondisi perubahan suhu udara secara spasial dapat dilihat pada gambar 1. Pemanfaatan informasi proyeksi secara spasial perlu diperhatikan sebagai upaya adaptasi terhadap jenis tanaman yang sensitif terhadap perubahan suhu udara. Oleh karena itu apabila terjadi peningkatan suhu udara dimasa mendatang, diperlukan langkah-langkah aksi sebagai bagian upaya adaptasi perubahan iklim yang berfokus pada pendapatan dari sektor pertanian.

Tabel 6.1 Nilai suhu udara (°C) Baseline 1986-2015 dan Delta perubahan Masa Depan periode 2021-2050

Wilayah	CSIRO							
	Baseline (°C)				Delta (°C)			
	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON
Flores Timur	24-26	24-26	23-25	25-27	0.4-0.8	0.4-0.8	0.4-1	0.4-1.2
Kupang	24-27	24-27	23-26	24-28	0.4-0.8	0.4-0.8	0.4-0.8	0.4-0.8
Lembata	24-26	24-26	24-26	26-27	0.4-0.8	0.4-0.8	0.4-1	0.4-1.2
TTS	23-27	23-27	22-26	23-28	0.4-0.8	0.4-0.8	0.4-1	0.4-1.2
Wilayah	MIROC							
	Baseline (°C)				Delta (°C)			
	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON
Flores Timur	24-26	24-26	23-25	25-27	0.4-0.8	0.4-0.8	0.4-0.8	0.4-0.8
Kupang	24-28	24-28	23-26	24-29	0.4-1	0.4-1	0.4-1	0.4-1
Lembata	24-26	24-26	24-26	26-27	0.4-1	0.4-1	0.4-1	0.4-1
TTS	23-27	23-27	22-26	23-28	0.4-1.2	0.4-1.2	0.4-1.2	0.4-1.2

Note: Nilai pada tabel merupakan rentang nilai suhu udara dalam satu musim (3 bulan), yaitu nilai maksimum dan minimum

6.2.2 Curah Hujan (mm)

Nilai curah hujan untuk wilayah Nusa Tenggara Timur musim hujan terjadi pada bulan DJF. Kisaran angka anata 175 - 400 mm/musim. Nilai curah hujan pada musim kemarau berkisar antara 0-100 mm/musim yakni terjadi pada bulan JJA. Untuk kedua model perubahan nilai curah hujan signifikan terjadi pada musim-musim peralihan MAM dan SON. Nilai perubahan berkisar antara -45 sampai 90%. Potensi kenaikan mencapai 90% berada pada wilayah Kabupaten Kupang, Selanjutnya penurunan paling rendah ada diwilayah Kabupaten Kupang, TTS, dan Flores Timur. Selanjutnya informasi kondisi perubahan curah hujan dimasa mendatang diperlukan. Sebagai contoh wilayah-wilayah pertanian padi dengan potensi penurunan curah hujan harus memiliki langkah antisipasi untuk menghadapi kondisi masa depan, sementara itu daerah-daerah rawan bencana iklim ekstrim apabila terjadi peningkatan curah hujan maka diperlukan langkah-langkah pengurangan risiko bencana.

Tabel 6.2 Nilai curah hujan (mm) Baseline 1986-2015 dan besar perubahan di masa depan periode 2021-2050

Wilayah	CSIRO							
	Baseline				Delta (%)			
	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON
Flores Timur	250-340	100-260	0-80	20-140	-10-20	-20-40	20-90	20-90
Kupang	210-385	35-210	0-35	0-105	-10-20	-20-20	30-90	30-90
Lembata	225-300	100-250	0-75	25-150	-10-20	-20-20	30-90	30-90

TTS	200-350	80-240	0-40	0-120	-10-20	-20-20	30-90	-15-70
Wilayah	MIROC							
	Baseline				Delta (%)			
	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON
Flores Timur	260-320	120-180	0-100	40-200	-20-20	-10-90	-20-30	-40-30
Kupang	210-400	70-250	0-35	0-140	-20-20	-10-90	-45-0	-45-90
Lembata	175-325	100-300	0-100	50-175	-20-20	-10-90	-20-20	-30-30
TTS	200-300	80-200	0-40	0-120	-20-20	-10-90	-15-90	-40-45

Note: Nilai pada tabel merupakan rentang nilai curah hujan dalam satu musim (3 bulan), yaitu nilai maksimum dan minimum

6.2.3 Jumlah Hari Kering

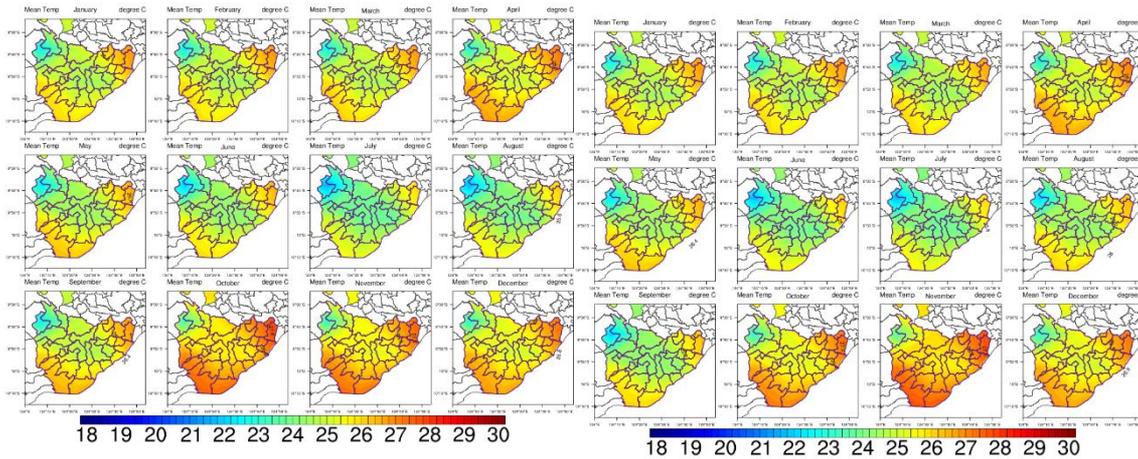
Jumlah hari kering berkorelasi dengan potensi kegiatan pertanian dan potensi kejadian suatu bencana.

Tabel 6.3 Nilai Jumlah hari kering (Hari) Baseline 1986-2015 dan Delta Perubahan Masa Depan periode 2021-2050.

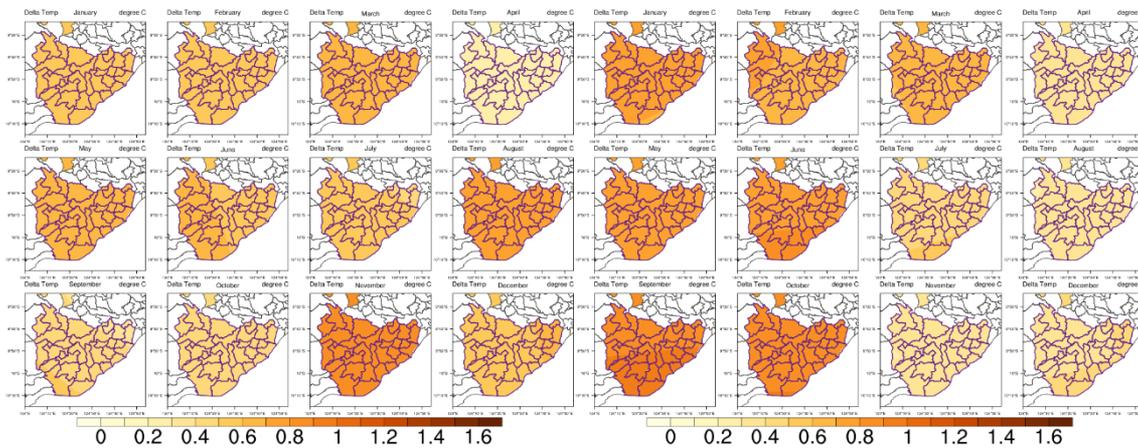
Wilayah	CSIRO							
	Baseline				Delta			
	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON
Flores Timur	35-45	55-65	80-90	75-80	-4-0	-4-2	-4-0	-8-0
Kupang	35-45	70-80	85-90	80-85	-4-0	-4-0	-4-0	-6-0
Lembata	45-50	60-65	85-90	75-80	-4-0	-4-0	-4-0	-6-0
TTS	35-45	70-80	85-90	75-80	-4-0	-4-0	-4-0	-6-0
Wilayah	MIROC							
	Baseline				Delta			
	DJF	MAM	JJA	SON	DJF	MAM	JJA	SON
Flores Timur	30-35	50-60	80-85	70-80	0-8	-8-0	-4-2	-4-0
Kupang	35-45	70-80	85-90	80-85	0-8	-10-0	-4-2	-4-0
Lembata	30-35	50-65	80-85	70-80	0-6	-6-0	-2-2	-4-0
TTS	30-35	70-80	85-90	75-85	6-8	-8-4	-2-2	-4-0

6.3 Profil Spasial proyeksi perubahan iklim wilayah studi

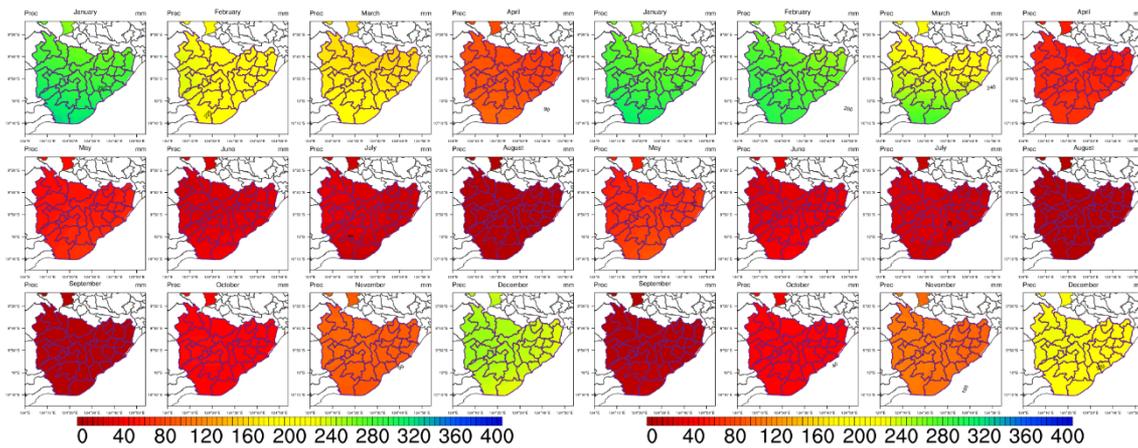
6.3.1 Timor Tengah Selatan (TTS)



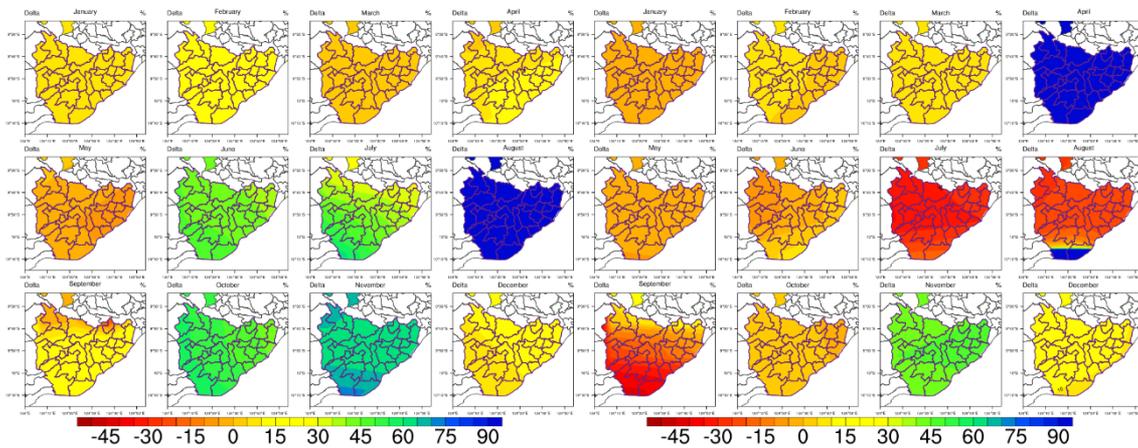
Gambar 6.1 Suhu Udara Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



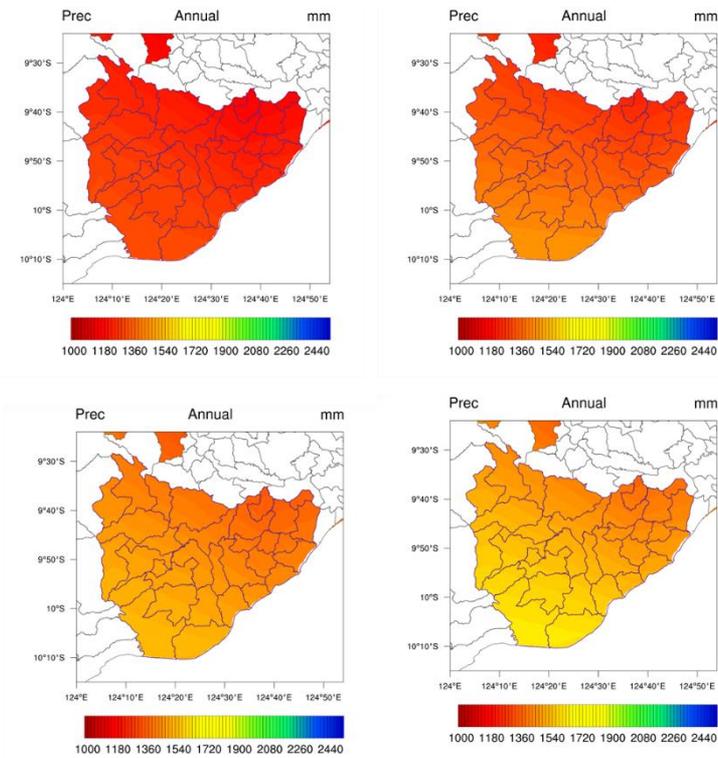
Gambar 6.2 Perubahan Suhu Udara Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



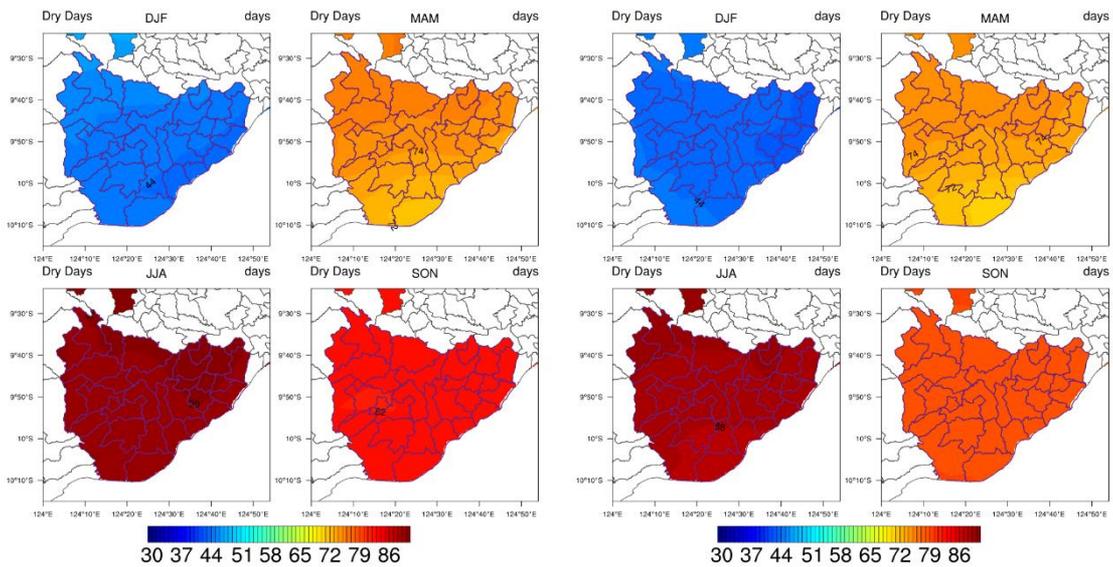
Gambar 6.3 Curah Hujan Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



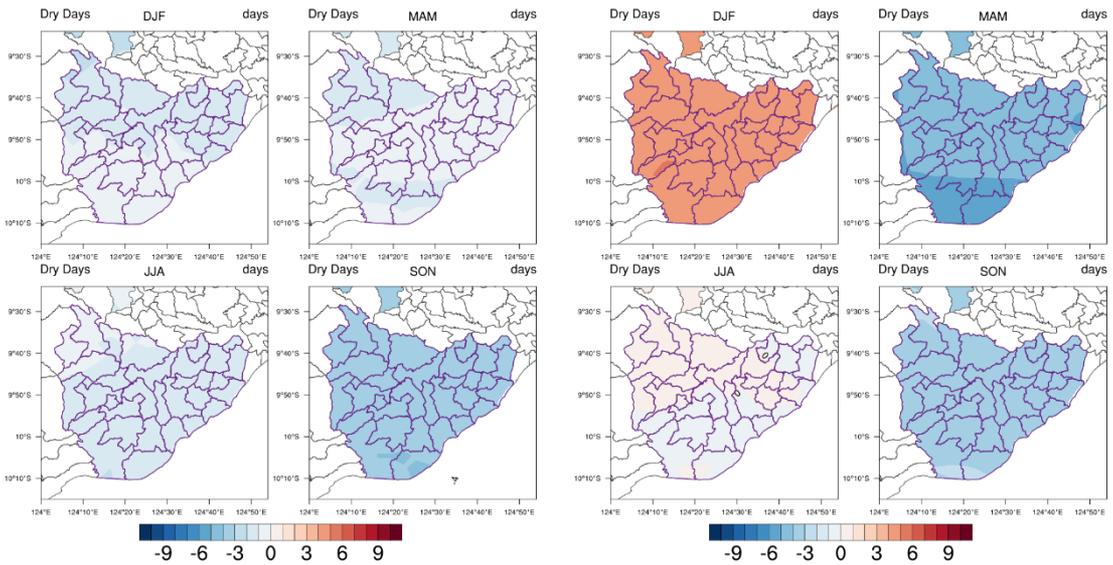
Gambar 6.4 Perubahan Curah Hujan Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



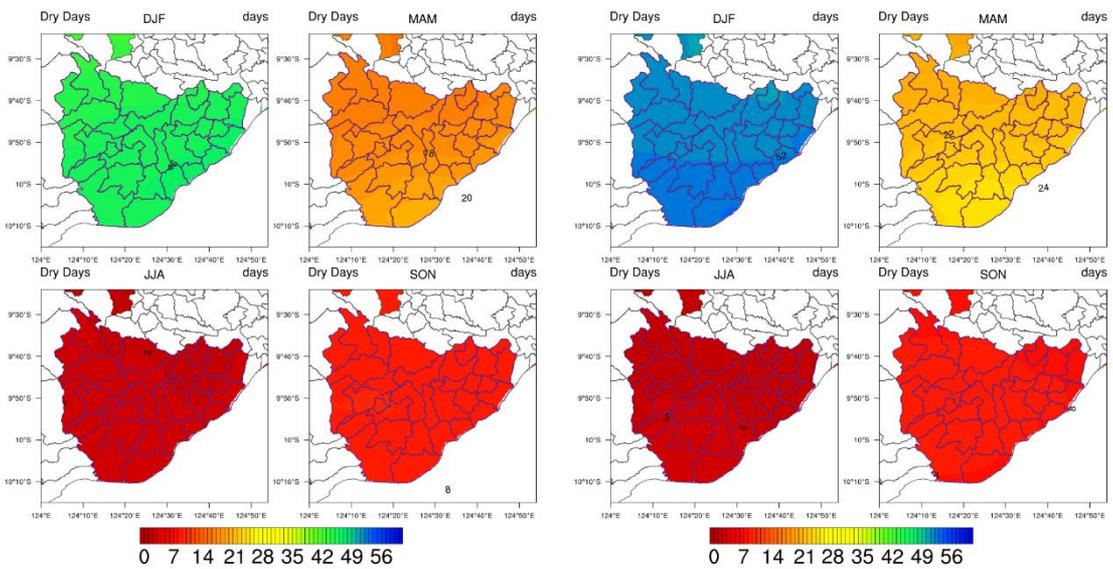
Gambar 6.5 Curah Hujan Tahunan Baseline 1986-2015 (atas) dan Masa Depan 2021-2050 (bawah) Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



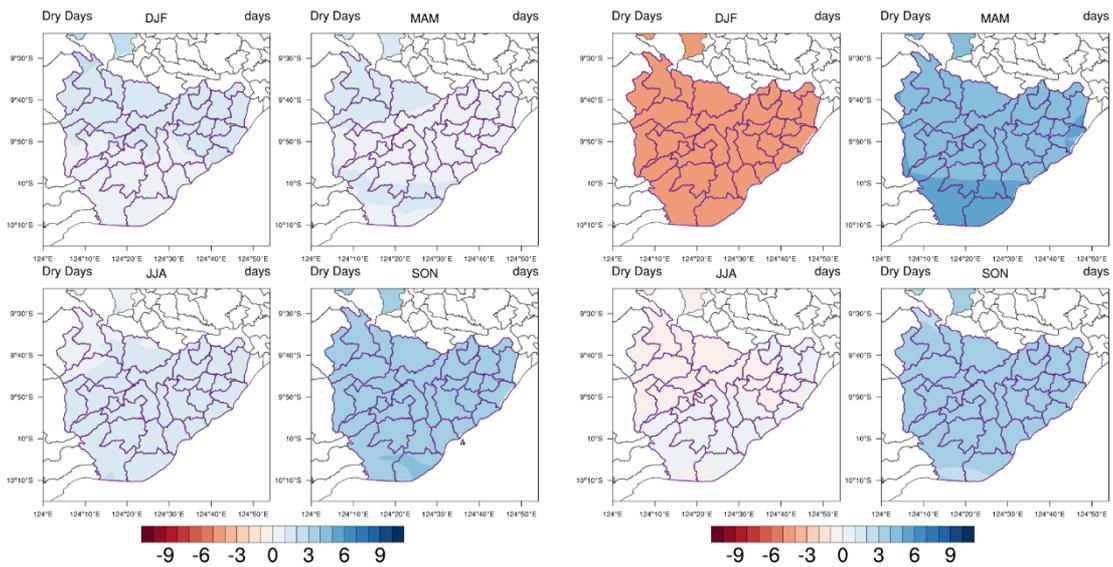
Gambar 6.6 Jumlah Hari Kering Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



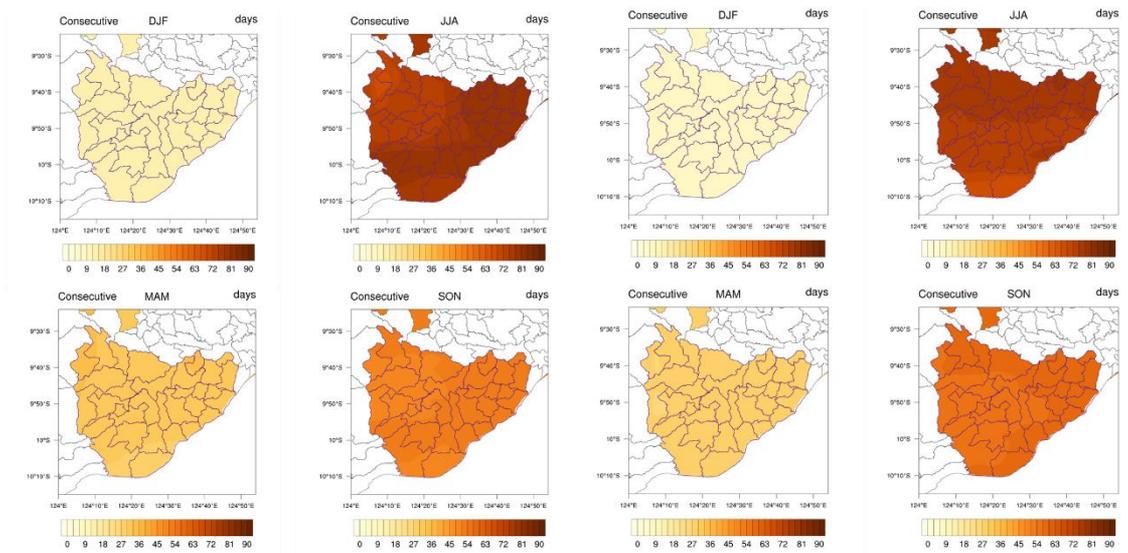
Gambar 6.7 Perubahan Jumlah Hari Kering Masa Depan 2021 – 2050 Model CSIRO dan MIROC



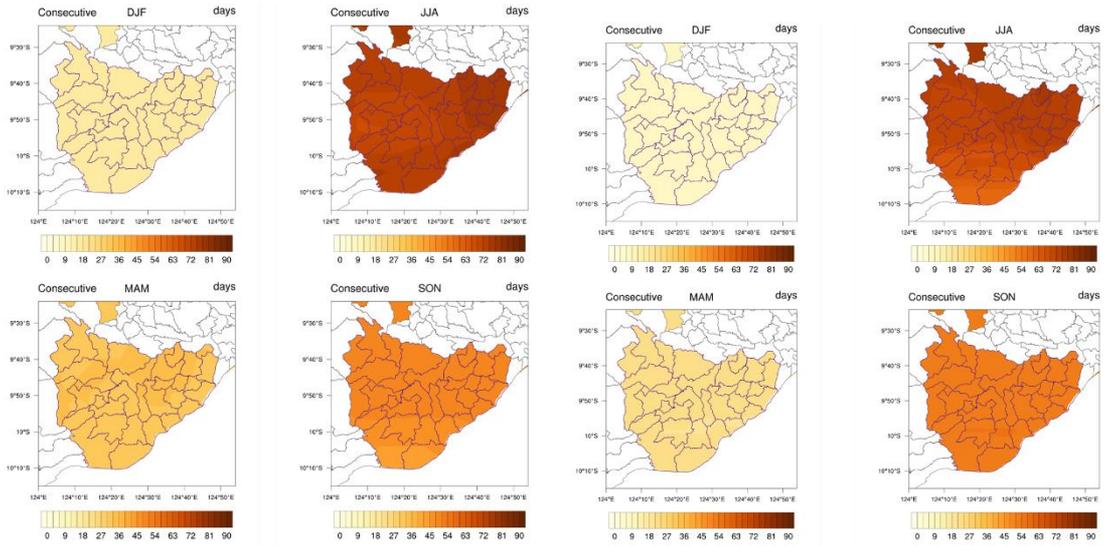
Gambar 6.8 Jumlah Hari Basah Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



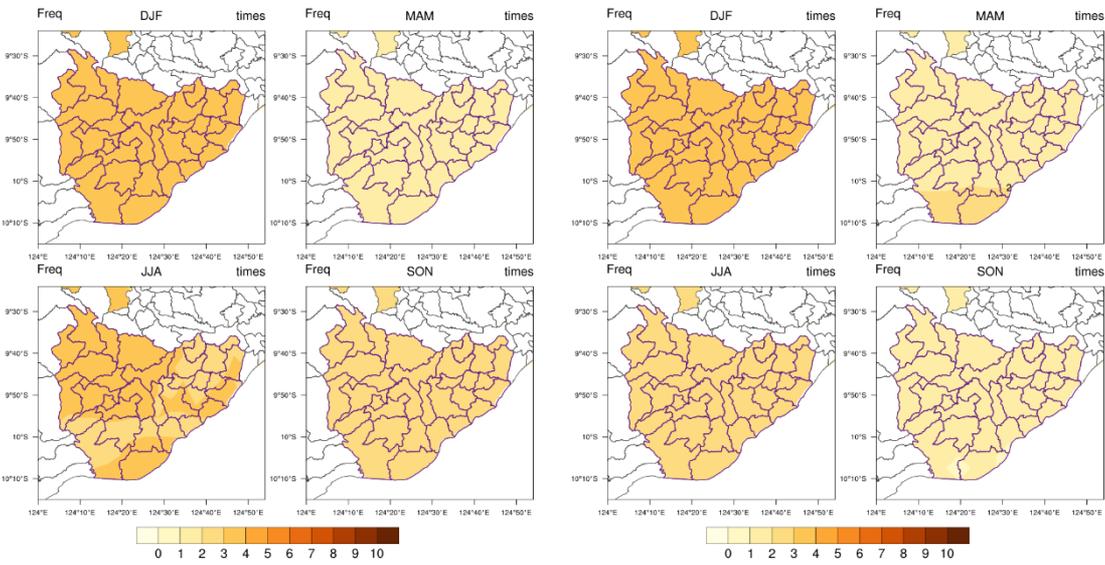
Gambar 6.9 Perubahan Jumlah Hari Basah Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



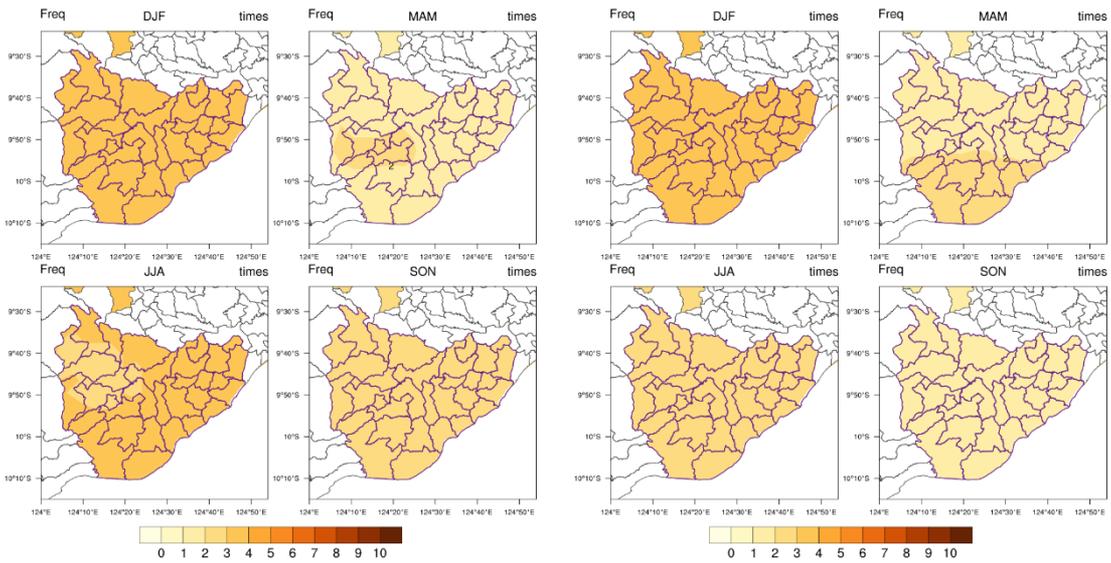
Gambar 6.10 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



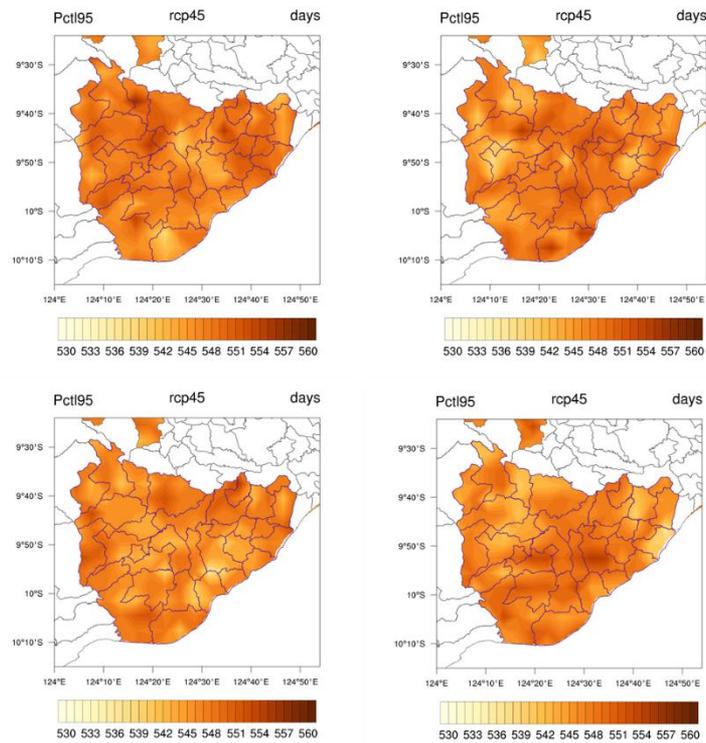
Gambar 6.11 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



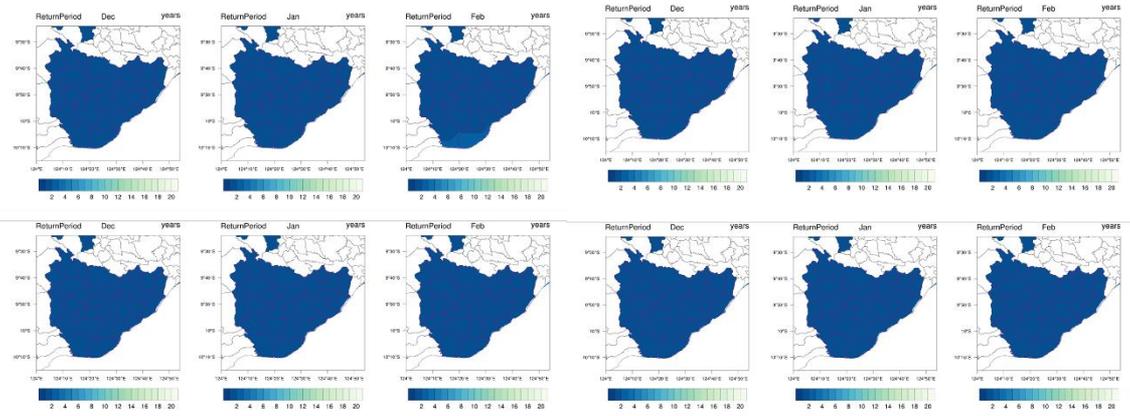
Gambar 6.12 Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



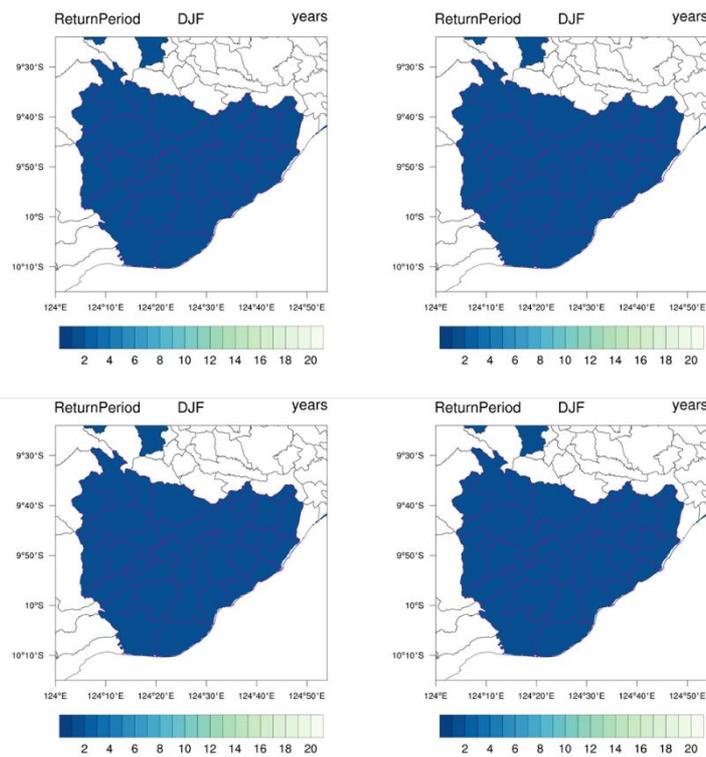
Gambar 6.13 Proyeksi Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



Gambar 6.14 Jumlah Curah Hujan baseline diatas persentile 95%

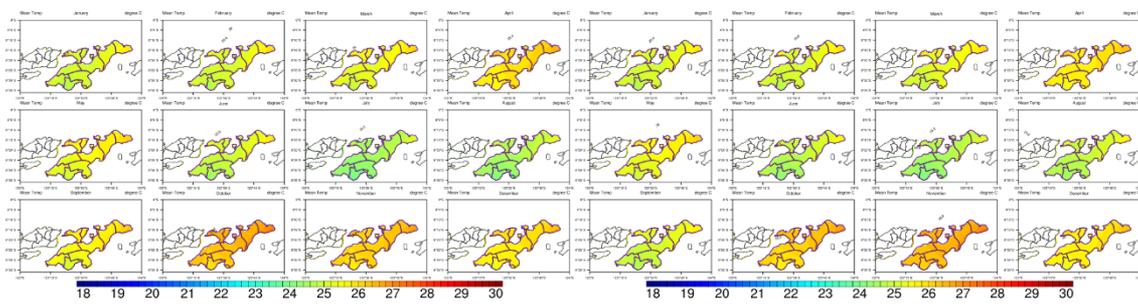


Gambar 6.15 Periode Ulang Curah Hujan Bulanan Di Bulan2 Basah (DJF) Di Atas 200mm

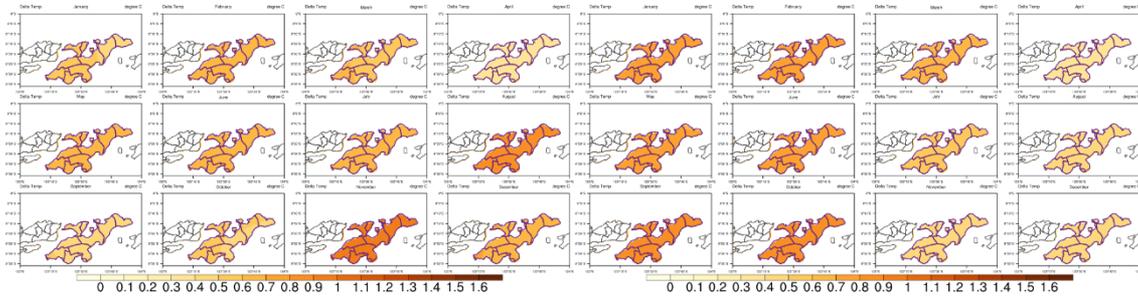


Gambar 6.16 Periode Ulang Curah Hujan Musim Hujan Di Atas 500 mm

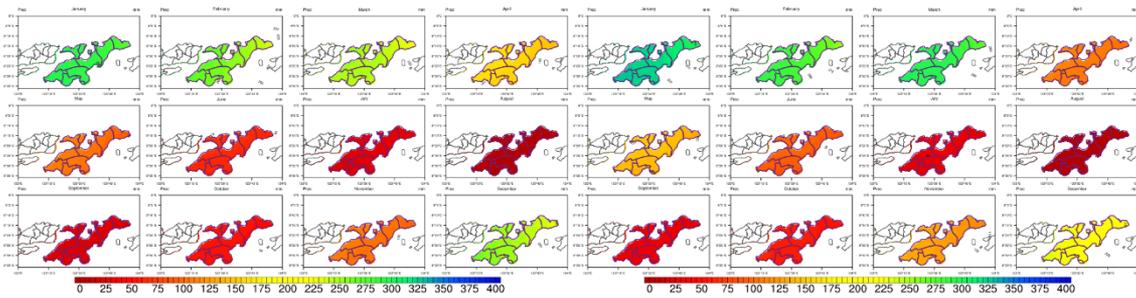
6.3.2 Lembata



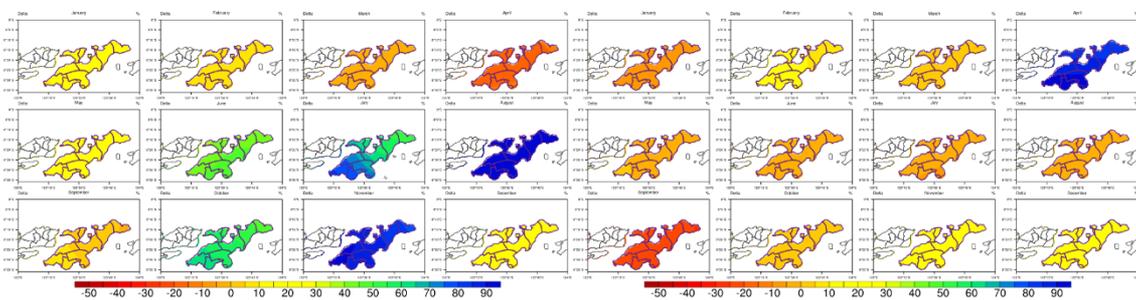
Gambar 6.17 Suhu Udara Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



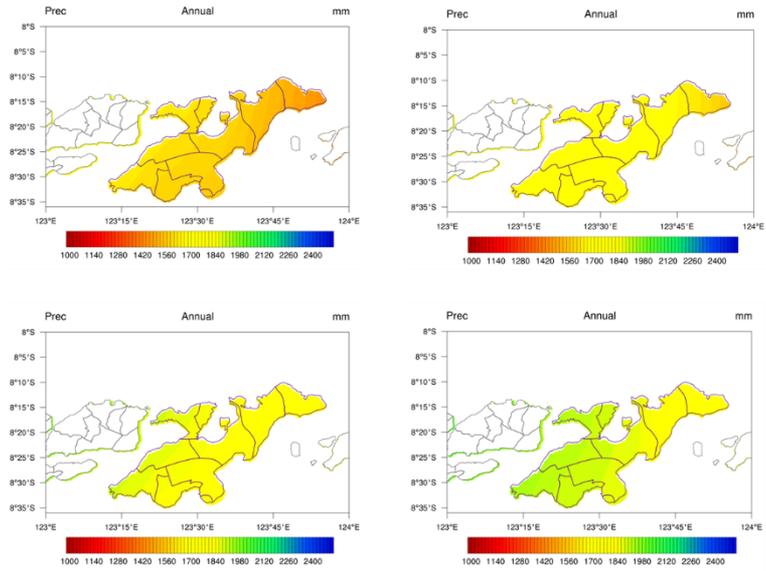
Gambar 6.18 Perubahan Suhu Udara Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



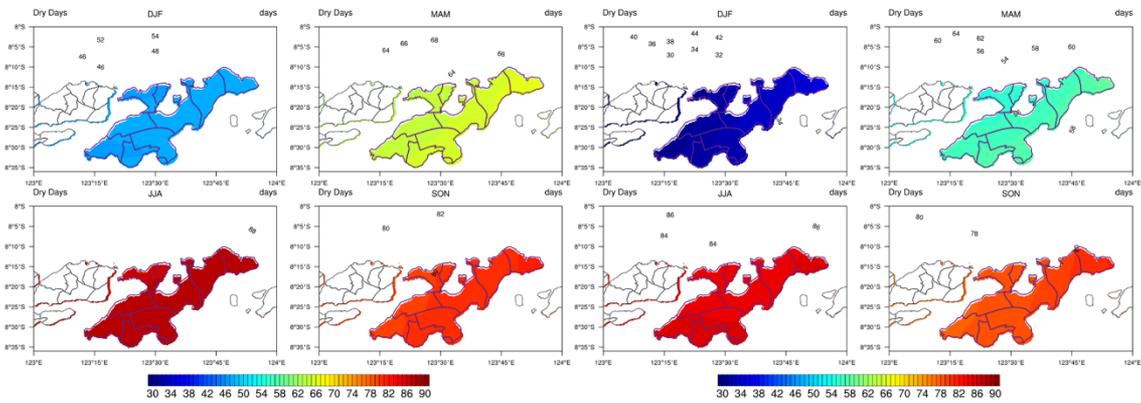
Gambar 6.19 Curah Hujan Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



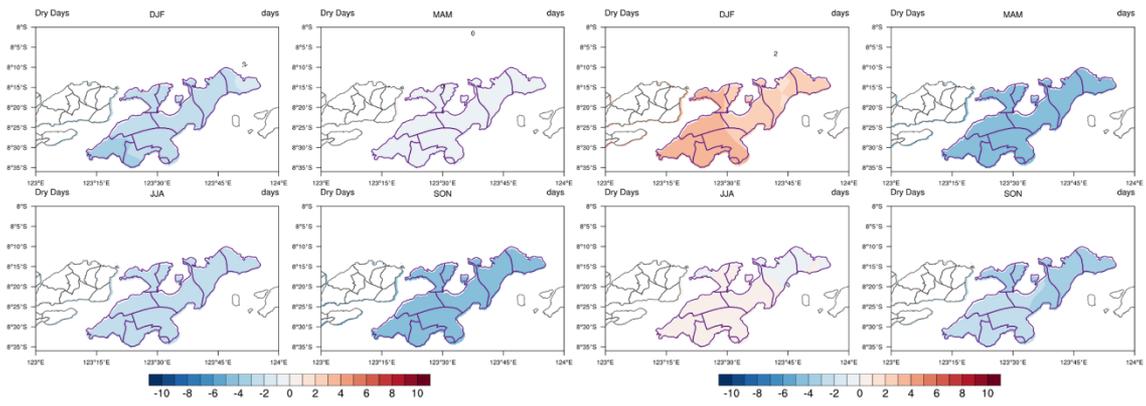
Gambar 6.20 Perubahan Curah Hujan Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



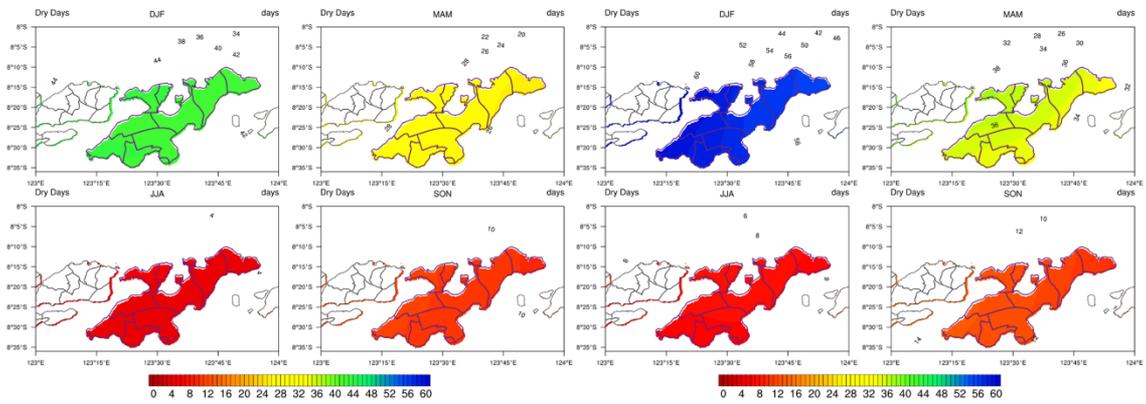
Gambar 6.21 Curah Hujan Tahunan Baseline 1986-2015 (atas) dan Masa Depan 2021-2050 (bawah) Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



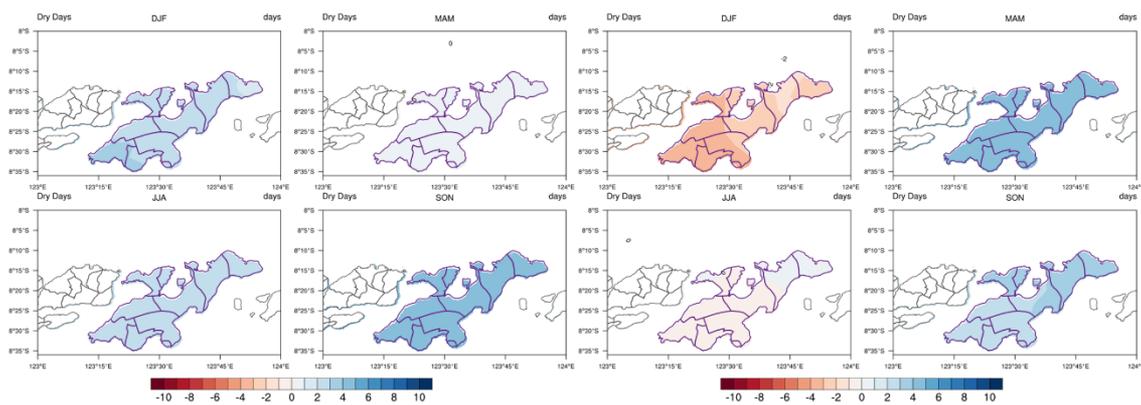
Gambar 6.22 Jumlah Hari Kering Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



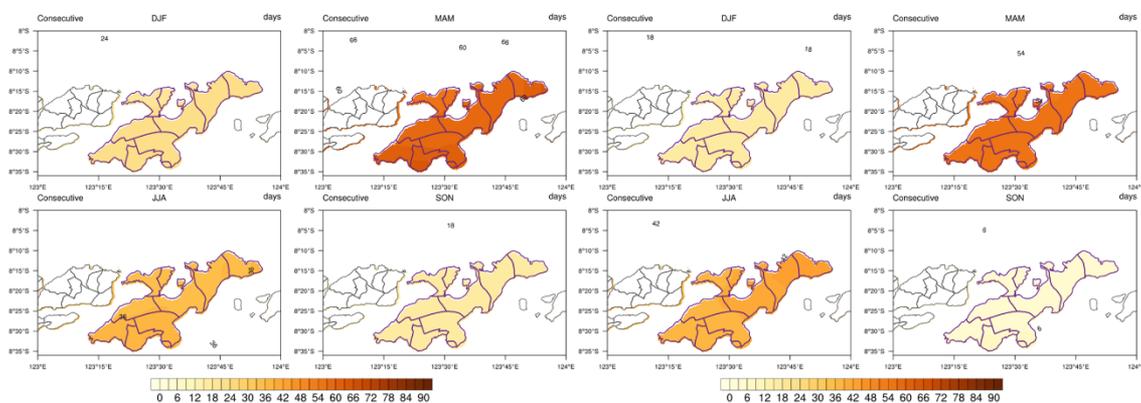
Gambar 6.23 Perubahan Jumlah Hari Kering Masa Depan 2021 – 2050 Model CSIRO dan MIROC



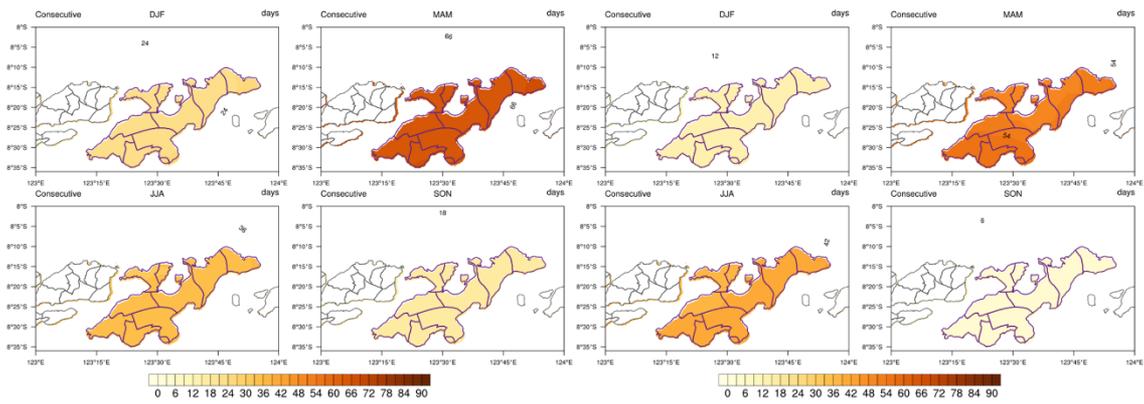
Gambar 6.24 Jumlah Hari Basah Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



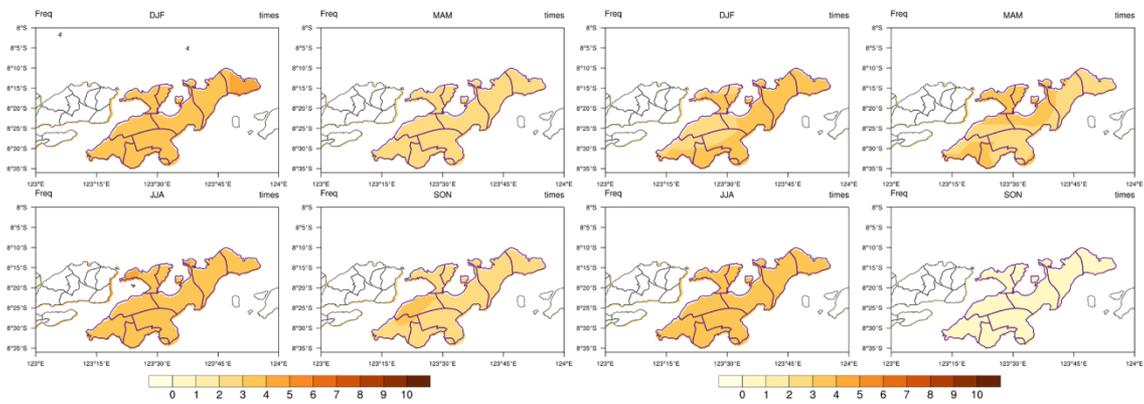
Gambar 6.25 Perubahan Jumlah Hari Basah Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



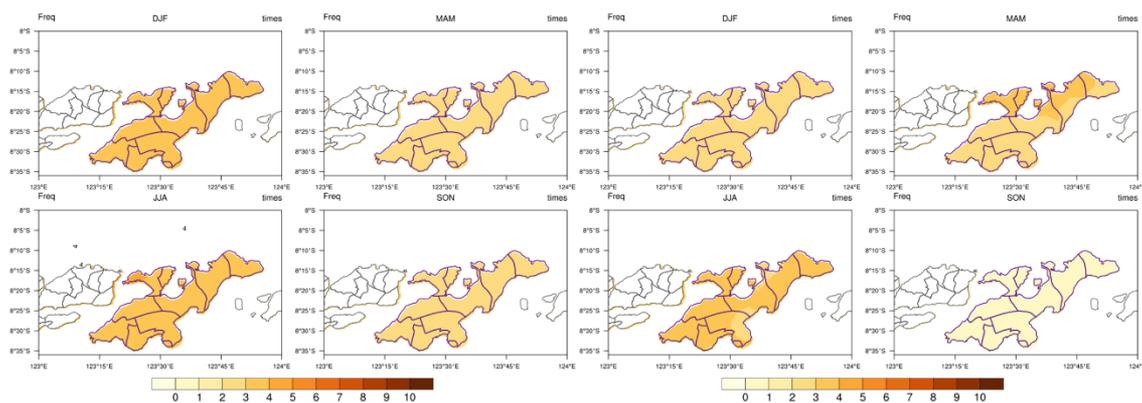
Gambar 6.26 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



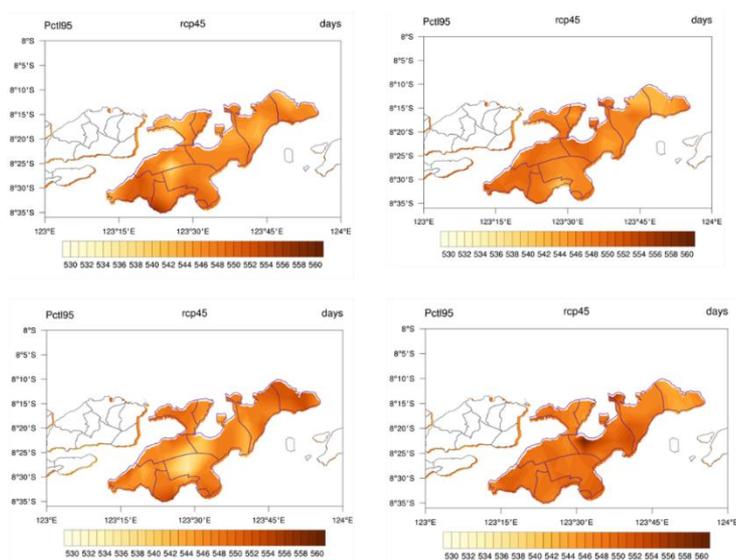
Gambar 6.27 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



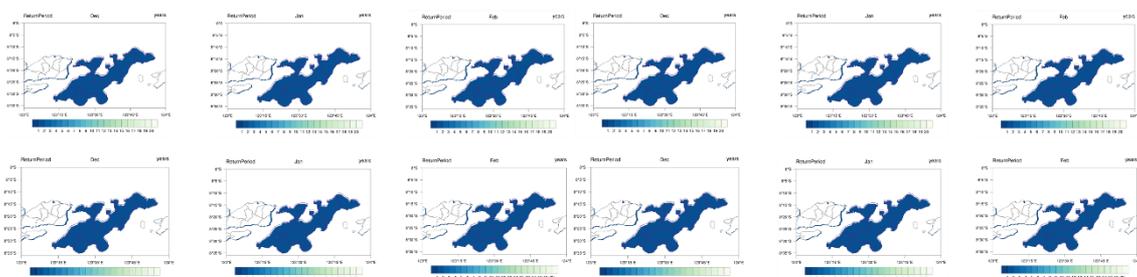
Gambar 6.28 Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



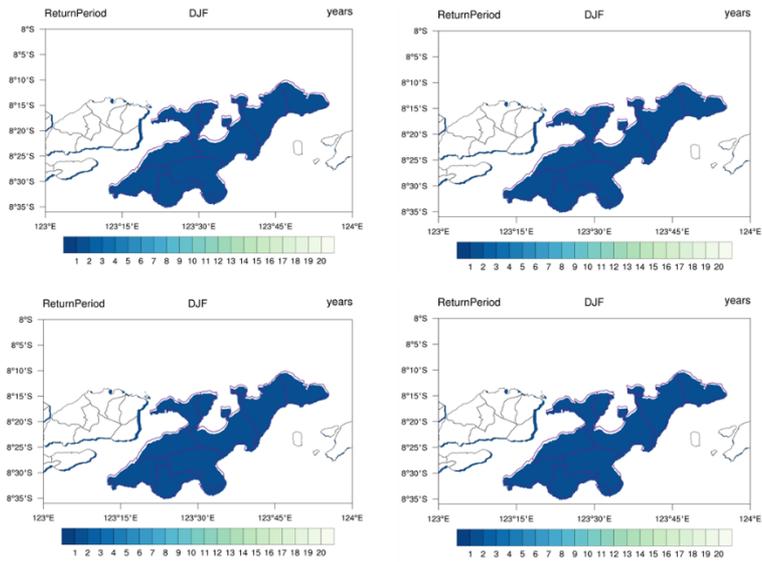
Gambar 6.29 Proyeksi Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



Gambar 6.30 Jumlah Curah Hujan baseline diatas persentile 95%

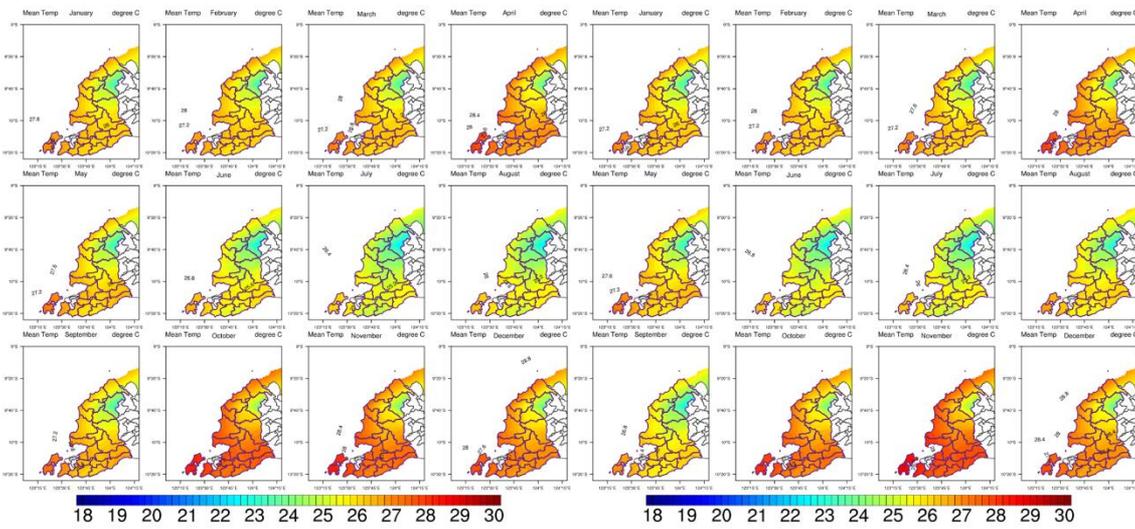


Gambar 6.31 Periode Ulang Curah Hujan Bulanan Di Bulan2 Basah (DJF) Di Atas 200mm

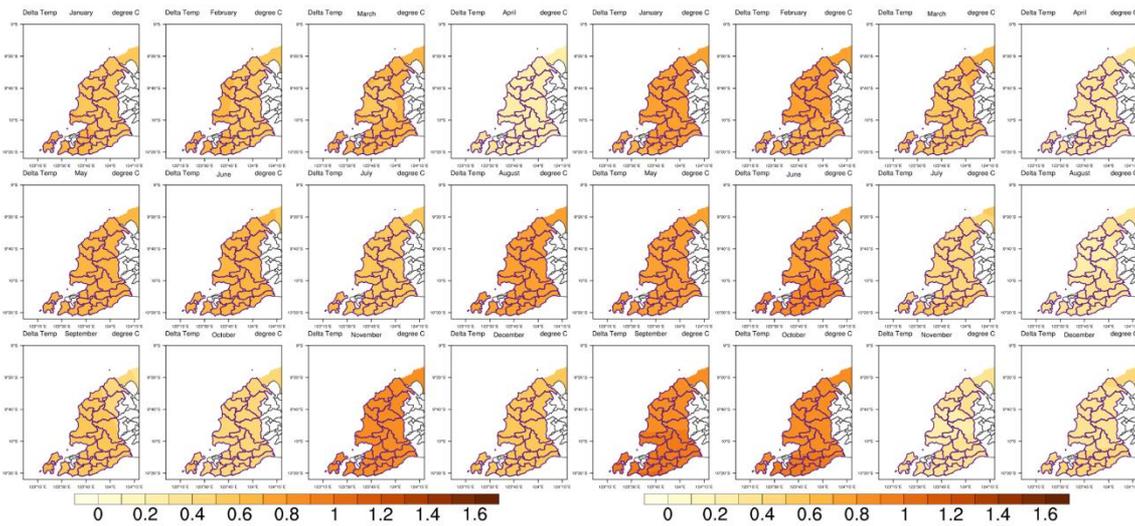


Gambar 6.32 Periode Ulang Curah Hujan Musim Hujan Di Atas 500 mm

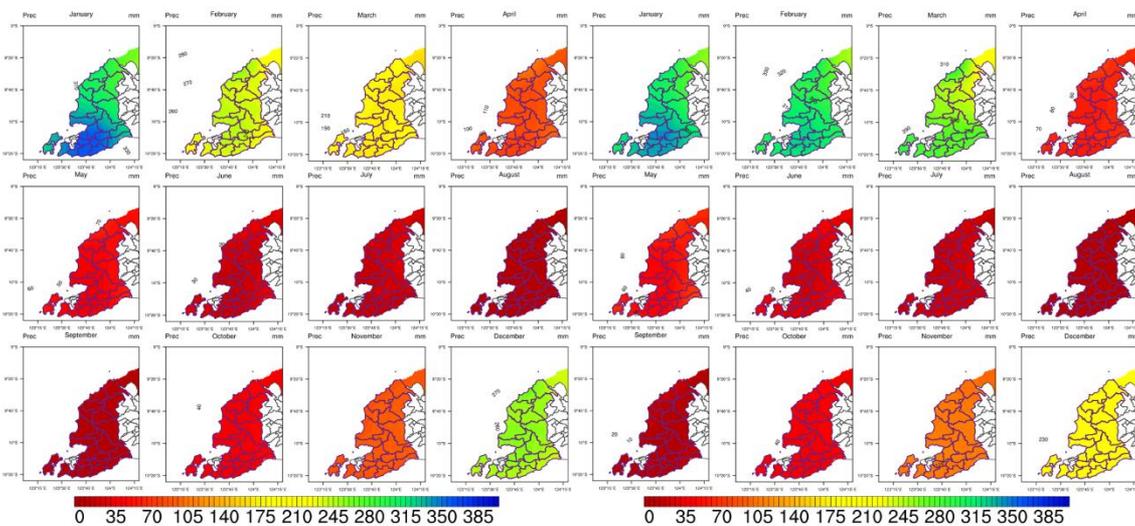
6.3.3 Kabupaten Kupang



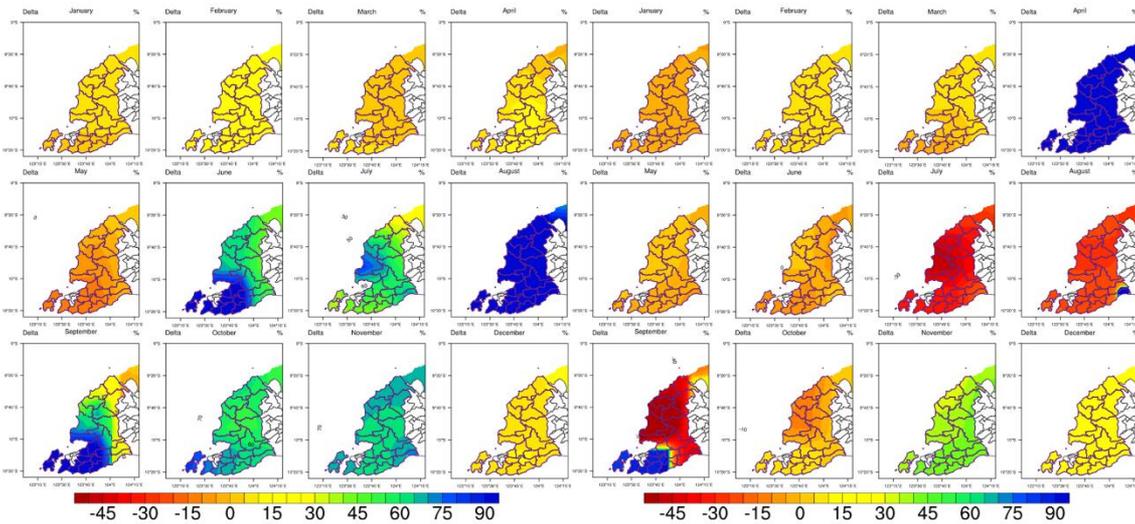
Gambar 6.33 Suhu Udara Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



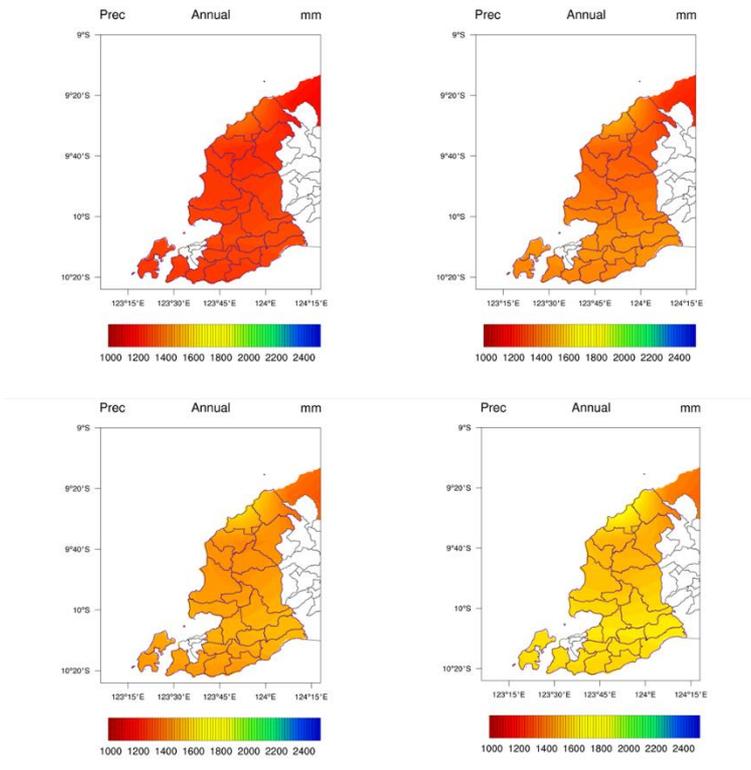
Gambar 6.34 Perubahan Suhu Udara Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



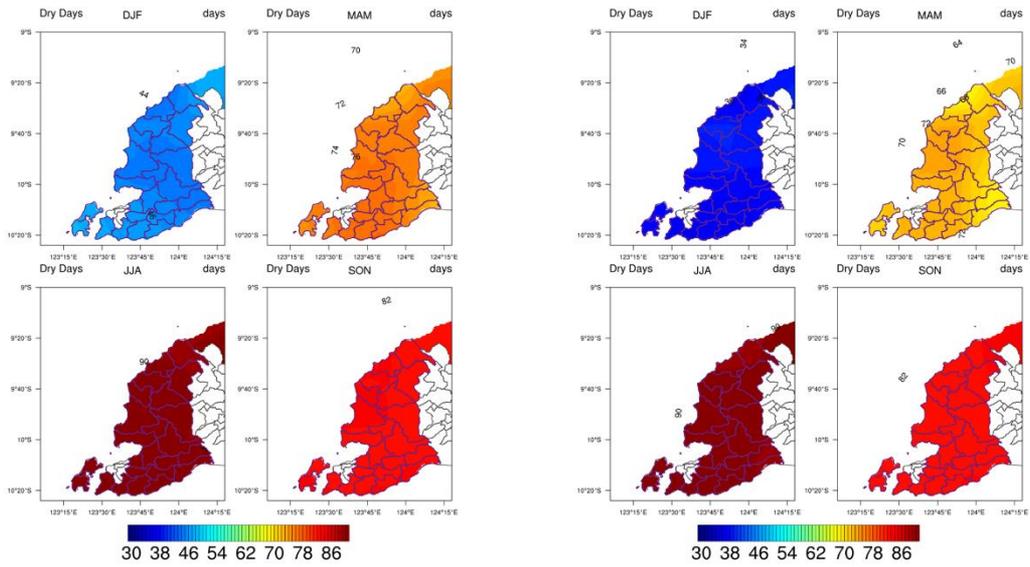
Gambar 6.35 Curah Hujan Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



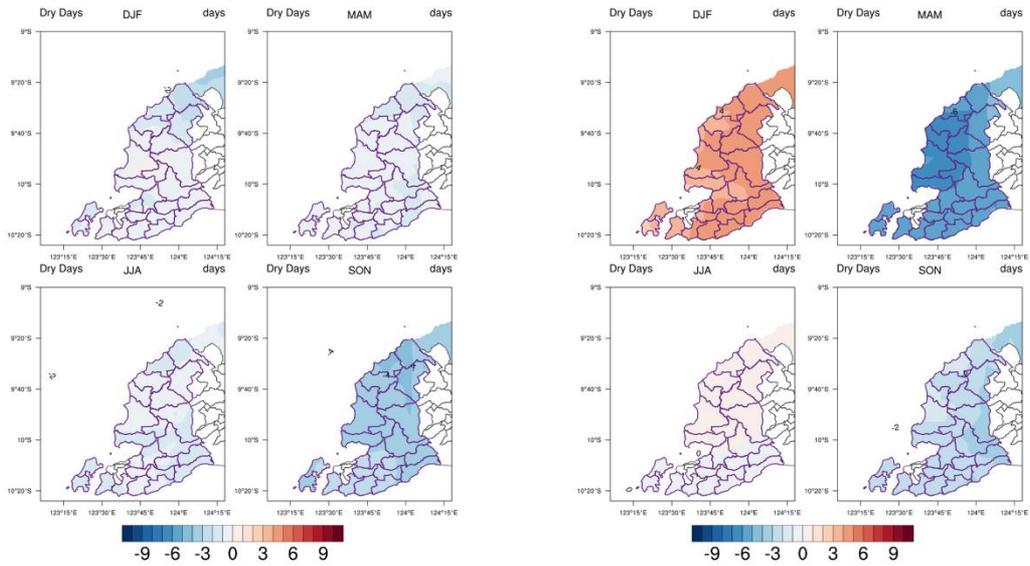
Gambar 6.36 Perubahan Curah Hujan Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



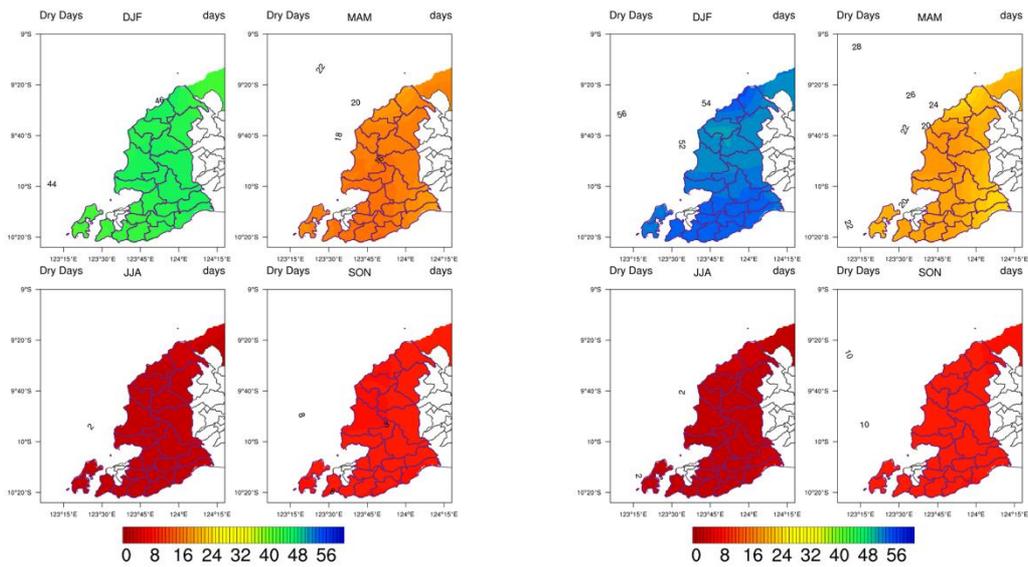
Gambar 6.37 Curah Hujan Tahunan Baseline 1986-2015 (atas) dan Masa Depan 2021-2050 (bawah) Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



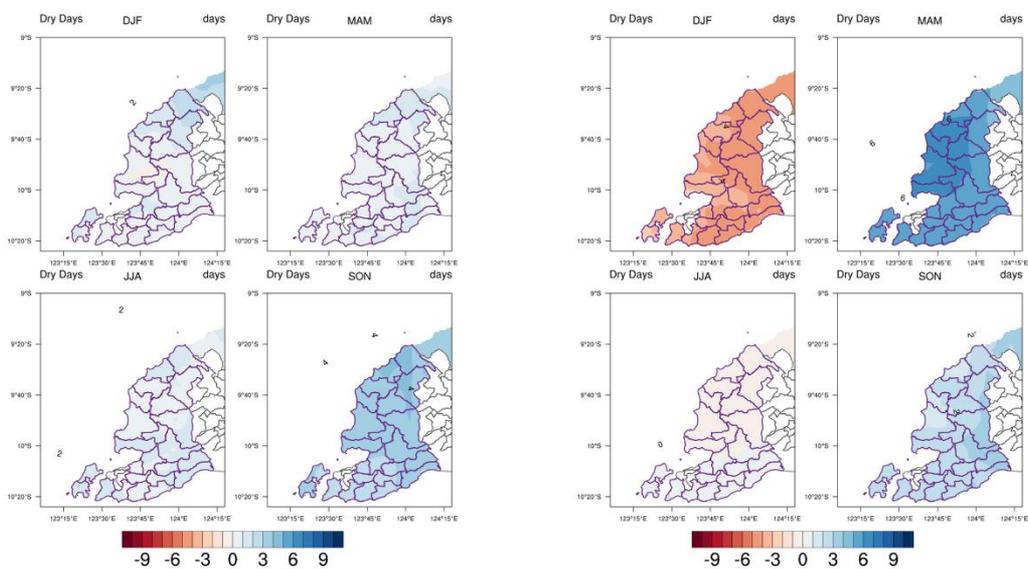
Gambar 6.38 Jumlah Hari Kering Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



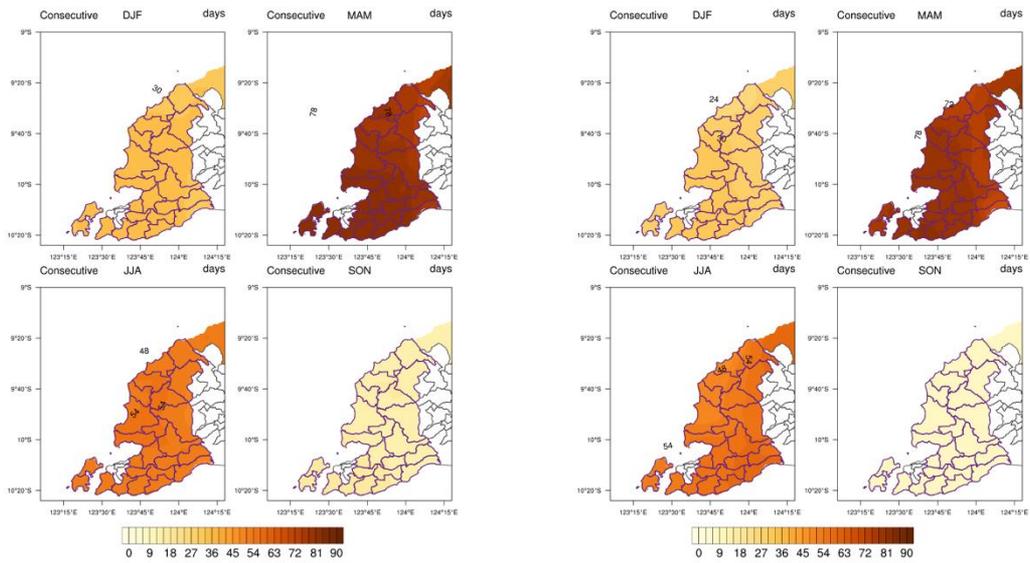
Gambar 6.39 Perubahan Jumlah Hari Kering Masa Depan 2021 – 2050 Model CSIRO dan MIROC



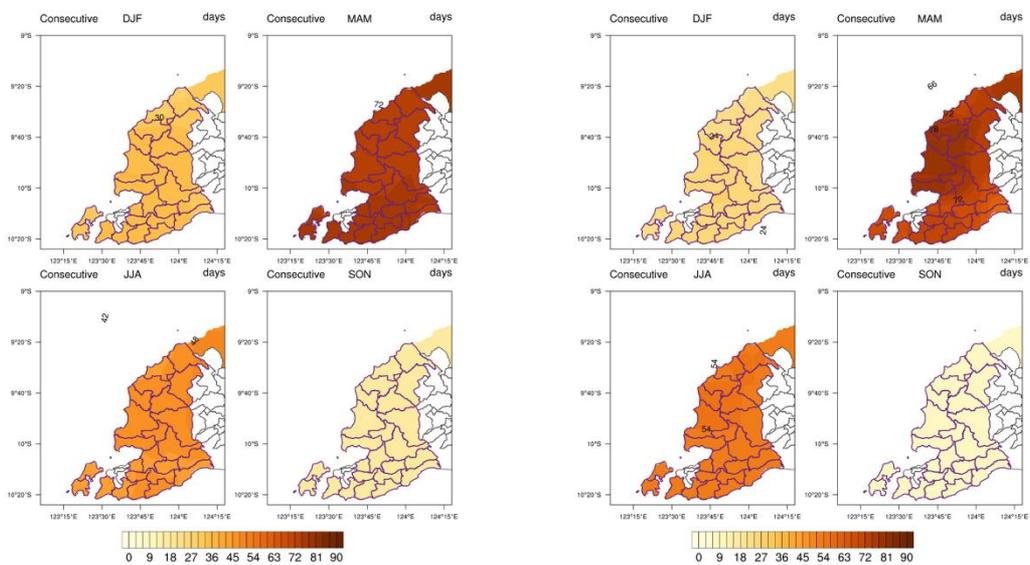
Gambar 6.40 Jumlah Hari Basah Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



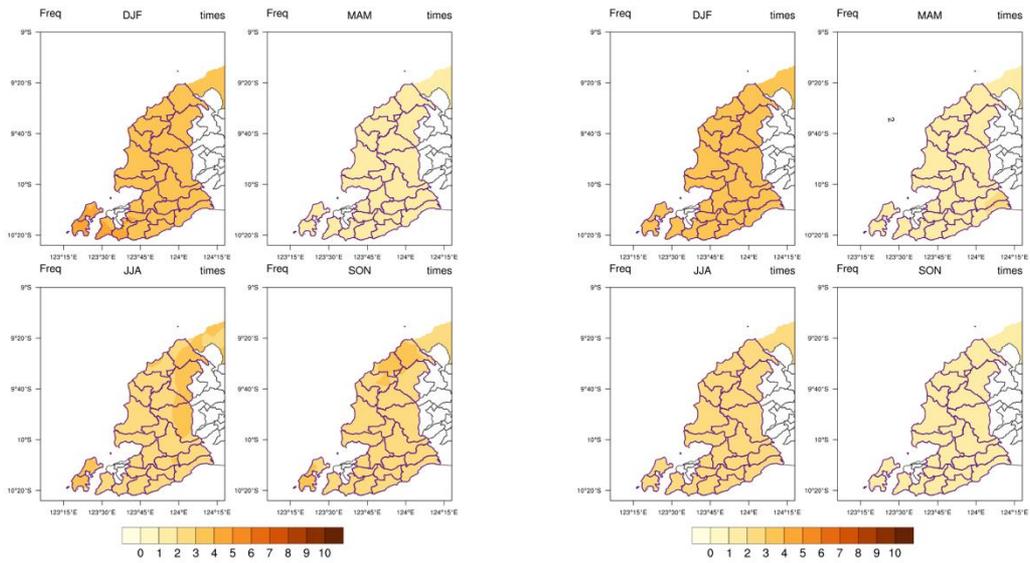
Gambar 6.41 Perubahan Jumlah Hari Basah Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



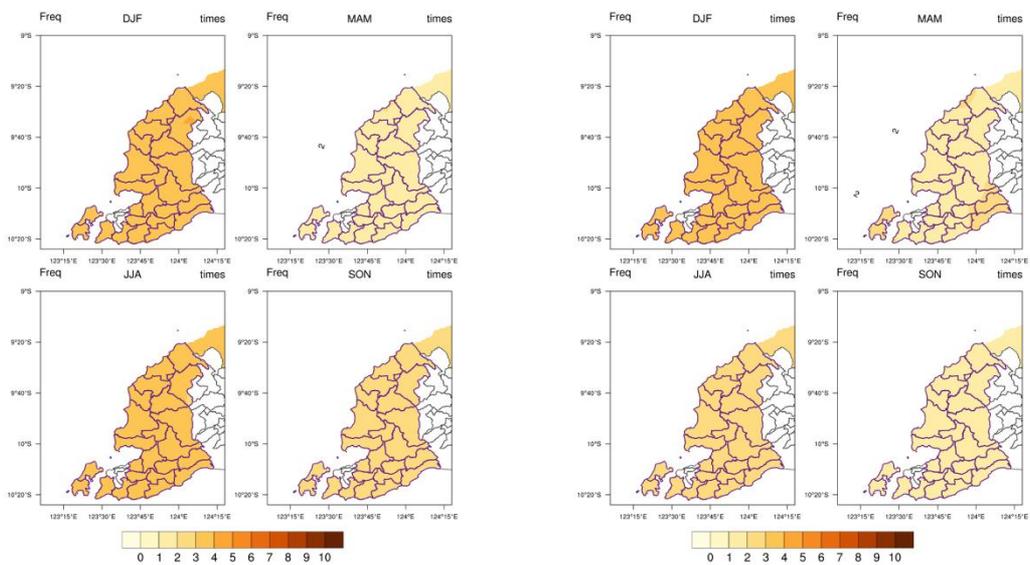
Gambar 6.42 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



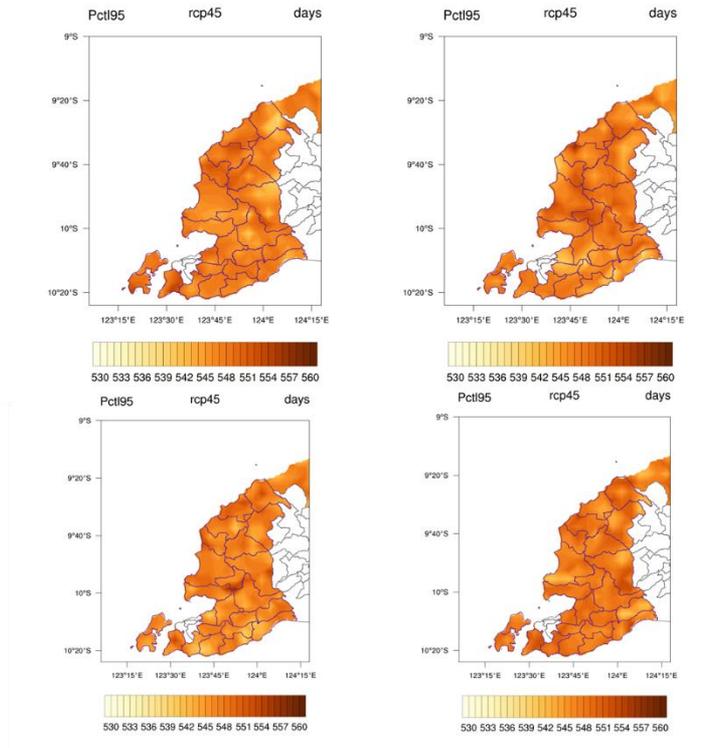
Gambar 6.43 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



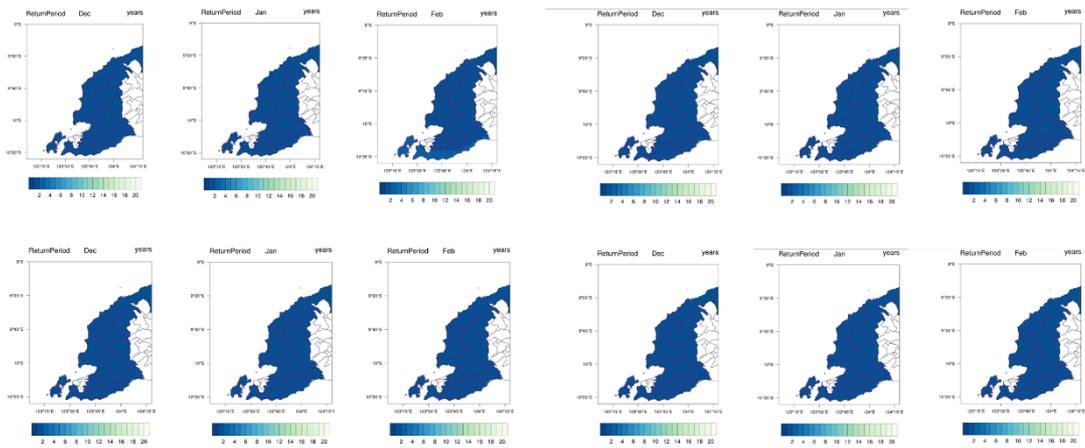
Gambar 6.44 Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



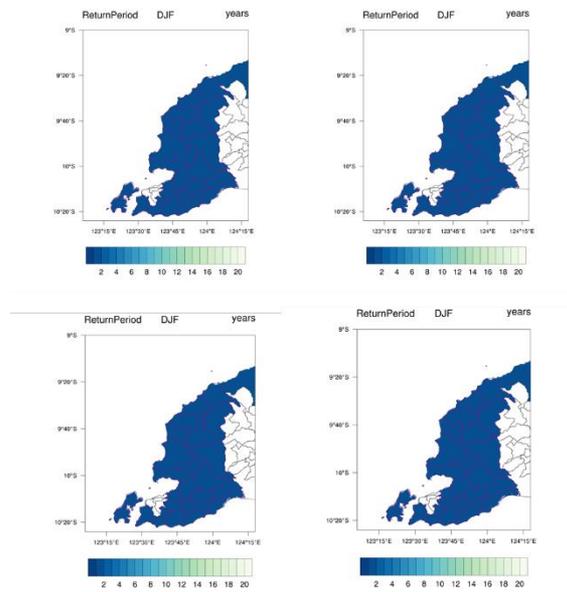
Gambar 6.45 Proyeksi Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



Gambar 6.46 Jumlah Curah Hujan baseline diatas persentile 95%

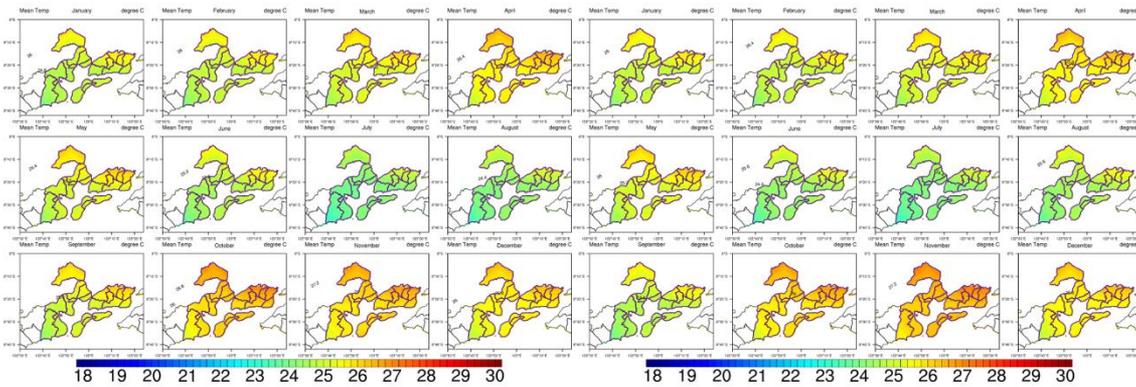


Gambar 6.47 Periode Ulang Curah Hujan Bulanan Di Bulan2 Basah (DJF) Di Atas 200mm

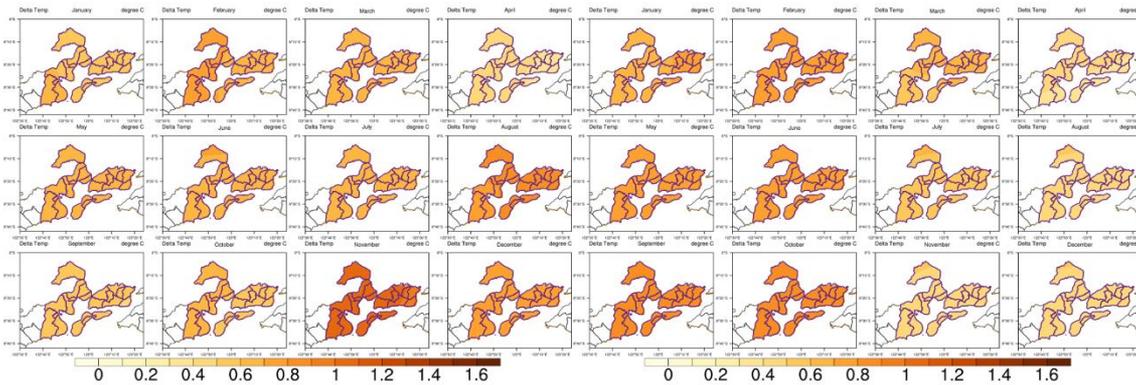


Gambar 6.48 Periode Ulang Curah Hujan Musim Hujan Di Atas 500 mm

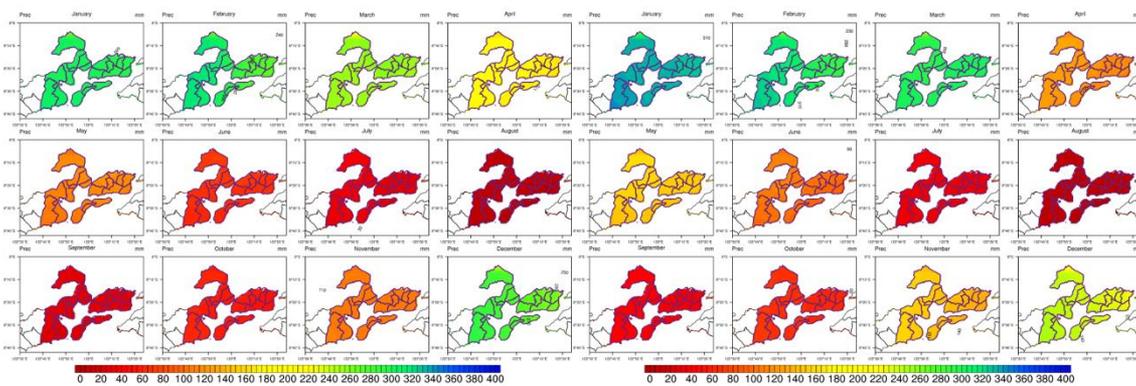
6.3.4 Flores Timur



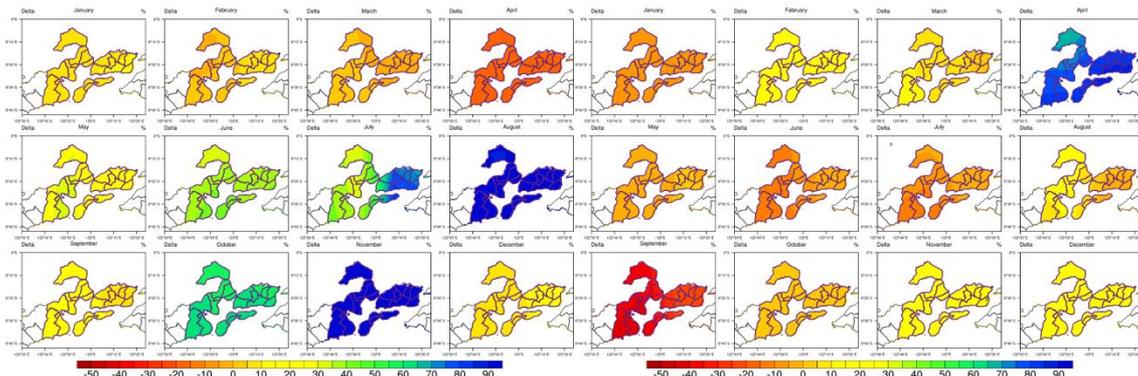
Gambar 6.49 Suhu Udara Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



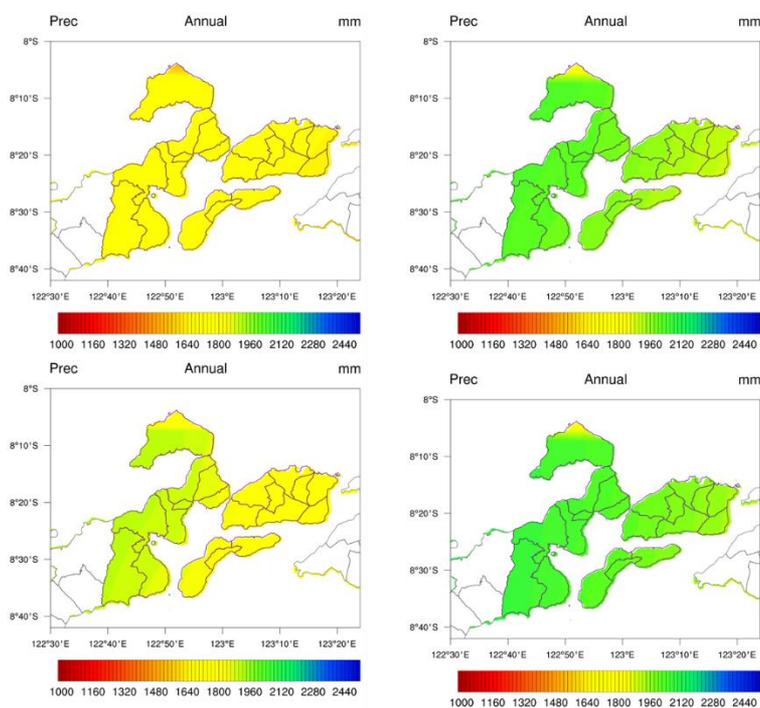
Gambar 6.50 Perubahan Suhu Udara Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



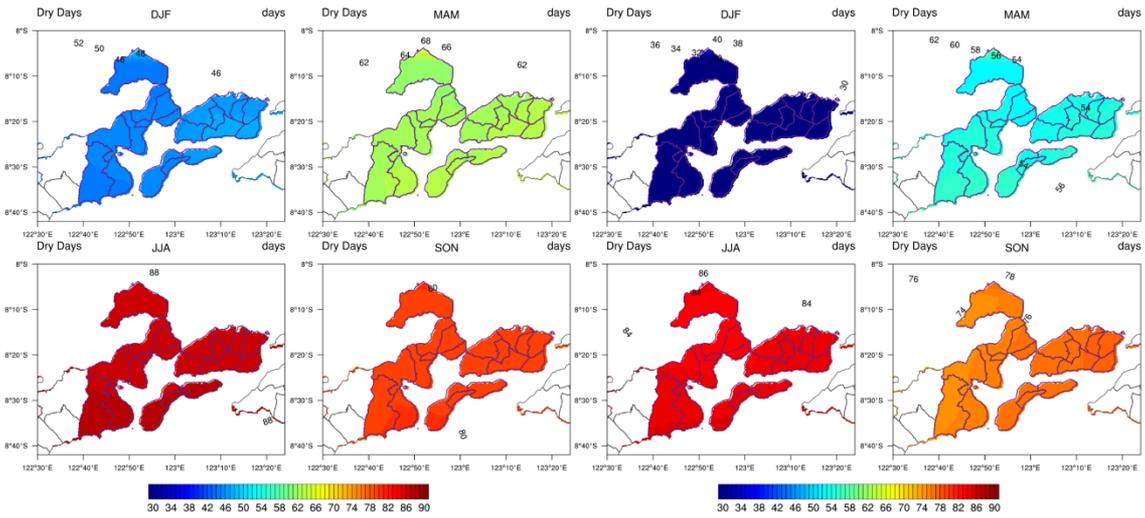
Gambar 6.51 Curah Hujan Rataan Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



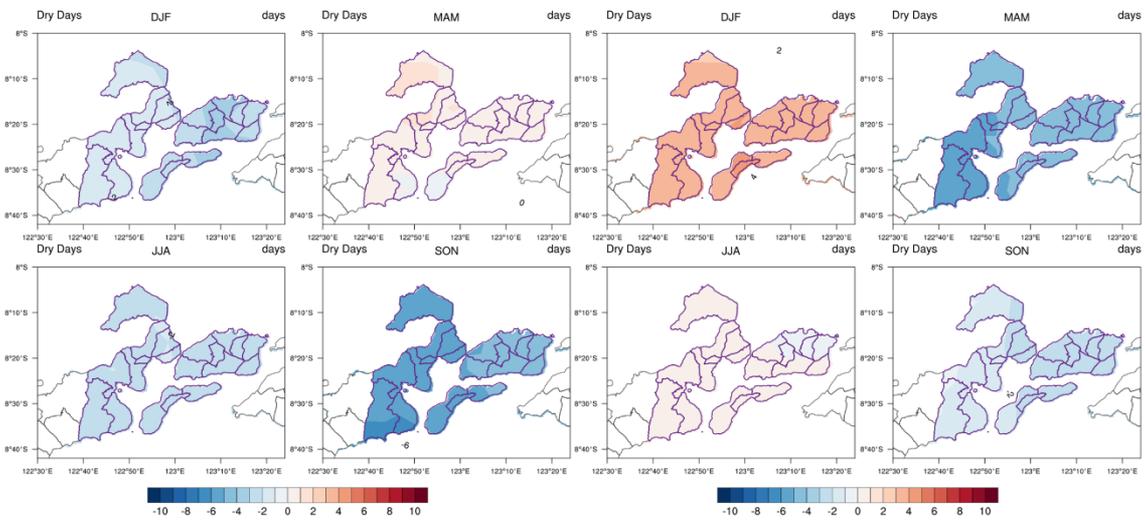
Gambar 6.52 Perubahan Curah Hujan Rataan Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



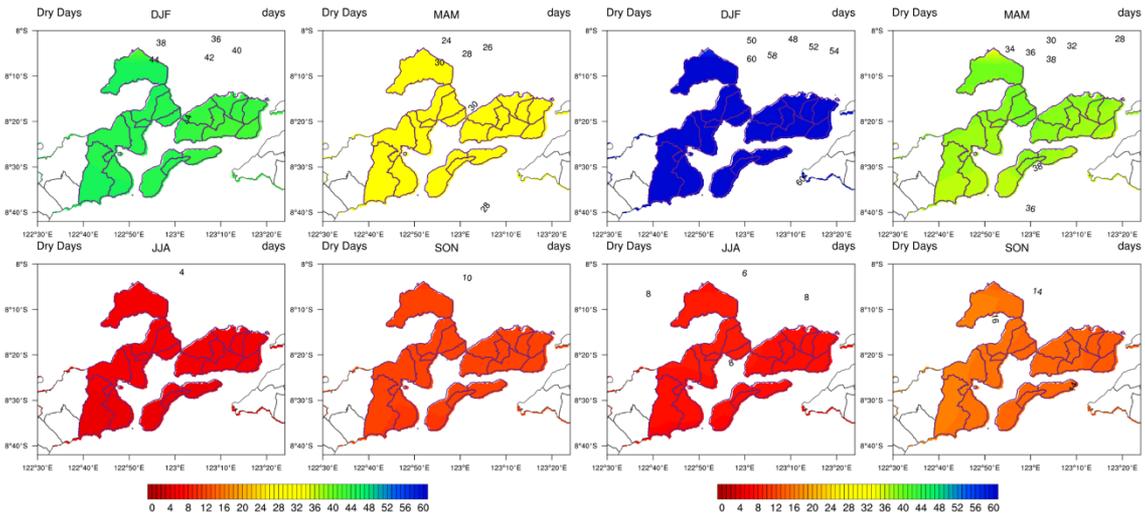
Gambar 6.53 Curah Hujan Tahunan Baseline 1986-2015 (atas) dan Masa Depan 2021-2050 (bawah) Model CSIRO dan MIROC Skenario RCP 4.5



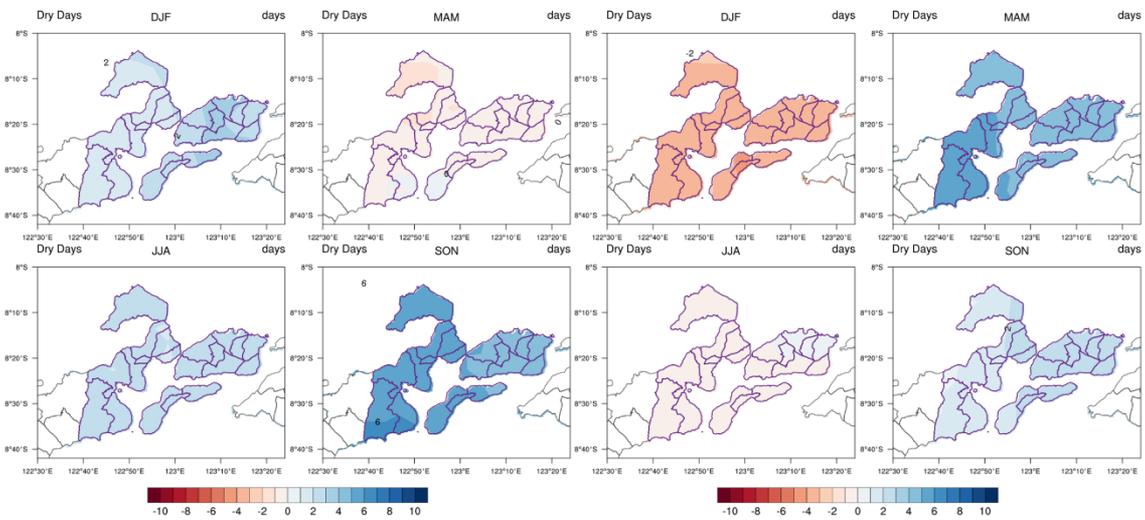
Gambar 6.54 Jumlah Hari Kering Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



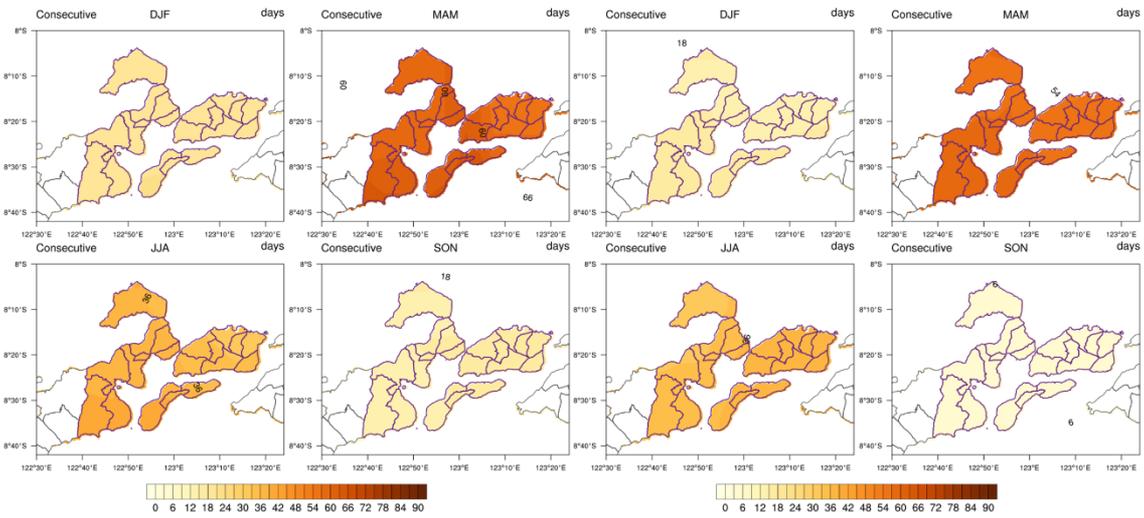
Gambar 6.55 Perubahan Jumlah Hari Kering Masa Depan 2021 – 2050 Model CSIRO dan MIROC



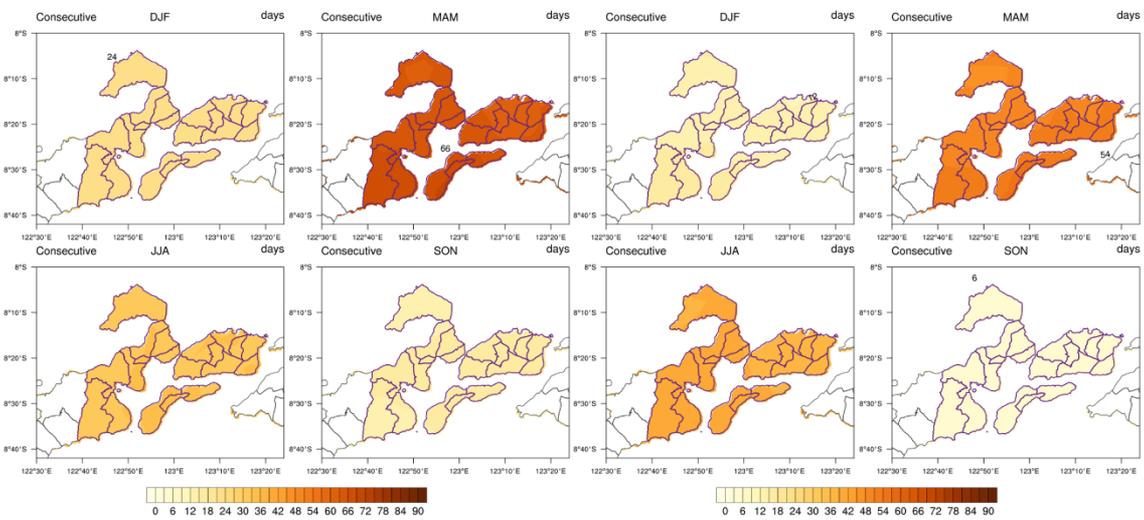
Gambar 6.56 Jumlah Hari Basah Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



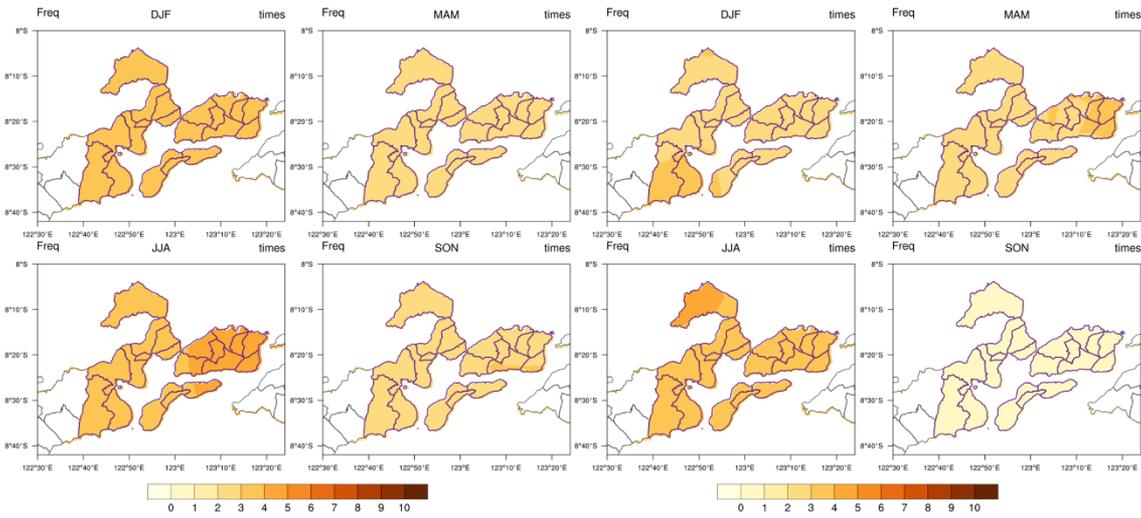
Gambar 6.57 Perubahan Jumlah Hari Basah Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



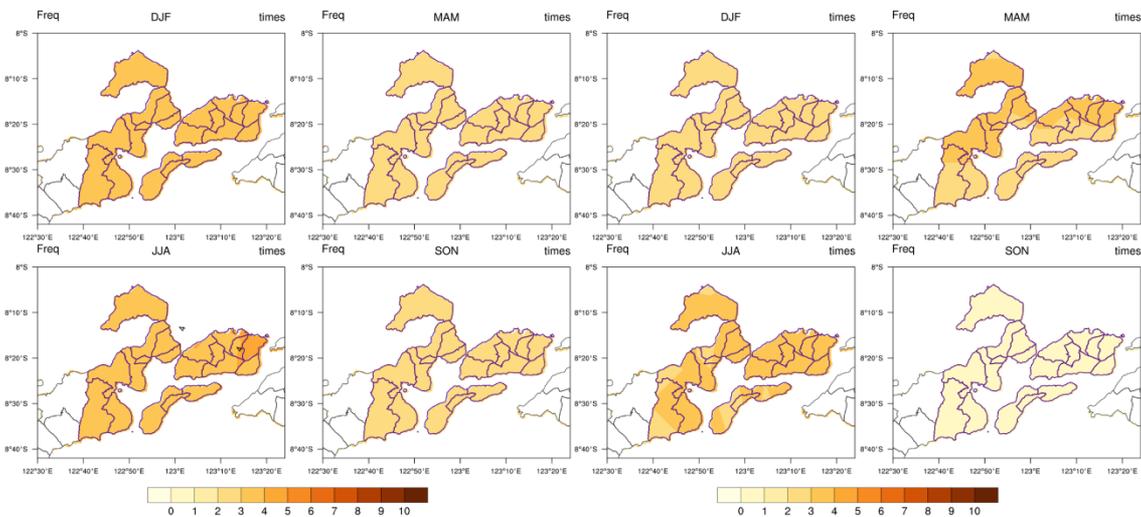
Gambar 6.58 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



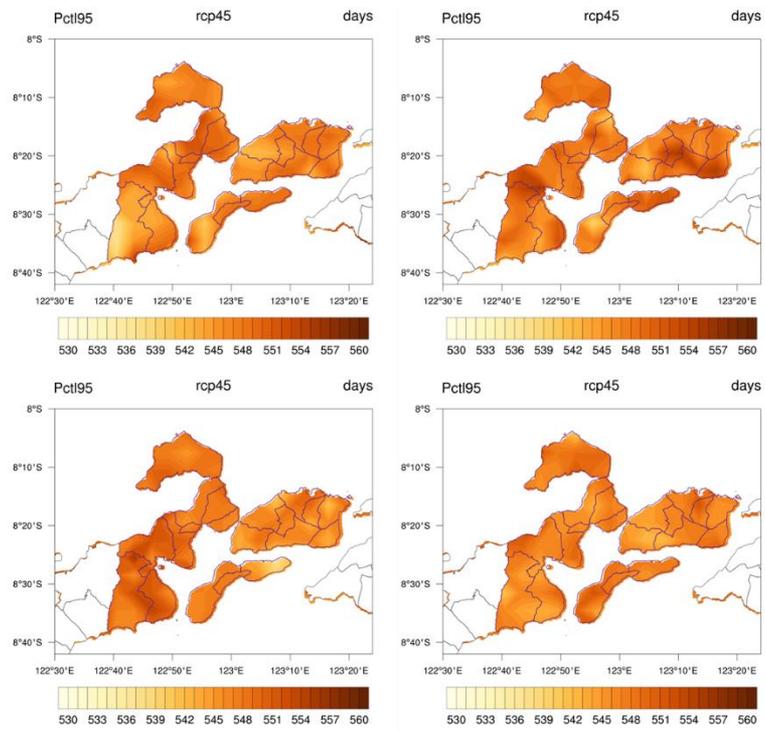
Gambar 6.59 Jumlah Hari Kering Berturut-turut maksimum Masa Depan 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



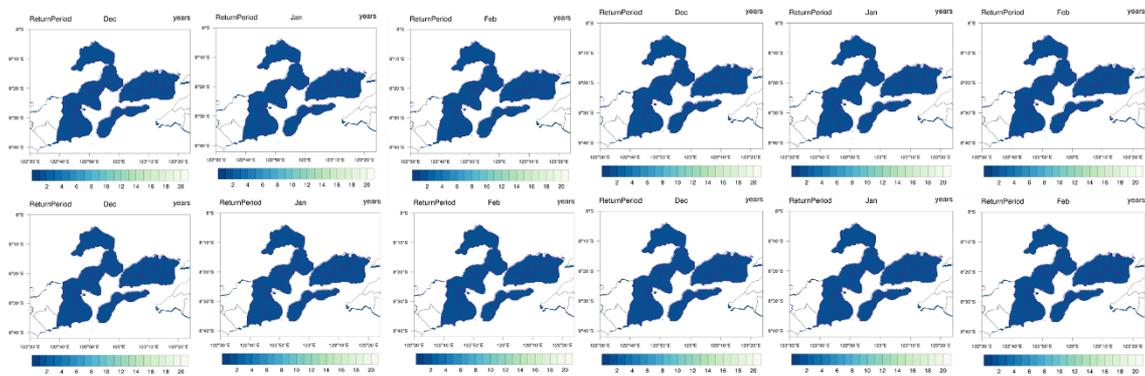
Gambar 6.60 Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman Baseline 1985 – 2015 Model CSIRO dan MIROC



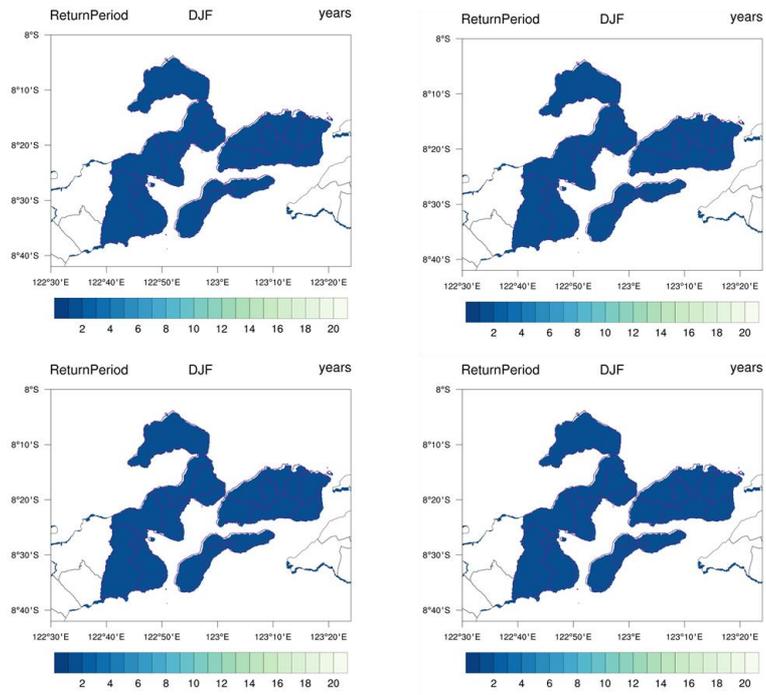
Gambar 6.61 Proyeksi Jumlah Hari Kering lebih dari 5 hari musiman 2021-2050 Model CSIRO dan MIROC



Gambar 6.62 Jumlah Curah Hujan baseline diatas persentile 95%



Gambar 6.63 Periode Ulang Curah Hujan Bulanan Di Bulan2 Basah (DJF) Di Atas 200mm



Gambar 6.64 Periode Ulang Curah Hujan Musim Hujan Di Atas 500 mm

6.4 Kesimpulan Interpretasi Proyeksi Iklim

Kompilasi proyeksi dan dampak perubahan iklim di Indonesia dan informasi tentang ekosistem dan/atau ekoregion memberikan manfaat untuk memahami area paling terdampak terkait dengan sektor fokus dan ekosistem yang ditumpangi atau didukung. Oleh karena itu, adaptasi perubahan iklim berbasis sektoral dan ekosistem dapat didefinisikan sebagai solusi terhadap tantangan yang dihadapi oleh sektor dan ekosistem tersebut. Hal ini penting karena ekosistem menyediakan layanan untuk mempertahankan kegiatan masing-masing sektor. Analisis dampak perubahan iklim di seluruh Indonesia disajikan pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Analisis regional mengenai iklim yang diproyeksikan sehubungan dengan ekosistem dan / atau ekoregional di Indonesia

Provinsi/Pulau	Ekosistem	Ekoregional	Potensi Dampak	Curah Hujan	
Sumatera					
Aceh		Ekoregional Laut <ul style="list-style-type: none"> ● Samudera Hindia dekat Sumatera Barat ● Selat Malaka Ekoregional daratan dan pulau <ul style="list-style-type: none"> ● ekoregional bukit Struktural ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Pantai struktural ekoregional bukit ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional daerah aliran sungai 		1. Rata-rata curah hujan DJF untuk periode 2032-2040 diproyeksikan berkurang 10% dan meningkat 40% 2. Peningkatan curah hujan tahunan di bagian utara. 3. Peningkatan curah hujan selama musim hujan (Januari, Februari), penurunan selama bulan Desember	1 2
Sumatera Utara	Ekosistem Danau Toba	Ekoregional laut <ul style="list-style-type: none"> ● Samudera Hindia ● Selat Malaka Ekoregional daratan dan pulau <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional bukit Struktural ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional gunung api ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional daratan pantai gambut ● ekoregional daratan Struktur ● ekoregional bukit Struktur ● ekoregional kompleks gunung Struktur ● ekoregional kompleks gunung api Struktur 	Sektor Pangan: Penurunan produktivitas padi	4. Penurunan selama Musim JJA	
Sumatera Barat		Ekoregional Laut <ul style="list-style-type: none"> ● Samudera Hindia Ekoregional daratan dan pulau <ul style="list-style-type: none"> ● Pantai structural ekoregional bukit ● ekoregional bukit Struktur ● ekoregional daratan Struktur 	Sektor Pangan: Penurunan produktivitas padi		

		<ul style="list-style-type: none"> ● ekoregional bukit Struktur ● ekoregional kompleks gunung Struktur ● ekoregional kompleks gunung api Struktur ● Ekoregional daerah aliran sungai ● ekoregional kompleks pegunungan Struktural selatan ● Ekoregional daerah aliran sungai 		
Riau	Ekosistem hutan rawa	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Selat Malaka ● Laut Natuna <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional daratan pantai gambut ● ekoregional daratan Struktural ● ekoregional bukit struktural ● ekoregional kompleks gunung struktural 		
Kepulauan Riau	Ekosistem Hutan Rawa	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Selat Malaka <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional bukit denudasional ● Ekoregional bukit struktural 		
Jambi		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Selat Malaka ● Selat Karimata <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daratan pantai gambut ● Ekoregional daratan struktural ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional kompleks gunung struktural 		
Bengkulu		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Samudera Hindia ● Samudera Hindia <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional bukit strukturalbeach ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional daerah aliran sungai 		

		<ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional daratan vulkanik 		
Sumatera Selatan	<ul style="list-style-type: none"> ● Ekosistem riparian tanaman pandan ● Ekosistem Pegunungan kapur Bukit Barisan 	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Selat Karimata ● Laut Jawa <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daratan pantai gambut ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional daratan vulkanik ● Ekoregional daerah aliran sungai 	Sektor pangan: Peningkatan tungro	
Kepulauan Bangka Belitung		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Selat Karimata <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional bukit denudasional 		
Lampung	Ekosistem terumbu karang	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Samudera Hindia ● Laut Jawa <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional bukit strukturalbeach ● Ekoregional daratan pantai gambut ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional daratan vulkanik 		
Jawa				
Banten	Ekosistem savana Ujung kulon	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Samudera Hindia ● Laut Jawa <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional bukit Ujung Kulon ● Ekoregional bukit vulkanik ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional daratan vulkanik ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional daratan organik/koral 	Sektor air: Mendukung habitat vektor demam berdarah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rata-rata curah hujan DJF untuk periode 2032-2040 diproyeksikan menurun 20% dan meningkat 20% 2. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 30% dan meningkat lebih dari 40% 3. Frekuensi curah hujan ekstrem DJF

Jawa Barat	<ul style="list-style-type: none"> • Ekosistem savanna Gunung Gede Pangrango • Ekosistem savana pangandaran 	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> • Samudera Hindia • Laut Jawa <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekoregional bukit Ujung Kulon • Ekoregional daerah aliran sungai • Ekoregional daratan vulkanik • Ekoregional kompleks gunung api Mountain • Ekoregional bukit struktural • Ekoregional daratan vulkanik • Ekoregional kompleks gunung api • Ekoregional bukit struktural • Ekoregional daratan vulkanik • Ekoregional kompleks gunung api • Ekoregional daratan organik/koral 	<p>Sektor kesehatan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Insiden DBD yang diarsipkan pada 5.095 orang di Bandung terinfeksi DBD pada tahun 2012 • Menurunkan kualitas udara • Meningkatkan infeksi dengue <p>Sektor bencana:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daerah rawan banjir • Curah hujan tinggi dengan frekuensi 4-5, 70-80 cm ketinggian air, genangan / durasi 15-16 hari. <p>Sektor ekosistem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • memperluas area rawan banjir • Secara signifikan mempengaruhi sosial ekonomi kondisi masyarakat tinggal di desa Patimban 	<p>untuk periode 2032-2040 berkurang 1% dan meningkat 2%</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Perubahan MAM hari kering musiman untuk periode 2032-2040 berkurang 4% dan meningkat 4% 5. Perubahan indeks DJF pada hari-hari kering musiman menurun 4% dan meningkat 4% 6. Curah hujan ekstrem SON berkurang 8% dan meningkat lebih dari 8% 7. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 menurun 31% dan meningkat 40% 8. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 21% dan meningkat lebih dari 40% 9. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 10% dan meningkat 40% 10. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 21% dan meningkat 20% 11. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 11% dan meningkat 20% 12. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 21% dan meningkat 40% 13. Curah hujan di DJF akan meningkat 14. Penurunan curah hujan selama musim kemarau di JJA (Agustus)
DKI Jakarta		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> • Laut Jawa <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekoregional daerah aliran sungai • Ekoregional daratan vulkanik • Ekoregional daratan organik/koral 	<p>Sektor air:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kekurangan air • Meningkatnya polusi sungai <p>Sektor bencana:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Banjir pasang surut • banjir 	<ol style="list-style-type: none"> 10. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 21% dan meningkat 20% 11. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 11% dan meningkat 20% 12. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 21% dan meningkat 40% 13. Curah hujan di DJF akan meningkat 14. Penurunan curah hujan selama musim kemarau di JJA (Agustus)
Jawa Tengah	Ekosistem savanna Dieng	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> • Samudera Hindia • Laut Jawa <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekoregional daerah aliran sungai • Ekoregional kompleks gunung api Mountain • Ekoregional bukit struktural • Ekoregional daerah aliran sungai • Ekoregional kompleks gunung api 	<p>Sektor pangan:</p> <p>penurunan produksi jagung hingga 50% (dari 4246 kg / Ha menjadi 2269 kg / Ha)</p> <p>Sektor air:</p> <p>Kekurangan air dan kualitas air tidak baik untuk konsumsi</p>	<ol style="list-style-type: none"> 12. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 21% dan meningkat 40% 13. Curah hujan di DJF akan meningkat 14. Penurunan curah hujan selama musim kemarau di JJA (Agustus)

		<ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daratan struktural ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional daratan vulkanik ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional bukit gunung kapur ● Ekoregional daratan organik/koral 	<p>Sektor ekosistem: Keseimbangan hidrologi berdampak pada sumber daya pertanian, air bersih, dan perikanan air tawar</p>	<p>15. Peningkatan curah hujan rata-rata di seluruh wilayah Jawa Timur mulai dari 17 - 79% (September, Oktober, November)</p> <p>16. Proyeksi iklim pada bulan Juni, Juli dan Agustus, ada peningkatan curah hujan hingga 52% di Kabupaten Jombang dan Mojoketo, sementara di Kabupaten Sidoarjo, turun sebesar 41%. Penurunan curah hujan terjadi pada bulan Desember hingga Mei, dibandingkan dengan kondisi saat ini</p>
DI Yogyakarta	Ekosistem kapur Gunungsewu	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Samudera Hindia ● Laut Jawa <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daratan vulkanik ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional bukit gunung kapur ● Ekoregional daratan organik/koral 	<p>Sektor kesehatan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) tertinggi ● Peningkatan penularan vektor (demam berdarah) 	
Jawa Timur	<ul style="list-style-type: none"> ● Ekosistem savana bromo tengger ● Ekosistem savana Baluran ● Ekosistem savana alas purwo 	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Samudera Hindia ● Laut Jawa <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional daratan struktural ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional daratan vulkanik ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional bukit gunung kapur ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional daratan organik/koral ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional daratan vulkanik ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional daratan vulkanik ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional daerah aliran sungai 	<p>Sektor pangan: Meningkatkan produksi kedelai hingga 27.31%</p> <p>Sektor air:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Kekeringan dan kekurangan air ● Kemungkinan kematian tertinggi dalam banjir ekstrem <p>Sektor kesehatan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) tertinggi ● Meningkatkan kasus DBD ● Meningkatkan penggunaan bahan kimia di gedung 	

		<ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daratan struktural ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional kompleks gunung api 		
Bali dan Nusa Tenggara				
Bali	Ekosistem savana Bali barat	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Perairan Bali dan Nusa Tenggara <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional bukit vulkanik ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional daratan organik/koral 	<p>Sektor pangan: Kesesuaian lahan berdasarkan kondisi iklim untuk produksi padi berkurang hingga 20%</p> <p>Sektor perairan Menurunkan populasi ikan</p>	Rata-rata curah hujan DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 20% dan meningkat lebih dari 40%
Nusa Tenggara Timur	<ul style="list-style-type: none"> ● Ekosistem terumbu karang ● Ekosistem savanna Komodo ● Ekosistem savanna Marunara 	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Perairan Bali dan Nusa Tenggara <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional bukit vulkanik ● Ekoregional daratan organik / koral ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional daratan organik / koral ● Ekoregional bukit struktural ● Mountain ecoregion complex vulkanik ● Ekoregional daratan organik / koral ● Ekoregional kompleks gunung denudasional ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional bukit denudasional ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional kompleks gunung struktural 		
Nusa Tenggara Barat		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Perairan Bali dan Nusa Tenggara <p>Ekoregional daratan dan pulau</p>	<p>Sektor ekosistem:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Kekeringan menyebabkan situasi yang sulit bagi tanaman baru untuk beradaptasi 	

		<ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional bukit vulkanik ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional daratan ● Ekoregional daratan organik / koral ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional bukit kapur 	dengan lingkungan yang berubah <ul style="list-style-type: none"> ● Mengurangi konservasi sumber daya air kawasan hutan 		
Kalimantan					
Kalimantan Barat	Ekosistem Hutan rawa	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Selat Karimata ● Laut Jawa <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daratan gambut ● Ekoregional daratan struktural ● Ekoregional kompleks gunung denudasional ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional kompleks gunung denudasional ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional daratan pantai struktural 	<p>Sektor air:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Meningkatkan emisi CO2 di daratan. ● Penurunan muka air tanah gambut ● 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rata-rata curah hujan DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 30% dan meningkat 20% 2. Meningkatkan hingga 20% khususnya di bagian utara dan timur wilayah untuk periode 2046-2065 dan 2081-2100 3. Curah hujan tahunan berubah yang akan meningkat di bagian utara Indonesia. Peningkatan klimatologi curah hujan tahunan sebagian besar lebih menonjol di bagian timur Indonesia 4. Klimatologi curah hujan di DJF akan meningkat 5. Penurunan selama Musim JJA 6. Selama periode transisi dalam SON, beberapa daerah akan memiliki lebih banyak 7. Tingkatkan curah hujan selama musim hujan selama 	1 2
Kalimantan Utara		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Laut Sulawesi <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional kompleks gunung api denudasional ● Ekoregional daratan pantai ● Ekoregional daratan gambut ● ekoregional bukit kapur solusional ● Ekoregional daratan pantai struktural 			
Kalimantan Tengah	Ekosistem Hutan Rawa	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Laut Jawa <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional daratan gambut 			

		<ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional kompleks gunung denudasional ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional daratan struktural ● Ekoregional daratan pantai struktural 		<p>Januari, turun selama Desember.</p> <p>8. Pada tahun 2026-2050, anomali curah hujan bulanan yang melebihi 200 mm / bulan diproyeksikan akan meningkat</p>	
Kalimantan Selatan		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Laut Jawa ● Selat Makassar <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional daratan gambut ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional bukit kapur solusional ● Ekoregional daratan struktural ● Ekoregional daratan pantai struktural 	Sektor kesehatan Mendukung habitat vektor demam berdarah dan pertumbuhan virus		
Kalimantan Timur	Ekosistem kapur Sangkulirang-Mangkalihat	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Selat Makassar <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional kompleks gunung api denudasional ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional bukit kapur solusional ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional daratan pantai ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional daratan Pantai struktural 	Sektor kesehatan Meningkatkan kasus DBD		
Sulawesi					
Gorontalo		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Laut Sulawesi ● Teluk Tomini <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional bukit struktural 		<p>1. Rata-rata curah hujan DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 1% dan meningkat 3%</p> <p>2. Curah hujan musiman DJF untuk periode 2032-2040 berkurang lebih dari</p>	<p>1</p> <p>2</p>

Sulawesi Utara	<ul style="list-style-type: none"> ● Ekosistem terumbu karang ● Ekosistem danau Tomohon 	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Laut Sulawesi ● Teluk Tomini ● Laut Halmahera <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional bukit vulkanik 		<p>40% dan meningkat moe dari 40%</p> <p>3. Perubahan jumlah ekstrem curah hujan DJF pada periode 2032-2040 berkurang 3% dan meningkat 2%</p> <p>4. Perubahan DJF hari kering musiman pada periode 2032-2040 berkurang lebih dari 4% dan meningkat 4%</p>	3 4
Sulawesi Barat		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Selat Makassar <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional kompleks gunung struktural 		<p>5. Perubahan indeks DJF pada hari-hari kering musiman menurun 4% dan meningkat 4%</p>	5
Sulawesi Tengah		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Laut Sulawesi ● Selat Makassar ● Teluk Tomini ● Laut banda sebelah timur sulawesi <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional bukit kapur 		<p>6. Perubahan DJF hari basah berturut-turut berkurang 4% dan meningkat lebih dari 4%</p> <p>7. Curah hujan ekstrem DJF berkurang 8% dan meningkat lebih dari 8%</p> <p>8. Curah hujan musiman DJF pada periode 2032-2040 berkurang 10% dan meningkat 20%</p>	
Sulawesi Selatan	<ul style="list-style-type: none"> ● ekosistem danau Matano ● ekosistem riparian area tumpah ● Ekosistem kapur Bantimurung-maros 	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Selat Makassar ● Laut banda sebelah selatan sulawesi <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional daerah aliran sungai 	<p>Sektor pangan: Mengurangi produksi pangan dan meningkatkan bahaya</p> <p>Sektor Kesehatan Meningkatkan populasi dan kasus DBD</p>	<p>9. Curah hujan musiman DJF 2032-2040 berkurang 31% dan meningkat lebih dari 40%</p> <p>10. Curah hujan musiman DJF 2032-2040 berkurang lebih dari 40% dan meningkat lebih dari 40%</p>	
Sulawesi Tenggara		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● laut banda sebelah timur Sulawesi ● Laut banda sebelah selatan sulawesi <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional kompleks gunung struktural 		<p>11. Curah hujan musiman DJF 2032-2040 berkurang 21% dan meningkat lebih dari 40%</p> <p>12. Curah hujan musiman DJF 2032-2040 berkurang 31% dan meningkat 20%</p> <p>13. Curah hujan musiman DJF 2032-</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional bukit struktural ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional daerah aliran sungai 		<p>2040 berkurang lebih dari 40% dan meningkat lebih dari 40%</p> <p>14. Curah hujan turun selama musim JJA</p> <p>15. Pada 2026-2050, anomali curah hujan bulanan melebihi 200 mm / bulan diproyeksikan akan meningkat</p> <p>16. Dari Proyeksi Iklim 2032-2040 Sulawesi menuju 2006-2014 (BMKG, 2016), curah hujan rata-rata dari Maret hingga Mei meningkat 11-30%,</p>
Maluku				
Maluku Utara	Ekosistem terumbu karang	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Laut Halmahera ● Laut banda sebelah timur sulawesi <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional kompleks gunung denudasional ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional kompleks gunung api ● Ekoregional bukit kapur 	Sektor kesehatan Meningkatkan kasus malaria	<p>1. Proyeksi curah hujan menunjukkan bahwa Pulau Buru, Ambon, dan Seram dapat mengalami penurunan curah hujan di semua musim. Sementara pulau-pulau di selatan dan Aru hanya akan mengalami penurunan curah hujan dari Desember hingga Mei.</p>
Maluku	<ul style="list-style-type: none"> ● Ekosistem terumbu karang ● ekosistem hutan rawa 	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Perairan Bali dan Nusa Tenggara <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ekoregional daerah aliran sungai ● Ekoregional daratankarst ● Ekoregional daratan struktural ● Ekoregional kompleks gunung denudasional ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional kompleks gunung struktural ● Ekoregional bukit kapur ● Ekoregional bukit struktural 	Sektor ekosistem Intensitas kematian terumbu karang lebih tinggi dari 43,6% dan pemutihan karang	<p>2. Rata-rata curah hujan DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 10% dan meningkat 20%</p>
Papua				

Papua Barat		<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> • Laut seram dan Teluk bentuni • Samudera Pasifik sebelah utara Papua <p>Ekoregional daratan dan pulau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekoregional daratan pantai • Ekoregional daerah aliran sungai • Ekoregional daratanpeat • Ekoregional daratan organik / koral • Ekoregional daratan struktural • Ekoregional kompleks gunung struktural 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Rata-rata curah hujan DJF untuk periode 2032-2040 berkurang 10% dan meningkat 20% 2. Meningkatkan hingga 20% khususnya di bagian utara dan timur wilayah untuk periode 2046-2065 dan 2081-2100 3. Curah hujan tahunan berubah yang akan meningkat di bagian utara Indonesia. Peningkatan curah hujan klimatologis tahunan sebagian besar lebih menonjol di bagian timur Indonesia
Papua	<ul style="list-style-type: none"> • Ekosistem terestrial • Ekosistem hutan rawa • Ekosistem Kapur Lorentz • Ekosistem Savana Lorentz 	<p>Ekoregional Laut</p> <ul style="list-style-type: none"> • Samudera Pasifik di Utara Papua • Teluk Cendrawasih • Laut Arafura <p>Daratan dan Pulau Ekoregional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekoregional daerah pantai • Ekoregional daerah aliran sungai • Ekoregional dataran gambut • Glasial kompleks ekoregional gunung • Struktur kompleks ekoregional gunung • Ekoregional bukit kapur • Ekoregional bukit struktural 		<ol style="list-style-type: none"> 4. Curah hujan klimatologis di DJF akan meningkat

7 Daftar Pustaka

- (APIK), U. A. P. I. D. K. (2017) 'Laporan Kajian Kerentanan Dan Risiko Iklim Daerah Aliran Sungai Brantas Hulu Provinsi Jawa Timur'.
- (APIK), U. A. P. I. D. K. (2018a) *Kajian Kerentanan dan Risiko Iklim Daerah Aliran Sungai Brantas Hulu Provinsi Jawa Timur*.
- (APIK), U. A. P. I. D. K. (2018b) *Kajian Kerentanan dan Risiko Iklim Daerah Aliran Sungai Brantas Hilir Provinsi Jawa Timur*.
- (APIK), U. A. P. I. D. K. (2018c) *Kajian Kerentanan dan Risiko Iklim Provinsi Jawa Timur*.
- (APIK), U. A. P. I. D. K. (2018d) *Kajian Kerentanan dan Risiko Iklim Provinsi Maluku*.
- Ali, K. and Ma'rufi, I. (2016) 'Study of Factors Caused Dengue Haemorrhagic Fever Case Study: Pasuruan, Jawa Timur-Indonesia', *Journal of Medical and Bioengineering*, 5(2), pp. 108–112. doi: 10.18178/jomb.5.2.108-112.
- Ali, K. and Ma'Rufi, I. (2018) 'The relationship between rainfall and dengue hemorrhagic fever incidence during 2009–2013 (Case study at Grati and Tukur Sub-district, Pasuruan, Indonesia)', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 200(1). doi: 10.1088/1755-1315/200/1/012031.
- Andini, A. *et al.* (2016) 'Assessment of the proportion of crop residues subject to open burning available as energy feedstock in Indonesia', *Energy & Climate Change: Innovating for a Sustainable Future*, (November), pp. 28–31.
- Andreas, H. *et al.* (2017) 'Early pictures of global climate change impact to the coastal area (north west of demak central Java Indonesia)', *AIP Conference Proceedings*, 1857(January 2018). doi: 10.1063/1.4987101.
- Astiani, D. *et al.* (2017) 'Effects of Drainage Ditches on Water Table Level, Soil Conditions and Tree Growth of Degraded Peatland Forests in West Kalimantan', *Indonesian Journal of Forestry Research*, 4(1), pp. 15–25. doi: 10.20886/ijfr.2017.4.1.15-25.
- ASTIANI, D. (2016) 'Effects of water table level on soil CO₂ respiration in West Kalimantan forested and bare peatland: An experimental stage', *Nusantara Bioscience*, 8(2), pp. 201–206. doi: 10.13057/nusbiosci/n080211.
- ASTIANI, D. *et al.* (2018) 'Enhancing water levels of degraded, bare, tropical peatland in West Kalimantan, Indonesia: Impacts on CO₂ emission from soil respiration', *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(2), pp. 472–477. doi: 10.13057/biodiv/d190221.
- Astuti, E. P. *et al.* (2019) 'Paediatric dengue infection in Cirebon, Indonesia: A temporal and spatial analysis of notified dengue incidence to inform surveillance', *Parasites and Vectors*. BioMed Central, 12(1), pp. 1–12. doi: 10.1186/s13071-019-3446-3.
- AUSAID. (2011). Dampak perubahan iklim terhadap penghidupan masyarakat di Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia *NTB Scenario Planning Workshop Report*. Bali: AUSAID.
- Azhar, K., Marina, R. and Anwar, A. (2018) 'A prediction model of Dengue incidence using climate variability in Denpasar city', *Health Science Journal of Indonesia*, 8(2), pp. 68–73. doi: 10.22435/hsji.v8i2.6952.68-73.
- Barkey, R. *et al.* (2019) 'Climate change impacts related flood hazard to communities around Bantimurung Bulusaraung National Park, Indonesia', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 235(1). doi: 10.1088/1755-1315/235/1/012022.
- Berry, P. *et al.* (2018) 'Assessing health vulnerabilities and adaptation to climate change: A review of international progress', *International Journal of Environmental Research and Public*

- Health*, 15(12). doi: 10.3390/ijerph15122626.
- BMKG (2019a) *Ekstrem Perubahan Iklim*. Available at: <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=ekstrem-perubahan-iklim>.
- BMKG (2019b) *Proyeksi Perubahan Iklim*. Available at: <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=proyeksi-perubahan-iklim>.
- BMKG (2019c) *Tren Curah Hujan, Perubahan Iklim*. Available at: <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=tren-curah-hujan>.
- BMKG (2019d) *Tren Suhu*. Available at: <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=tren-suhu>.
- BPS. (2018a). *Flores Timur Dalam Angka*. Flores Timur: BPS Kabupaten Flores Timur.
- BPS. (2018b). *Kabupaten Bima Dalam Angka* (W. H. Wiradinatha & N. P. N. A. W Eds.). Kabupaten Bima: BPS Kabupaten Bima
- BPS. (2018c). *Kabupaten Lembata Dalam Angka*. Lembata: BPS Kabupaten Lembata
- Boer, R. et al. (2017) *Indonesia Third National Communication Under UNFCCC*. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/8360571_Indonesia-NC3-2-Third National Communication - Indonesia - editorial refinement 13022018.pdf.
- Budiyono, Y. et al. (2016) 'River flood risk in Jakarta under scenarios of future change', *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(3), pp. 757–774. doi: 10.5194/nhess-16-757-2016.
- Caruso, R., Petrarca, I. and Ricciuti, R. (2016) *Climate Change, Rice Crops and Violence. Evidence from Indonesia*. 4665. Munich. Available at: www.SSRN.com.
- Clive A, M. et al. (2018) 'Forest loss and Borneo ' s climate', *Environmental Research Letters*, 13.
- DAI (2017) *Kajian Kerentanan dan Risiko Iklim Daerah Aliran Sungai Brantas Hilir Provinsi Jawa Timur*.
- DAI (2018) *Kajian Kerentanan dan Risiko Iklim Provinsi Sulawesi Tenggara*. Sulawesi Tenggara.
- Emam, A. R. et al. (2016) 'Impact assessment of climate and land-use changes on flooding behavior in the upper ciliwung river, jakarta, Indonesia', *Water (Switzerland)*, 8(12). doi: 10.3390/w8120559.
- Fadillah, A. Y. (2019) *Analisis Tingkat Risiko Bencana Angin Puting Beliung Memanfaatkan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Di Kota Semarang*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Gaveau, D. L. A. et al. (2016) 'Rising floodwaters: mapping impacts and perceptions of flooding in Indonesian Borneo', *Environmental Research Letters*. IOP Publishing, 11(6), p. 064016. doi: 10.1088/1748-9326/11/6/064016.
- Gunawan, H. et al. (2017) 'Incorporating Air Quality Improvement at a Local Level into Climate Policy in the Transport Sector: A Case Study in Bandung City, Indonesia', *Environments*, 4(3), p. 45. doi: 10.3390/environments4030045.
- Haryanto, B. (2016) 'Climate Change and Human Health Scenario in South and Southeast Asia', (January 2016). doi: 10.1007/978-3-319-23684-1.
- Hasyim, H. et al. (2018) 'Spatial modelling of malaria cases associated with environmental factors in South Sumatra, Indonesia', *Malaria Journal*. BioMed Central, 17(1), pp. 1–15. doi: 10.1186/s12936-018-2230-8.
- Hildebrandt, S. et al. (2019) 'Indoor air quality and health in newly constructed apartments in developing countries: A case study of Surabaya, Indonesia', *Atmosphere*, 10(4). doi: 10.3390/atmos10040182.
- Iswoyo, H. et al. (2019) 'Empowering upland farmers to become more resilient towards climate change - Experiences from Toraja, Indonesia', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 235(1). doi: 10.1088/1755-1315/235/1/012039.
- Jaya, I. G. N. M. et al. (2016) 'Bayesian Spatial Modeling and Mapping of Dengue Fever: A Case

- Study of Dengue Fever in the City of Bandung, Indonesia', *International Journal of Applied Mathematics & Statistics*, 54(3), pp. 94–103.
- Kesetyaningsih, T. W. *et al.* (2018) 'Determination of environmental factors affecting dengue incidence in Sleman District, Yogyakarta, Indonesia', *African Journal of Infectious Diseases*, 12(Special Issue 1), pp. 13–25. doi: 10.2101/Ajid.12v1S.3.
- Kim, S. *et al.* (2016) 'Rising floodwaters : mapping impacts and perceptions of flooding in Indonesian Borneo'. IOP Publishing.
- Kirono, D. G. C. *et al.* (2016) 'Historical and future seasonal rainfall variability in Nusa Tenggara Barat Province, Indonesia: Implications for the agriculture and water sectors', *Climate Risk Management*. Elsevier B.V., 12, pp. 45–58. doi: 10.1016/j.crm.2015.12.002.
- Kumar, P. *et al.* (2017) 'Current assessment and future outlook for water resources considering climate change and a population burst: A case study of Ciliwung River, Jakarta City, Indonesia', *Water (Switzerland)*, 9(6). doi: 10.3390/w9060410.
- Kurniawan, F. *et al.* (2016) 'Vulnerability assessment of small islands to tourism: The case of the Marine Tourism Park of the Gili Matra Islands, Indonesia', *Global Ecology and Conservation*. Elsevier B.V., 6, pp. 308–326. doi: 10.1016/j.gecco.2016.04.001.
- Kusumasari, B. (2016) 'Climate Change and Agricultural Adaptation in Indonesia', *MIMBAR, Jurnal Sosial dan Pembangunan*, 32(2), p. 243. doi: 10.29313/mimbar.v32i2.1841.
- Kuswanto, H. *et al.* (2018) 'On the Impact of Climate Change to Agricultural Productivity in East Java', *Journal of Physics: Conference Series*, 979(1). doi: 10.1088/1742-6596/979/1/012092.
- Lasut, R. A., Kaunang, W. P. J. and Kalesaran, A. F. C. (2016) 'Hubungan Variabilitas Iklim Dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue (Dbd) Di Kabupaten Minahasa Utara Tahun 2014-2016', *Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado*, 9(3), pp. 1–12. doi: 10.1080/13604813.2011.595107.
- Magfiroh, I. S., Zainuddin, A. and Setyawati, I. K. (2018) 'Maize Supply Response in Indonesia', *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*, 12(1), p. 47. doi: 10.30908/bilp.v12i1.309.
- Manoli, G. *et al.* (2018) 'Ecohydrological changes after tropical forest conversion to oil palm', *Environmental Research Letters*, 13(6). doi: 10.1088/1748-9326/aac54e.
- Marhaento, H., Booij, M. J. and Hoekstra, A. Y. (2017) 'Attribution of changes in stream flow to land use change and climate change in a mesoscale tropical catchment in Java, Indonesia', *Hydrology Research*, 48(4), pp. 1143–1155. doi: 10.2166/nh.2016.110.
- McGregor, J. L. *et al.* (2016) 'High-resolution climate projections for the islands of Lombok and Sumbawa, Nusa Tenggara Barat Province, Indonesia: Challenges and implications', *Climate Risk Management*. Elsevier B.V., 12(March 2015), pp. 32–44. doi: 10.1016/j.crm.2015.10.001.
- Nastiti, S. I. W. *et al.* (2018) 'A climate risk assessment of clean water supply in an urban area: A case study of South Tangerang city, Indonesia', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 129(1). doi: 10.1088/1755-1315/129/1/012027.
- Ningsih, F. and Junaidi Zakaria, I. (2016) 'The microhabitat preferences of mosquito genus Aedes (Diptera: Culicidae) in Padang, West Sumatra, Indonesia', ~ 36 ~ *International Journal of Mosquito Research International Journal of Mosquito Research*, 3(5), pp. 36–40.
- Nuning Irnawulan, I. and Kasman, K. (2018) 'the Effect of Climate Factors for Dengue Hemorrhagic Fever in Banjarmasin City, South Kalimantan Province, Indonesia, 2012-2016', *Public Health of Indonesia*, 4(3), pp. 121–128. Available at: <http://stikbar.org/ycabpublisher/index.php/PHI/index>.
- Pamungkas, A., Bekessy, S. and Lane, R. (2017) 'Adaptations Assessment on the Impacts of

- Flooding Under Current Condition and Climate Change Scenario, Case Study: Centini Village, Indonesia', *Tataloka*, 19(3), p. 163. doi: 10.14710/tataloka.19.3.163-174.
- Perdinan (2016) *Progress on Climate Change Vulnerability, Risk, Impact and Adaptation: Challenges and Opportunities*.
- Qaiyim, A. (2018) 'DI KABUPATEN PAMEKASAN (Studi Kasus Banjir, Longsor dan Kekeringan di Pamekasan 2007)', *Journal of Management and Accounting*, 1(2), pp. 153–168.
- Rahman, F., Sukmono, A. and Yuwono, B. D. (2017) 'Analisis Kekeringan Pada Lahan Pertanian Menggunakan Metode Nddi Dan Perka Bnpb Nomor 02 Tahun 2012 (Studi Kasus: Kabupaten Kendal Tahun 2015)', *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), pp. 274–284.
- Ratnawati, H. I., Aldrian, E. and Soepardjo, A. H. (2018) 'Variability of evaporation-precipitation (E-P) and sea surface salinity (SSS) over Indonesian maritime continent seas', *AIP Conference Proceedings*, 2023(October). doi: 10.1063/1.5064249.
- Ratri, D. N., & Hariadi, M. H. (2014). *Simulation of rainfall over West Nusa Tenggara province based on ECHAM5/MPI-OM AND GFDL CM2.1. Meteorologi dan Geofisika*, 15-2(Perubahan iklim), 87-98.
- Rejeki, D. S. S. et al. (2018) 'A Time Series Analysis: Weather Factors, Human Migration and Malaria Cases in Endemic Area of Purworejo, Indonesia, 2005-2014.', *Iranian journal of public health*, 47(4), pp. 499–509. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29900134> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5996329>.
- Riadi, B. (2018) 'Analisis Spasial Risiko Bahaya Banjir Di Lahan Sawah Di Kabupaten Karawang', *Seminar Nasional Geomatika*, 2(February), p. 233. doi: 10.24895/sng.2017.2-0.424.
- Rizal, A. and Anna, Z. (2019) 'Climate Change and Its Possible Food Security Implications Toward Indonesian Marine and Fisheries', 22(December 2018), pp. 119–128.
- Rizaldi, B. et al. (2017) *Third National Communication Under the United Nations Framework Convention on Climate Change*.
- Rondhi, M. et al. (2019) 'Assessing the Role of the Perceived Impact of Climate Change on National Adaptation Policy: The Case of Rice Farming in Indonesia', *Land*, 8(5), p. 81. doi: 10.3390/land8050081.
- Sartimbul, A. et al. (2017) 'Change in Species Composition and Its Implication on Climate Variation in Bali Strait: Case Study in 2006 and 2010', 4(2), pp. 1–7. doi: 10.17501/icfa.2016.3101.
- Semuel, S. and Ivon, A. (2012) 'Climatology Influence on Malaria Cases in Alusi Community Health Center, West Southeast Maluku Regency', *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2(24), pp. 176–183.
- Sofyan, I. (2011). Memahami dan mengantisipasi dampak perubahan iklim pada pesisir daerah laut Indonesia bagian timur. *Meteorologi dan Geofisika*, 12-1(Perubahan iklim), 53-64.
- Suharini, E., Pratiwi, E. S. and Hanafi, F. (2019) 'Subsurface investigation of seawater intrusion and its impact to the domestic water fulfillment in Pekalongan City, Indonesia', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 243(1). doi: 10.1088/1755-1315/243/1/012003.
- Suherianti, S., Mayub, A. and Farid, M. (2018) 'Potensi Rawan Banjir Kecamatan Muara Bangkahulu Sebagai Penunjang Pembelajaran Materi Pemanasan Global Di Smpn 11 Kota Bengkulu', *PENDIPA Journal of Science Education*, 2(1). doi: 10.33369/pendipa.v2i1.4423.
- Sulistiyawati, S., Mulasari, S. A. and Sukesri, T. W. (2018) 'Assessment of Knowledge regarding Climate Change and Health among Adolescents in Yogyakarta, Indonesia', *Journal of Environmental and Public Health*, 2018, pp. 1–7. doi: 10.1155/2018/9716831.
- Susandi, A. (2010). *Bencana Perubahan Iklim Global dan Proyeksi Perubahan Iklim Indonesia*.
- Susiloningtyas, D., Handayani, T. and Amalia, A. N. (2018) 'The Impact of Coral Reefs Destruction

- and Climate Change in Nusa Dua and Nusa Penida, Bali, Indonesia', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 145(1). doi: 10.1088/1755-1315/145/1/012054.
- Takama, T. *et al.* (2017) 'Identified vulnerability contexts for a paddy production assessment with climate change in Bali, Indonesia', *Climate and Development*, 9(2), pp. 110–123. doi: 10.1080/17565529.2016.1167658.
- Tanti Novianti, S. S. B. R. O. (2017) 'How far climate change affects the Indonesian paddy production and rice price volatility?', *International Journal of Agricultural Sciences*, 1(1), p. 1. doi: 10.25077/ijasc.1.1.1-11.2017.
- Tosepu, R., Tantrakarnapa, K., Nakhapakorn, K., *et al.* (2018) 'Climate variability and dengue hemorrhagic fever in Southeast Sulawesi Province, Indonesia', *Environmental Science and Pollution Research*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(15), pp. 14944–14952. doi: 10.1007/s11356-018-1528-y.
- Tosepu, R., Tantrakarnapa, K., Worakhunpiset, S., *et al.* (2018) 'Climatic Factors Influencing Dengue Hemorrhagic Fever in Kolaka District, Indonesia', *Environment and Natural Resources Journal*, 16(2), pp. 1–10. doi: 10.14456/enrj.2018.10.
- Weiland, F. C. S., Vanbeek, L. P. H., Kwadijk, J. C. J., & Bierkens, M. F. P. (2010). The Ability of A GCM-Forced Hydrological Model to Reproduce Global Discharge Variability. *Hydrology and Earth System Science Journal*, 14p, 1595-1621.
- Wijayanti, S. P. M. *et al.* (2016) 'The Importance of Socio-Economic Versus Environmental Risk Factors for Reported Dengue Cases in Java, Indonesia', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10(9), pp. 1–15. doi: 10.1371/journal.pntd.0004964.
- Wilby, R. L., J. Troni, Y. Biot, L. Tedd, B. C. Hewitson, D. M. Smith, and R. T. Sutton. 2009. "A review of climate risk information for adaptation and development planning." *International Journal of Climatology* no. 29 (9):1193-1215.
- Wyne, G. P. (2013). The Beginner's Guide to Representative Concentration Pathways. Sceptical Science. . <http://gpwayne.wordpress.com>.