

**Pelatihan CAP – Day 2**

# **Basis Ilmiah Perubahan Iklim Tingkat Kota**

**Akhmad Faqih, PhD**

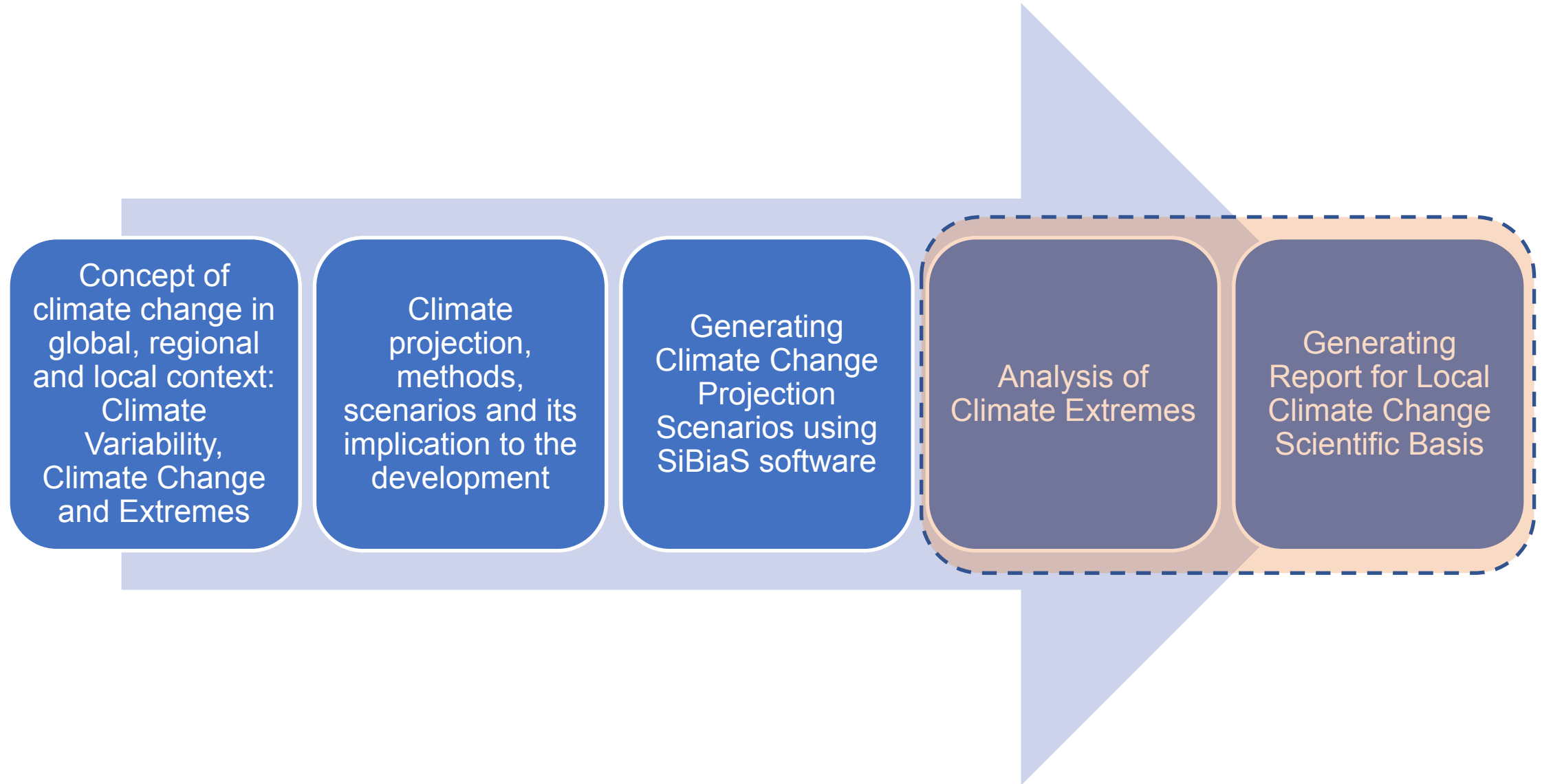
Department of Geophysics and Meteorology

Faculty of Mathematics and Natural Sciences

IPB University



# Materi Pelatihan



# Modul Pelatihan

## TRAINING MODULE FOR STATISTICAL DOWNSCALING (IN BAHASA)

Proyeksi Iklim menggunakan Luaran GCM CMIP5:  
Statistical Bias Correction for Climate Scenarios  
(SiBiaS) versi 1.2 [Panduan Pengguna]

Departemen Geofisika dan Meteorologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Pertanian Bogor  
2021



## MODUL

Variabilitas dan Perubahan Iklim serta  
Pemodelan Iklim menggunakan *Statistical  
Downscaling*  
2021

Akhmad Faqih  
Email : akhmadfaqih@gmail.com

Departemen Geofisika dan Meteorologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
IPB University



## TRAINING MODULE Analisis Iklim Ekstrem dan Peluang Climate-Related Hazard

Akhmad Faqih  
Email: akhmadfaqih@gmail.com

Departemen Geofisika dan Meteorologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Pertanian Bogor  
2021

2021

Template Penulisan  
Laporan Basis Saintifik  
Perubahan Iklim di Wilayah Perkotaan

Akhmad Faqih

Departemen Geofisika dan Meteorologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Pertanian Bogor





# Analisis Indeks Ekstrim

Historis dan Proyeksi





# MENGAPA PERLU KAJIAN IKLIM DI INDONESIA?

## 3. Perubahan Cuaca dan Iklim Ekstrem yang Spesifik Wilayah

*“Ada bukti dari pengamatan yang dikumpulkan sejak 1950 tentang perubahan di beberapa ekstrem. Keyakinan pada perubahan ekstrem yang teramati bergantung pada kualitas dan kuantitas data dan ketersediaan studi yang menganalisis data ini, yang **bervariasi antar wilayah dan untuk berbagai ekstrem**. Menetapkan 'kepercayaan rendah' dalam perubahan yang diamati dalam ekstrem tertentu pada skala regional atau global tidak menyiratkan atau mengecualikan kemungkinan perubahan ekstrem ini”.*

### IPCC (2012)

*“Perubahan iklim dapat menyebabkan terjadinya perubahan frekuensi, luasan wilayah, durasi dan waktu terjadinya kejadian cuaca dan iklim ekstrem, dan dapat menyebabkan terjadinya kejadian cuaca dan iklim ekstrem yang belum pernah terjadi sebelumnya”.*

IPCC (2012)



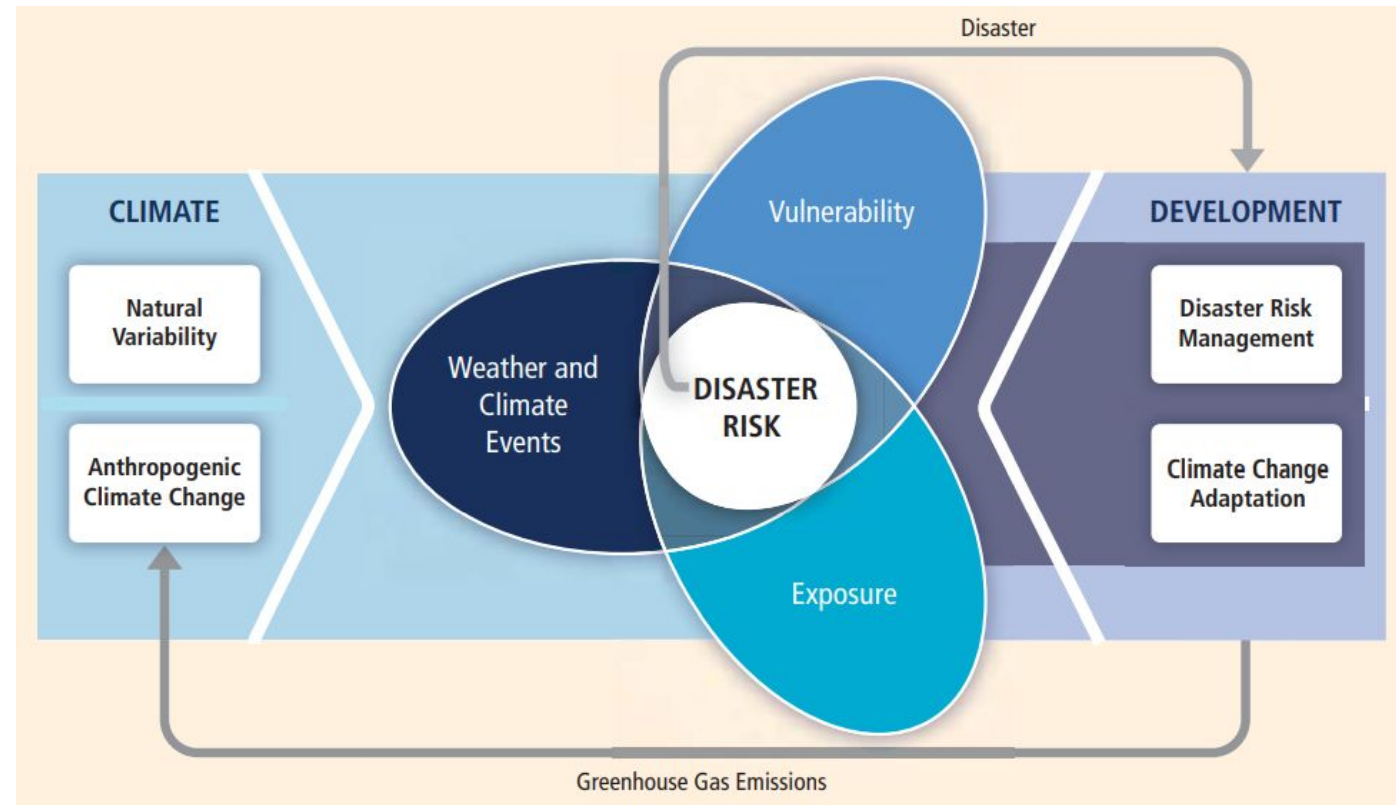
# MENGAPA PERLU KAJIAN IKLIM DI INDONESIA?

## 4. Sebagai Basis Strategi Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim Di Indonesia

Basis saintifik terutama dalam skala regional maupun lokal diperlukan untuk kajian risiko bencana iklim terutama terkait dengan kejadian cuaca dan iklim ekstrem.

**Manajemen risiko bencana** khususnya dalam kaitan dengan perubahan iklim diperlukan dalam pengembangan strategi adaptasi untuk pengurangan risiko bencana dan manajemen bencana.

Basis saintifik juga diperlukan sebagai basis dalam melakukan mitigasi perubahan iklim





# MENGAPA PERLU KAJIAN IKLIM DI INDONESIA?

		Observed Changes (since 1950)	Attribution of Observed Changes	Projected Changes (up to 2100) with Respect to Late 20th Century
Weather and Climate Variables	Temperature (Section 3.3.1)	<i>Very likely</i> decrease in number of unusually cold days and nights at the global scale. <i>Very likely</i> increase in number of unusually warm days and nights at the global scale. <i>Medium confidence</i> in increase in length or number of warm spells or heat waves in many (but not all) regions. <i>Low or medium confidence</i> in trends in temperature extremes in some subregions due either to lack of observations or varying signal within subregions. [Regional details in Table 3-2]	<i>Likely</i> anthropogenic influence on trends in warm/cold days/nights at the global scale. No attribution of trends at a regional scale with a few exceptions.	<i>Virtually certain</i> decrease in frequency and magnitude of unusually cold days and nights at the global scale. <i>Virtually certain</i> increase in frequency and magnitude of unusually warm days and nights at the global scale. <i>Very likely</i> increase in length, frequency, and/or intensity of warm spells or heat waves over most land areas. [Regional details in Table 3-3]
	Precipitation (Section 3.3.2)	<i>Likely</i> statistically significant increases in the number of heavy precipitation events (e.g., 95th percentile) in more regions than those with statistically significant decreases, but strong regional and subregional variations in the trends. [Regional details in Table 3-2]	<i>Medium confidence</i> that anthropogenic influences have contributed to intensification of extreme precipitation at the global scale.	<i>Likely</i> increase in frequency of heavy precipitation events or increase in proportion of total rainfall from heavy falls over many areas of the globe, in particular in the high latitudes and tropical regions, and in winter in the northern mid-latitudes. [Regional details in Table 3-3]
	Winds (Section 3.3.3)	<i>Low confidence</i> in trends due to insufficient evidence.	<i>Low confidence</i> in the causes of trends due to insufficient evidence.	<i>Low confidence</i> in projections of extreme winds (with the exception of wind extremes associated with tropical cyclones).
Phenomena Related to Weather and Climate Extremes	Monsoons (Section 3.4.1)	<i>Low confidence</i> in trends because of insufficient evidence.	<i>Low confidence</i> due to insufficient evidence.	<i>Low confidence</i> in projected changes in monsoons, because of insufficient agreement between climate models.
	El Niño and other Modes of Variability (Sections 3.4.2 and 3.4.3)	<i>Medium confidence</i> in past trends toward more frequent central equatorial Pacific El Niño-Southern Oscillation (ENSO) events.  Insufficient evidence for more specific statements on ENSO trends.  <i>Likely</i> trends in Southern Annular Mode (SAM).	<i>Likely</i> anthropogenic influence on identified trends in SAM. <sup>1</sup>  Anthropogenic influence on trends in North Atlantic Oscillation (NAO) are <i>about as likely as not</i> . No attribution of changes in ENSO.	<i>Low confidence</i> in projections of changes in behavior of ENSO and other modes of variability because of insufficient agreement of model projections.

## Kondisi Wilayah

Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki 514 kabupaten/kota yang menghadapi ancaman bencana hidrometeorologi akibat perubahan iklim seperti **banjir dan kekeringan**



## Potensi Kerugian

Bukan hanya kerugian fisik, **mata pencaharian masyarakat Indonesia juga berpotensi terganggu** karena adanya perubahan iklim.

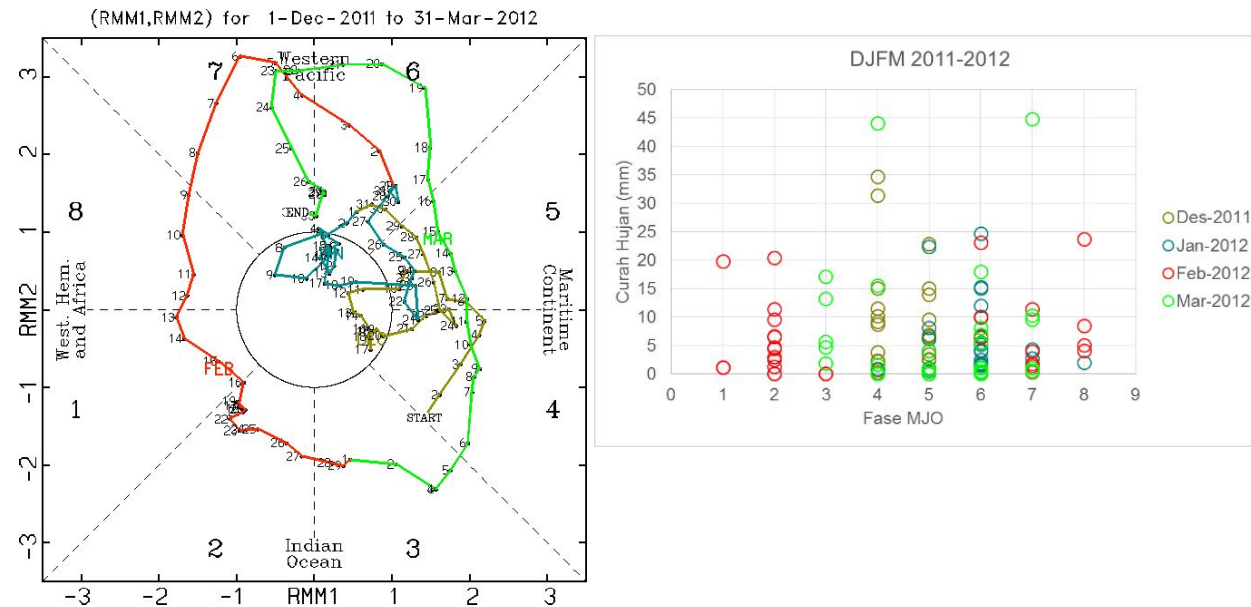


Gambar 2. Kondisi Wilayah Indonesia dan Grafik Kejadian Bencana Iklim 2010-2019 (BNPB, 2019)

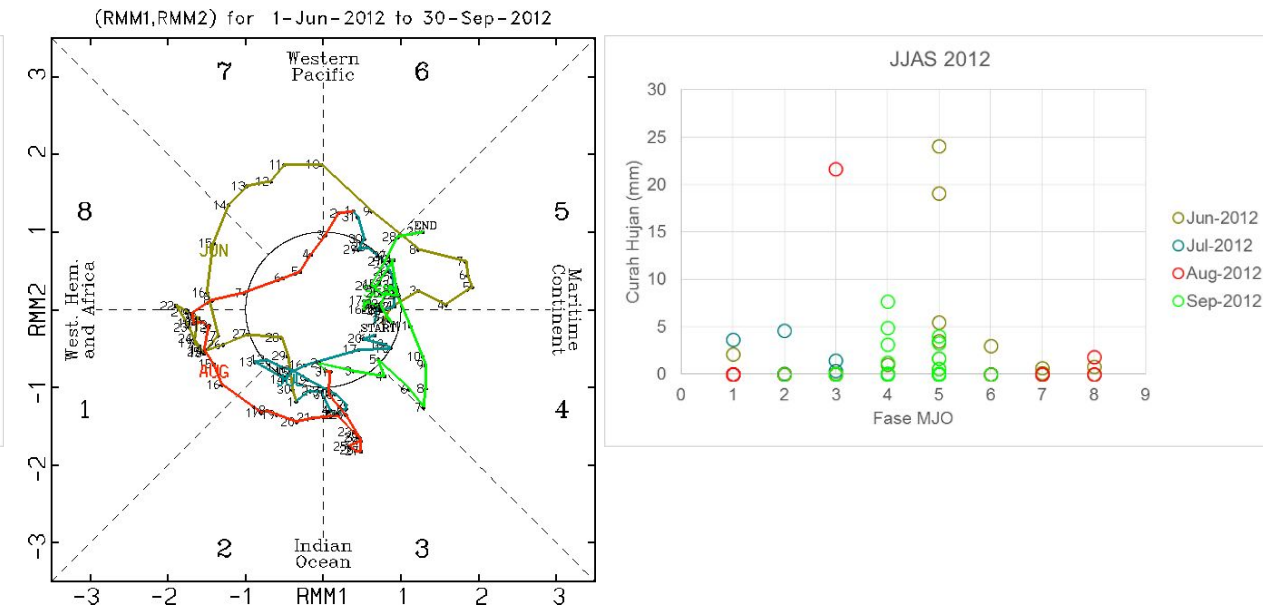


# Pengaruh Fenomena Iklim

## Keragaman Iklim



- Pada musim DJFM bulan dengan CH tinggi akibat MJO terjadi pada Maret 2012
- Fase MJO dengan CH ekstrim terjadi pada fase 4 dan 7 (dekat Indonesia)

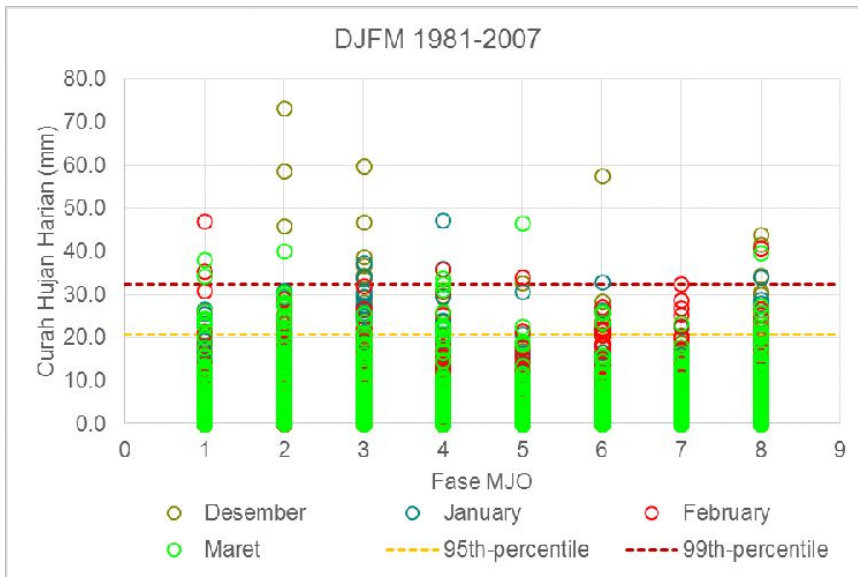


- Pada musim JJAS bulan dengan CH tinggi akibat MJO terjadi pada Juni 2012
- Fase MJO dengan CH ekstrim terjadi pada fase 3 dan fase 5 (dekat Indonesia)

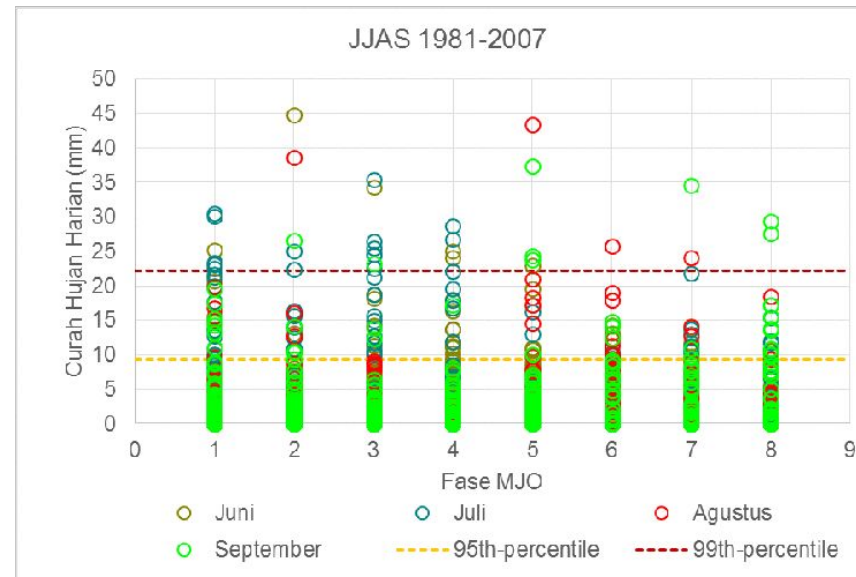
# Pengaruh Fenomena Iklim terhadap Curah Hujan Ekstrim

Keragaman Iklim

a) DJFM 1981-2007

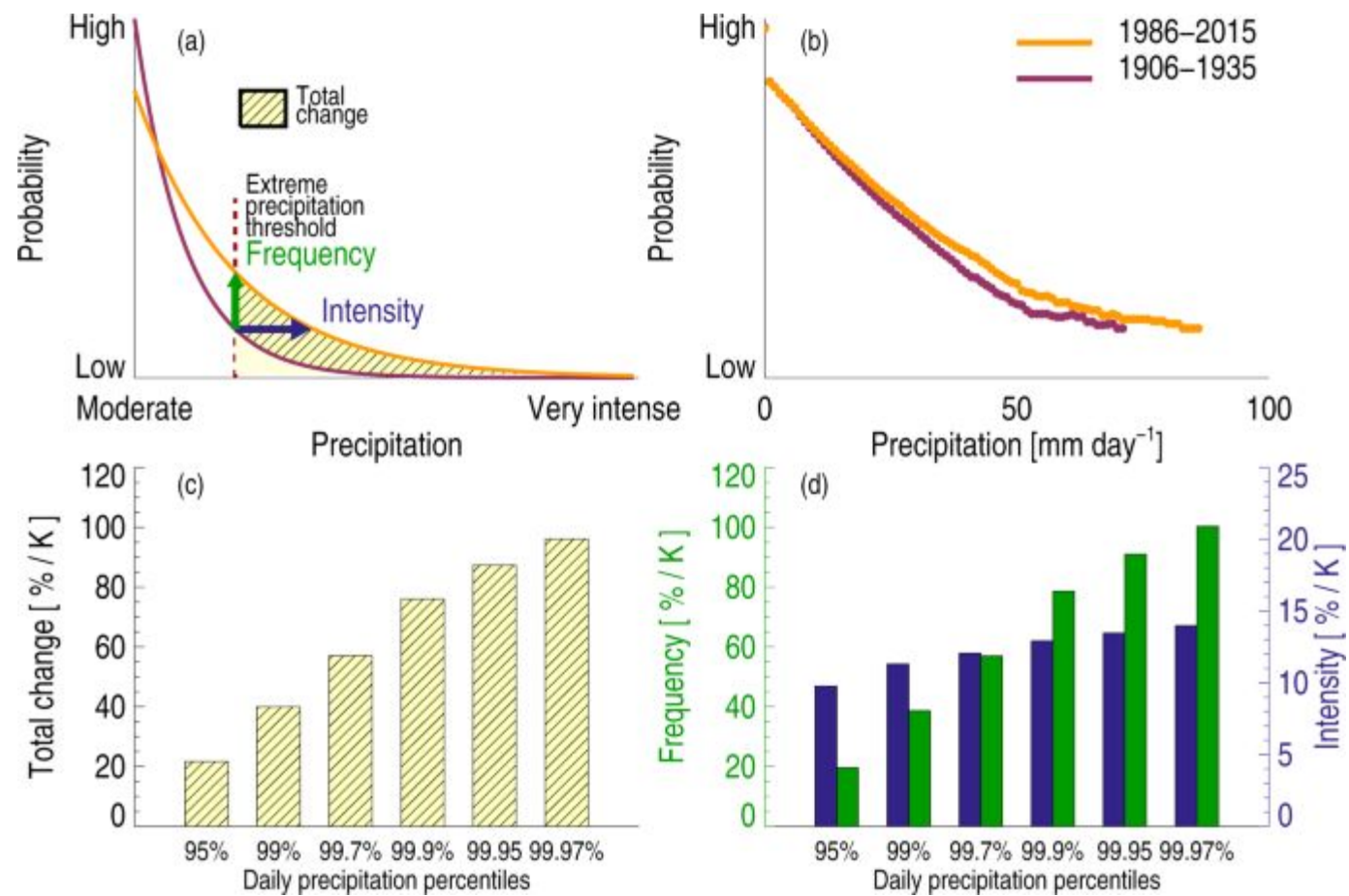


b) JJAS 1981-2007



- CH ekstrim (lebih dari 99 percentile) banyak terjadi di fase 2, 3, 4 dan 5 (dekat Indonesia).
- Nilai CH harian pada periode DJFM pada fase tersebut mencapai 30-70 mm/hari.
- Nilai CH harian pada periode JJAS pada fase tersebut mencapai 23-45 mm/hari.





Tabel 1. Deskripsi 6 indeks ekstrim hujan ETCCDI beserta satuannya

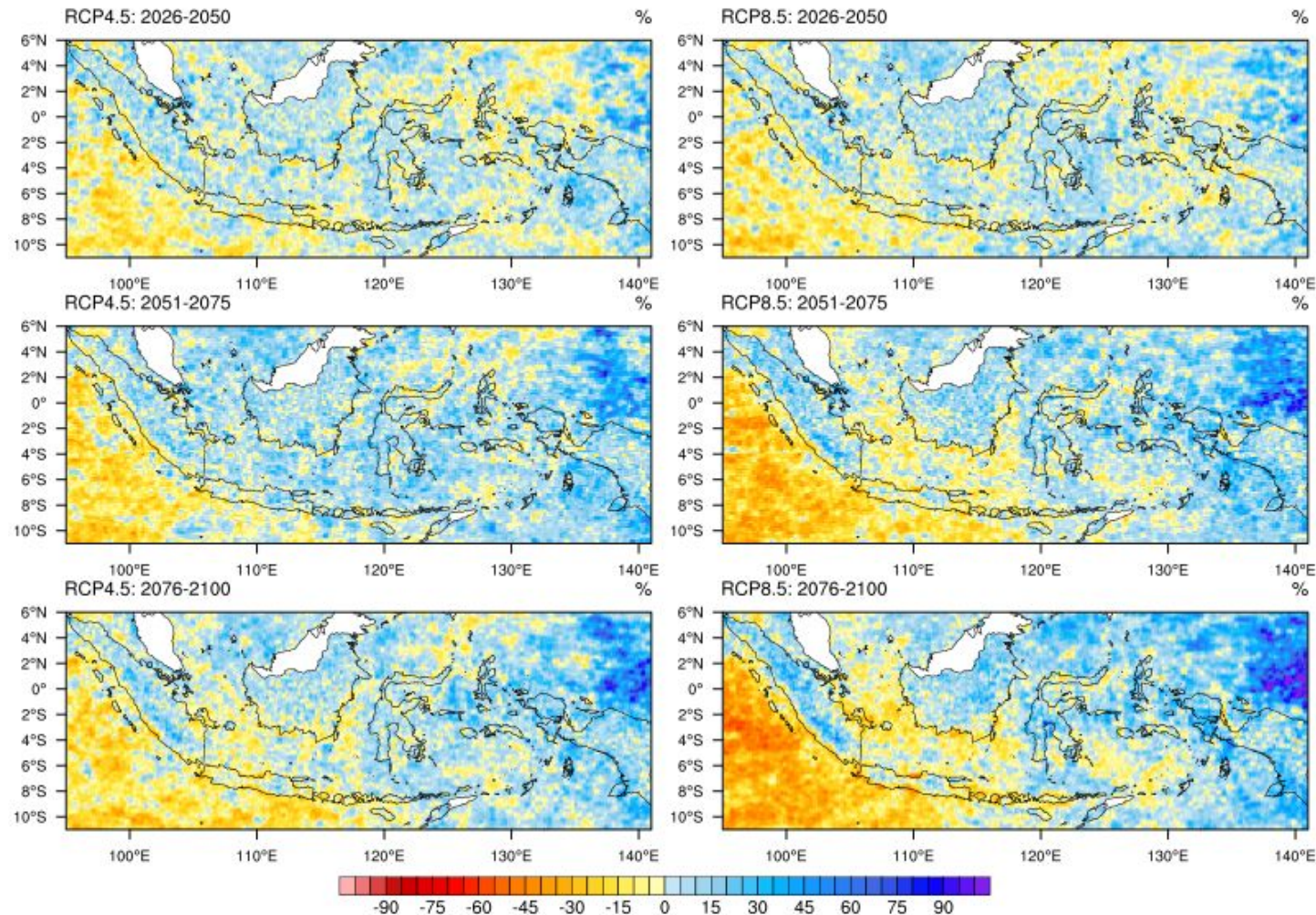
Label	Nama	Definisi	Satuan
RX1day	<i>Max 1 day precipitation</i>	Nilai curah hujan maksimum dalam 1 hari selama periode tertentu	mm
RX5day	<i>Max 5 day precipitation</i>	Nilai curah hujan maksimum dalam 5 hari selama periode tertentu	mm
R20mm	<i>Very heavy precipitation days</i>	Jumlah hari dalam 1 tahun dengan curah hujan $\geq 20$ mm	hari
R95p	<i>Very wet days</i>	Total jumlah curah hujan tahunan ketika curah hujan lebih besar dari persentil ke -95 selama periode tertentu	mm
R99p	<i>Extremely wet days</i>	Total jumlah curah hujan tahunan ketika curah hujan lebih besar dari persentil ke -99 selama periode tertentu	mm
CDD	<i>Consecutive dry days</i>	Panjang deret hari maksimum tahunan dengan curah hujan $< 1$ mm	hari



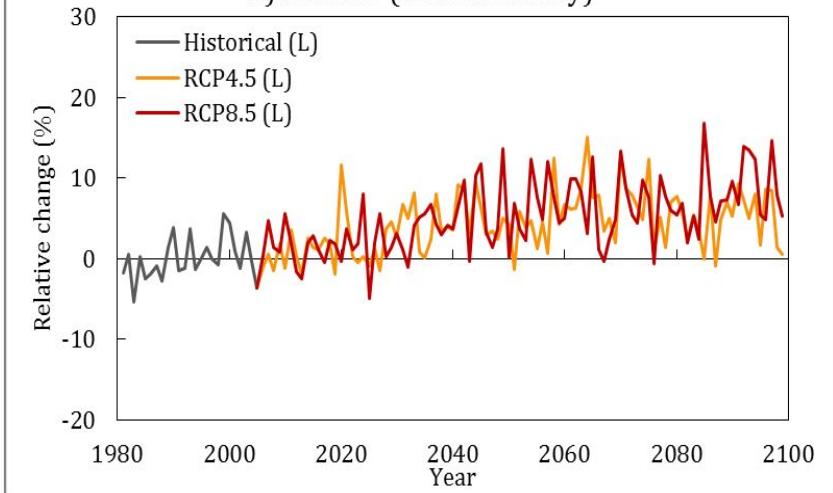
Indeks	Keterangan	Satuan	
RX1DAY	Curah hujan maksimum 1 hari dalam periode tertentu	mm	

# Analisis Luaran model dinamik: Indeks Ekstrim

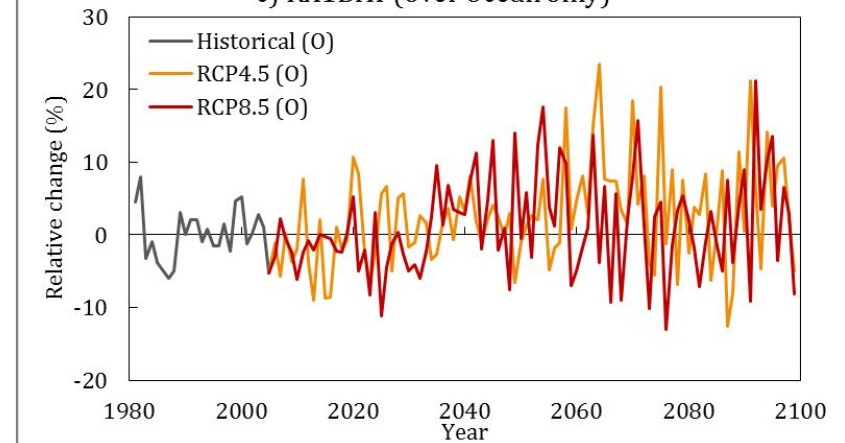
Percent Change of RX1DAY



b) RX1DAY (over Land only)



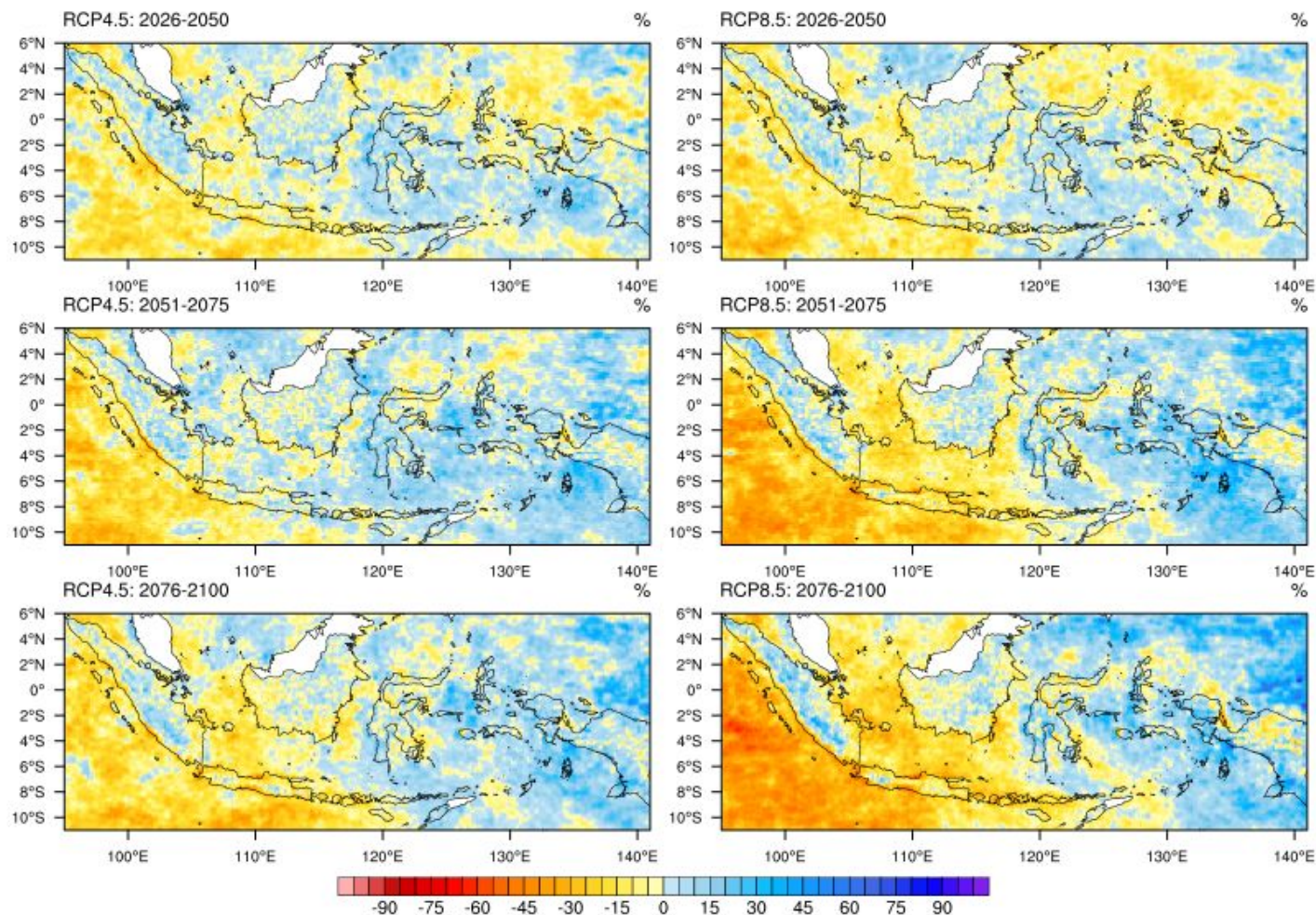
c) RX1DAY (over Ocean only)



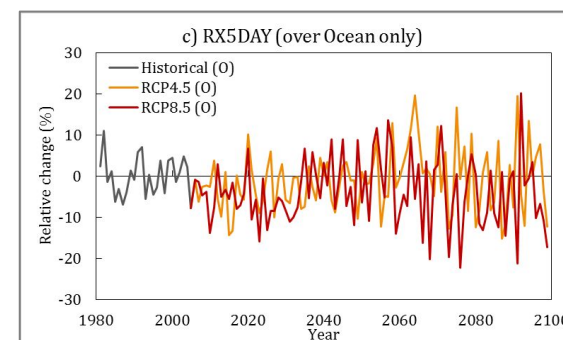
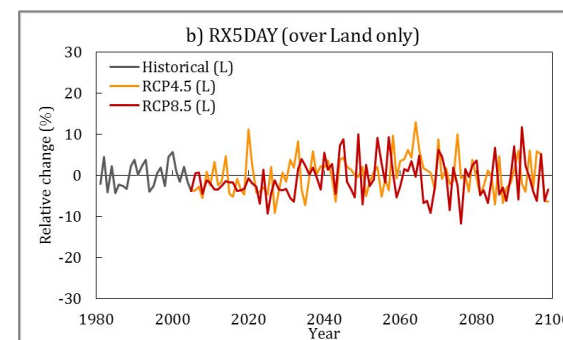
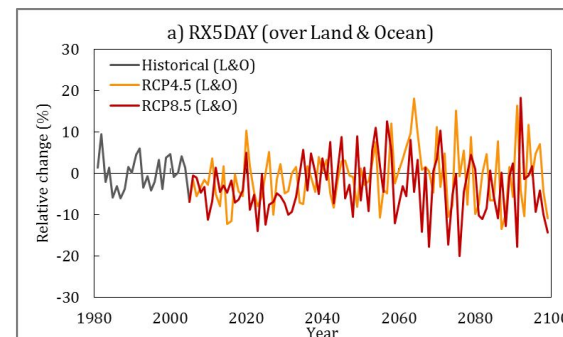


# Rx5day (akumulasi curah hujan 5-harian maksimum tahunan)

Percent Change of RX5DAY



Persentase perubahan (relatif terhadap periode referensi 1981–2005) skenario RX5DAY hasil luaran model iklim regional RegCM4 untuk skenario RCP4.5 (kiri) dan RCP8.5 (kanan ).

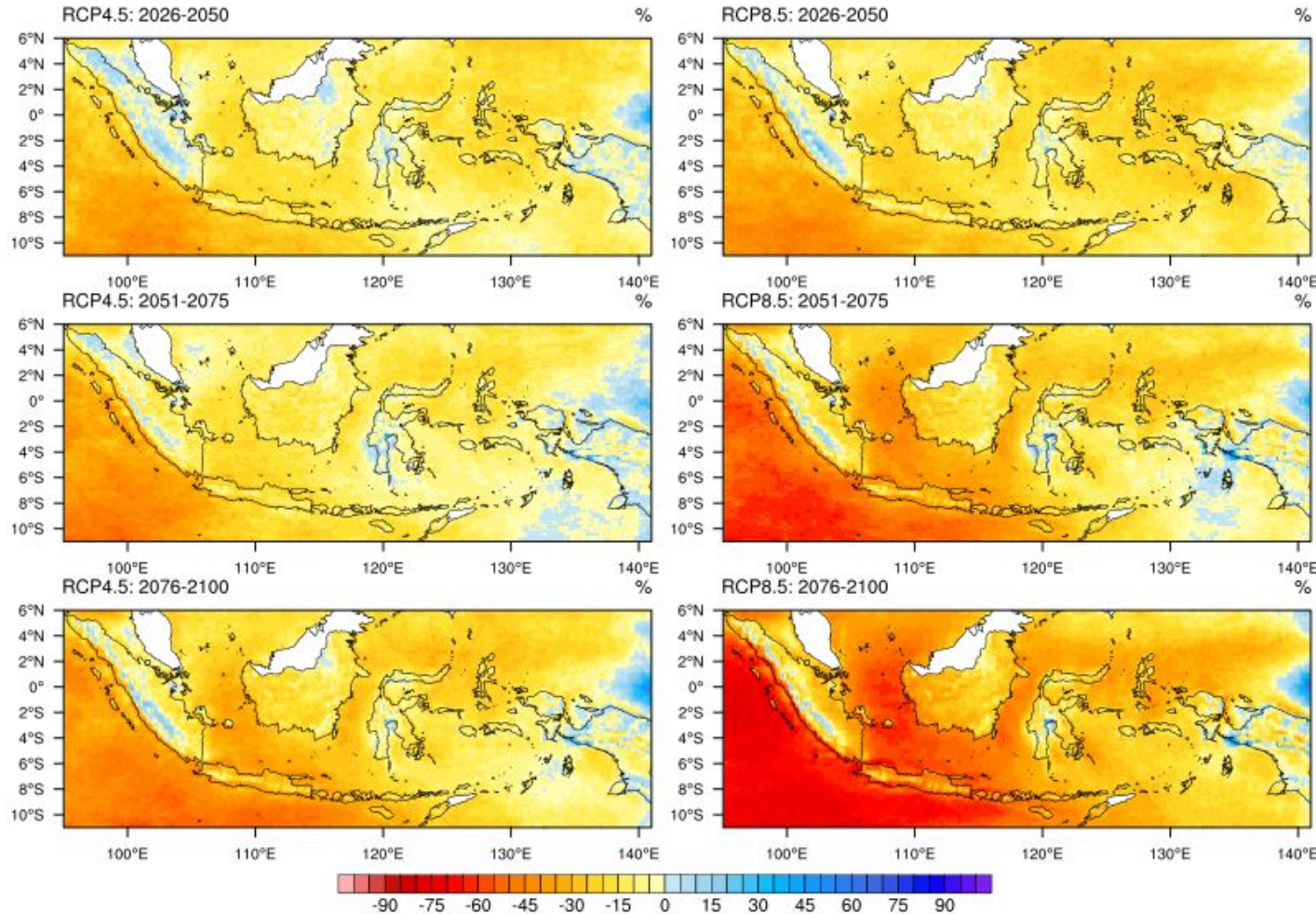


Rata-rata persen perubahan RX5day di Indonesia untuk wilayah a) daratan & lautan, b) hanya daratan, dan c) wilayah hanya lautan, untuk skenario RCP4.5 dan RCP8.5, sebagaimana diproyeksikan oleh model iklim regional RegCM4.

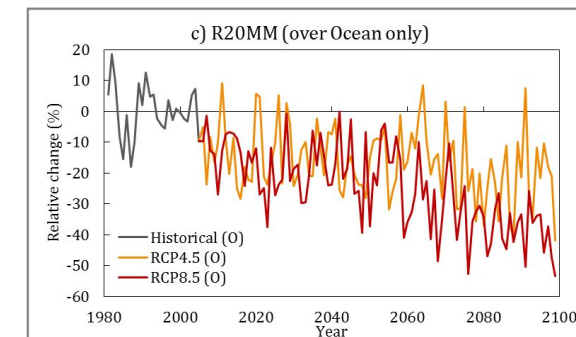
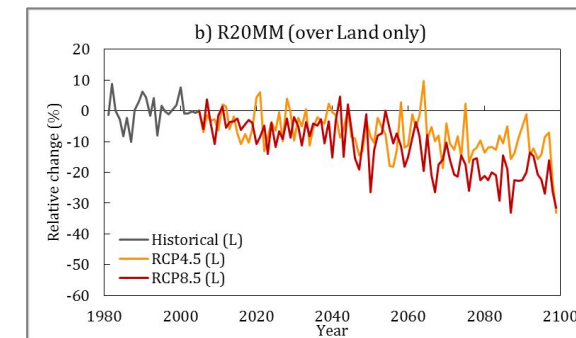
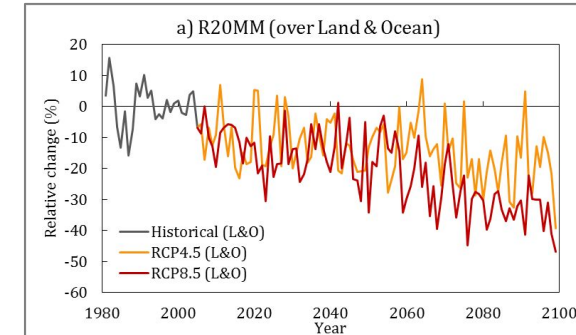


# R20mm (jumlah hari dalam setahun dengan curah hujan harian $\geq 20$ mm/hari)

Percent Change of R20MM



Persentase perubahan (relatif terhadap periode referensi 1981–2005) skenario R20MM hasil luaran model iklim regional RegCM4 untuk skenario RCP4.5 (kiri) dan RCP8.5 (kanan ).

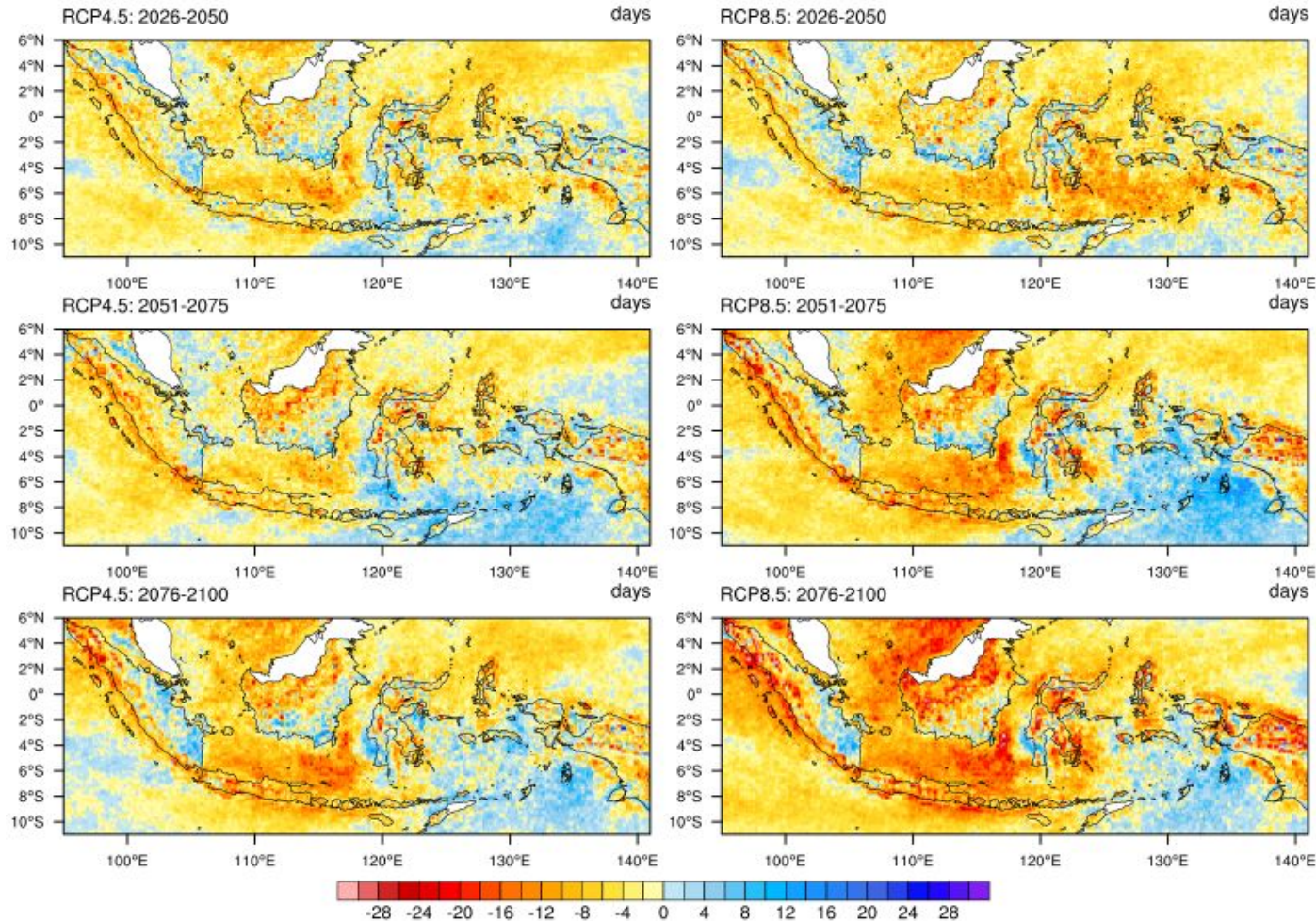


Rata-rata persen perubahan R20MM di Indonesia untuk wilayah: a) daratan & lautan, b) hanya daratan, dan c) wilayah hanya lautan, untuk skenario RCP4.5 dan RCP8.5, sebagaimana diproyeksikan oleh model iklim regional RegCM4.

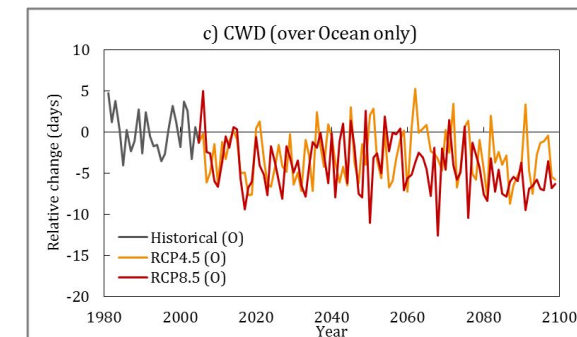
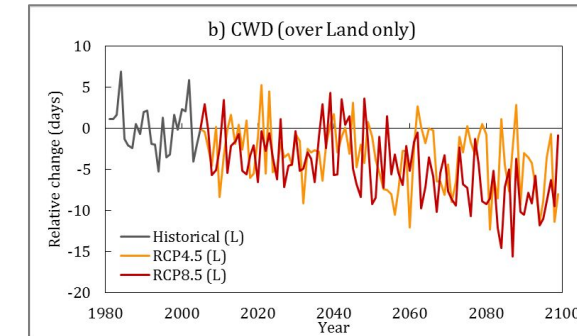
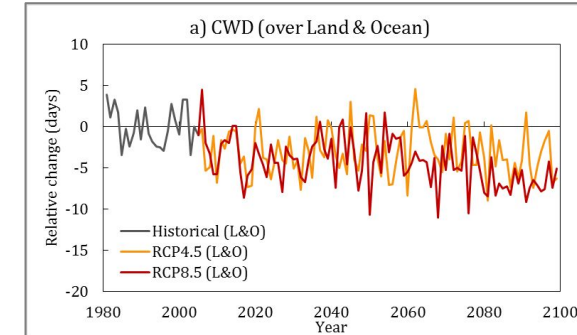


# CWD (jumlah maksimum hari basah berturut-turut ketika curah hujan $\geq 1$ mm)

Projected Change in CWD



Persentase perubahan (relatif terhadap periode referensi 1981–2005) skenario CWD hasil luaran model iklim regional RegCM4 untuk skenario RCP4.5 (kiri) dan RCP8.5 (kanan).

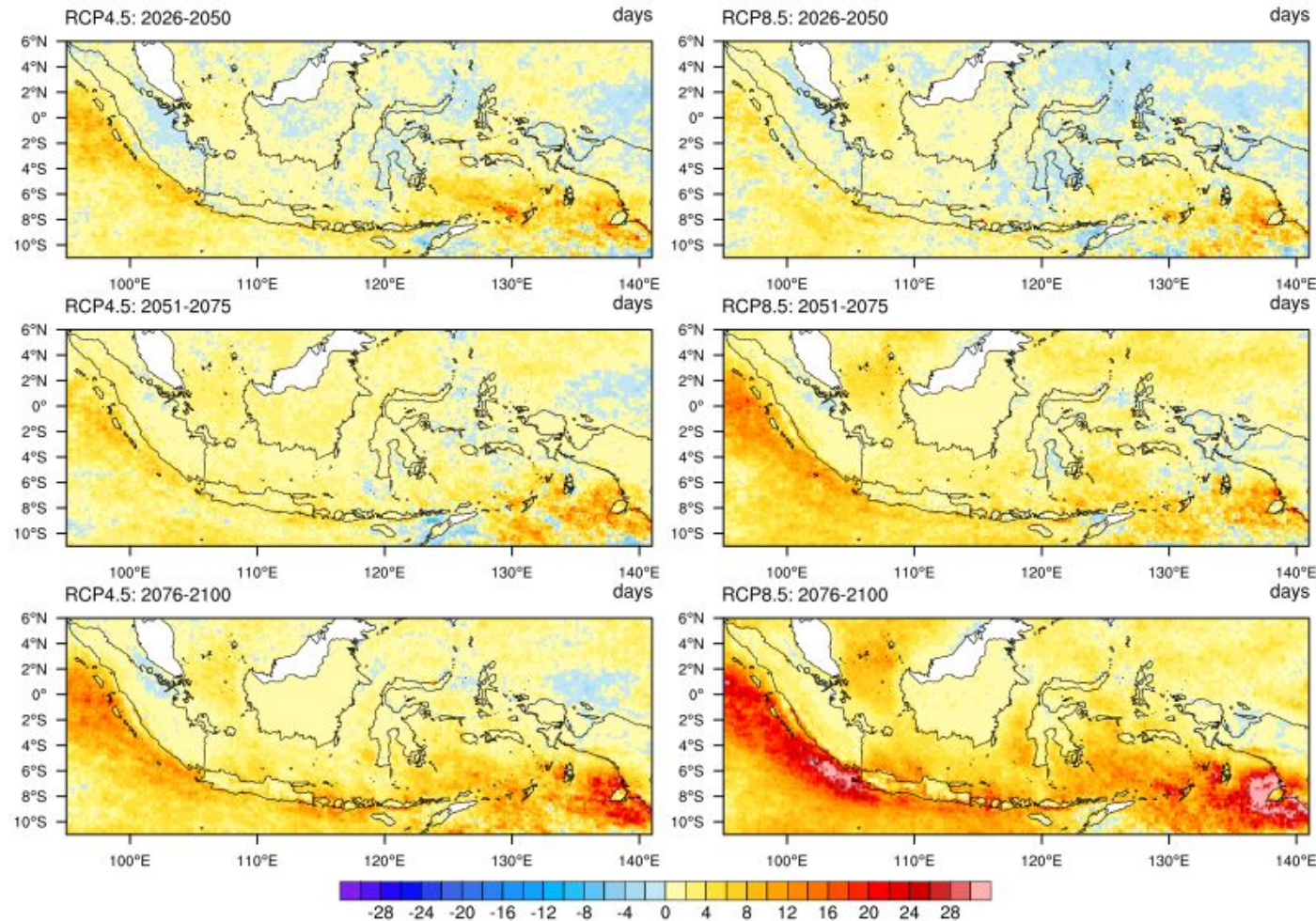


Rata-rata persen perubahan CWD di Indonesia untuk wilayah: a) daratan & lautan, b) hanya daratan, dan c) wilayah hanya lautan, untuk skenario RCP4.5 dan RCP8.5, sebagaimana diproyeksikan oleh model iklim regional RegCM4.

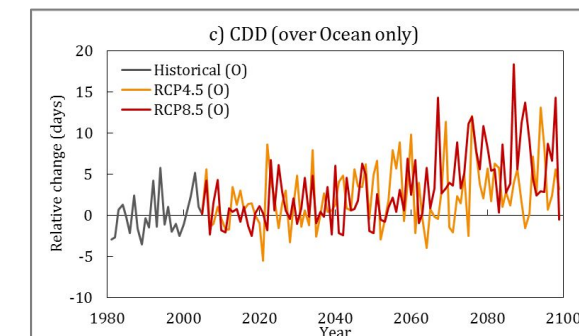
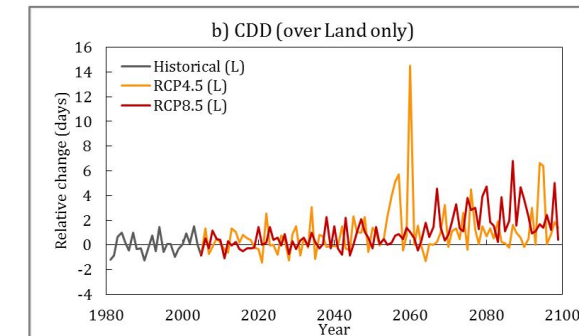
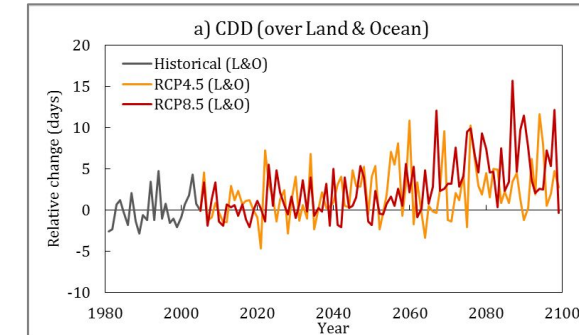


# CDD (jumlah maksimum hari kering berturut-turut ketika curah hujan < 1 mm)

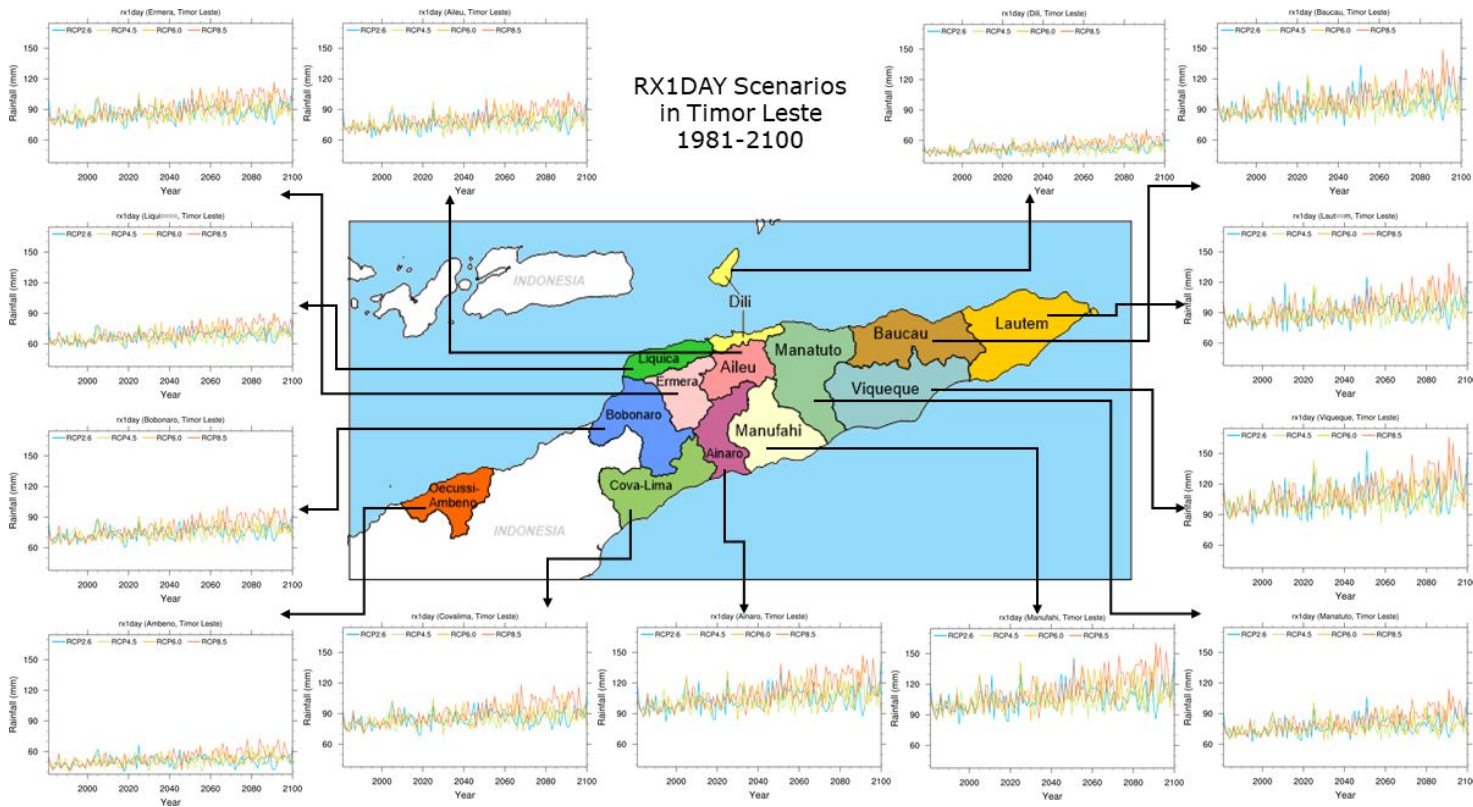
Projected Change in CDD



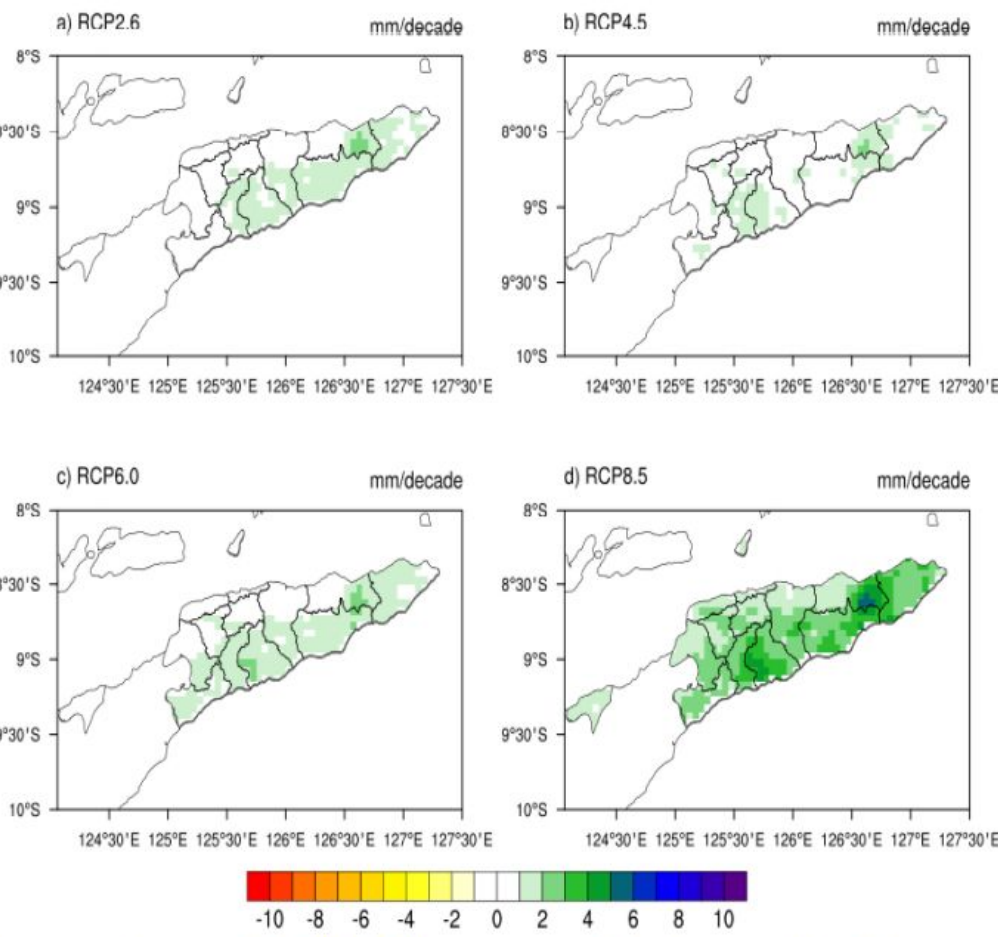
Persentase perubahan (relatif terhadap periode referensi 1981–2005) skenario CDD hasil luaran model iklim regional RegCM4 untuk skenario RCP4.5 (kiri) dan RCP8.5 (kanan).



Rata-rata persen perubahan CDD di Indonesia untuk wilayah: a) daratan & lautan, b) hanya daratan, dan c) wilayah hanya lautan, untuk skenario RCP4.5 dan RCP8.5, sebagaimana diproyeksikan oleh model iklim regional RegCM4.



RX1DAY Scenarios  
in Timor Leste  
1981-2100

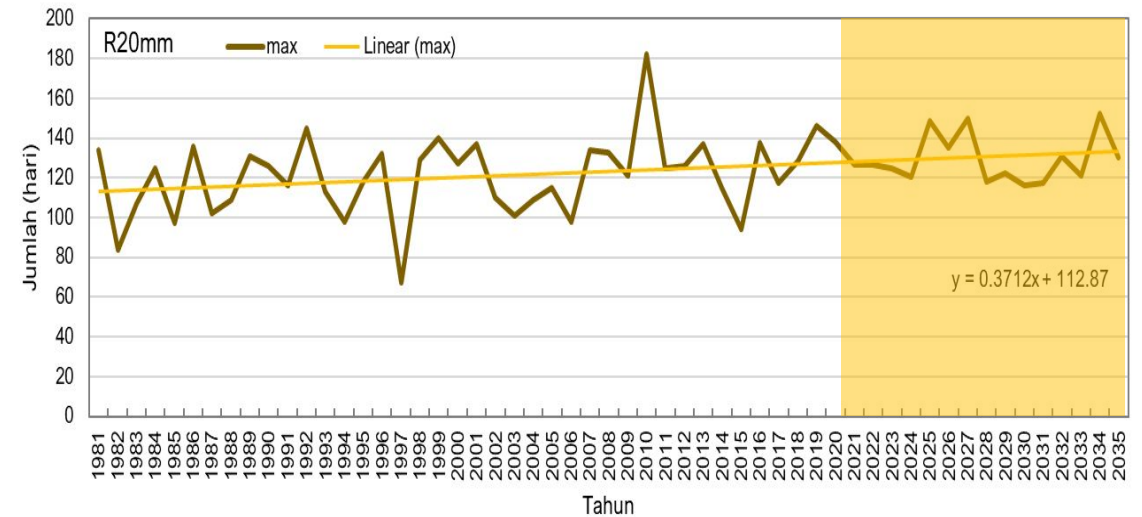
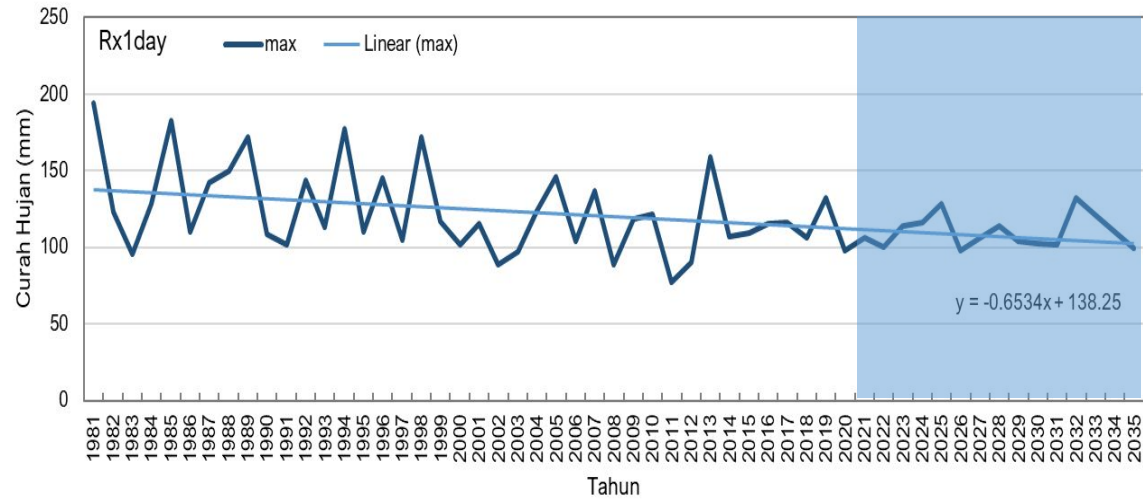


Skenario dan tren RX1DAY di masing-masing 13 distrik di Timor-Leste. Deret waktu dihitung dari median ensemble dari output terkoreksi bias dari 14 CMIP5 GCM. Perhitungan dilakukan pada indeks rata-rata wilayah di distrik yang dipilih.

Tren spasial RX1DAY di Timor-Leste berdasarkan median ansambel keluaran terkoreksi bias dari 14 GCM CMIP5 dalam 4 skenario RCP: a) RCP2.6, b) RCP4.5, c) RCP6.0 dan d) RCP8.5. Tren dihitung menggunakan data jangka panjang pada periode 1981-2100



# Tren Analisis Kondisi Iklim Historis dan Proyeksi



*Tren Historis dan Prediksi Dasawarsa Indeks Ekstrim Basah  
Rx1day (atas) dan R20 mm (bawah)*



# Skenario Iklim Masa Depan

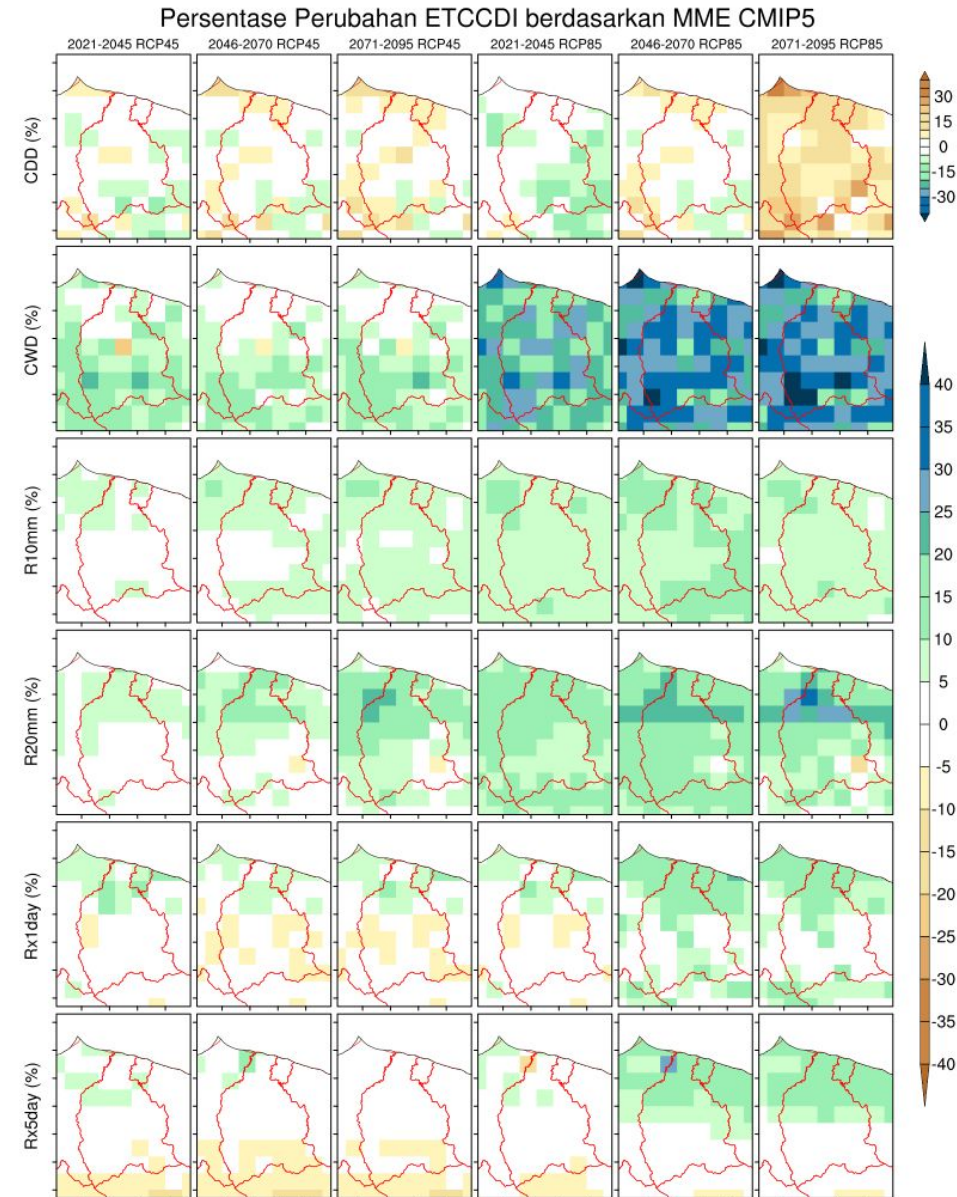
## b. Proyeksi Iklim Jangka Panjang

Proyeksi iklim jangka panjang dilakukan untuk 2 skenario, yakni

- 1) RCP 4.5 yang mewakili kondisi moderat dengan skenario upaya mitigasi menengah untuk menjaga tingkat *radiative forcing*, dan
- 2) RCP 8.5 mewakili kondisi ekstrim dengan skenario tidak ada usaha membatasi emisi gas rumah kaca. Periode yang digunakan untuk proyeksi iklim jangka panjang adalah 2021-2095.

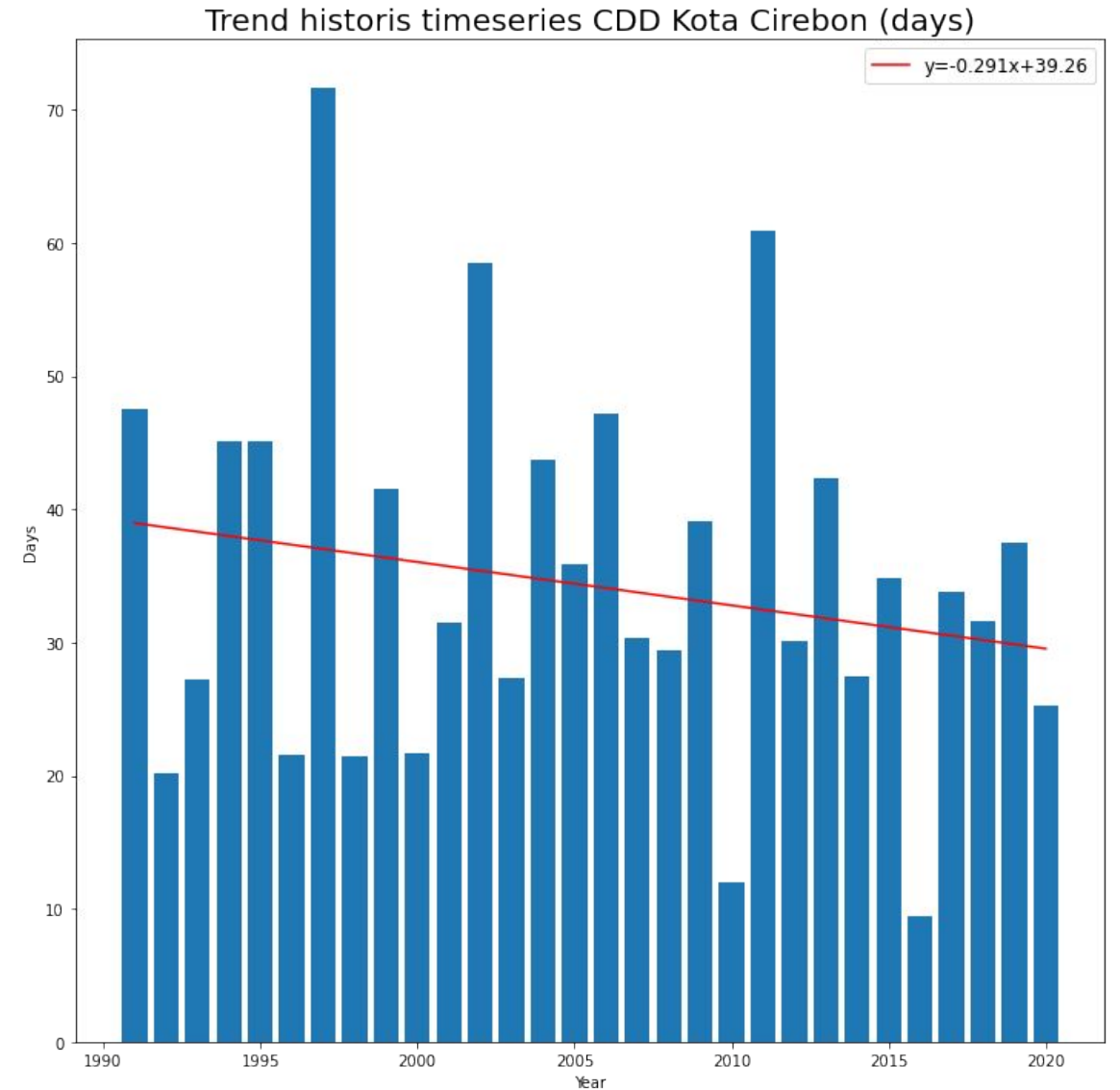
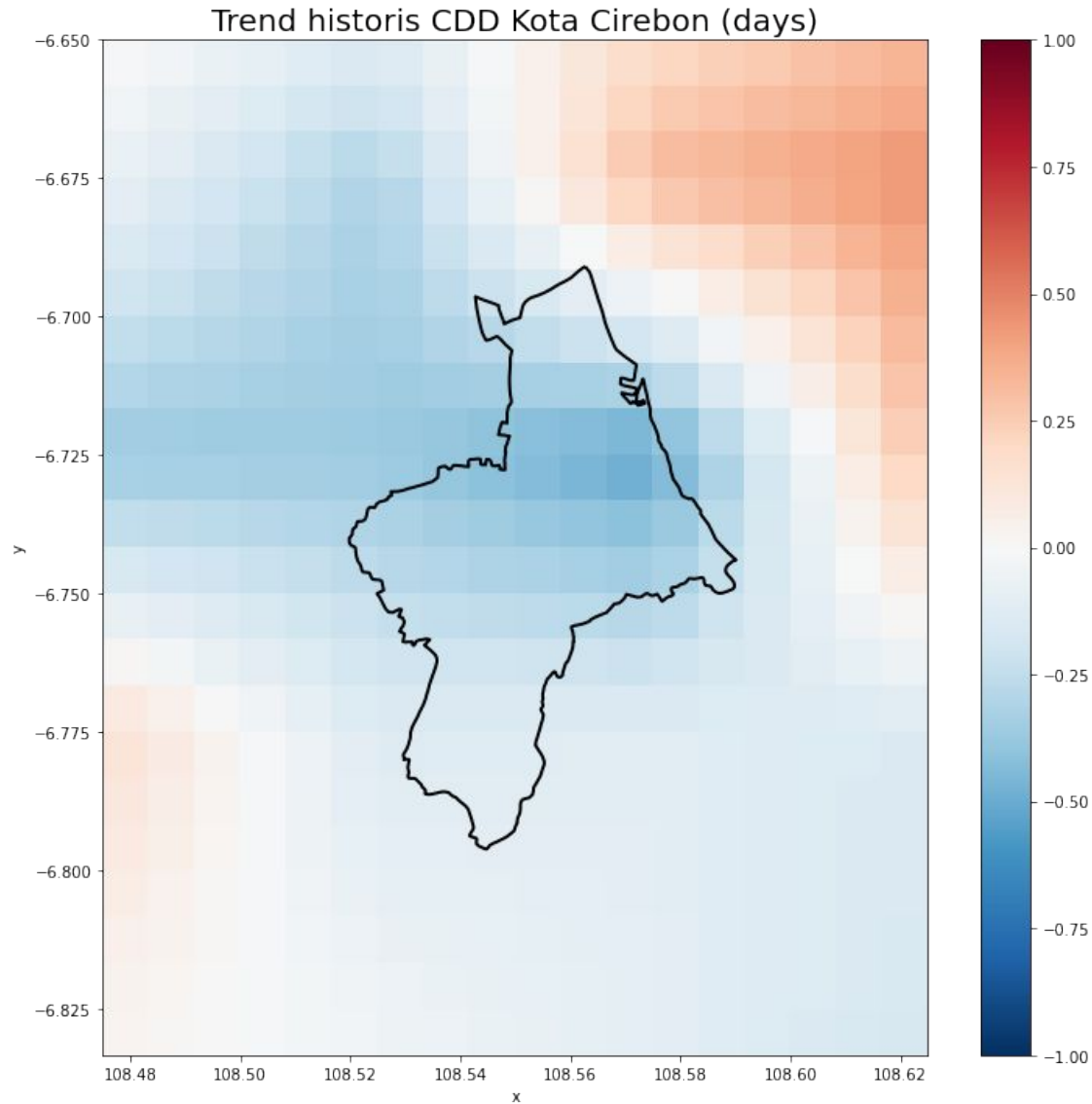
Hasil proyeksi iklim jangka panjang mengindikasikan **wilayah kajian akan mengalami kondisi yang lebih basah**.

- Analisis spasial menunjukkan **peningkatan persentase intensitas dan frekuensi kejadian curah hujan ekstrim terutama di wilayah pesisir** seperti diindikasikan oleh peningkatan persentase perubahan indeks Rx1day, Rx5day, R10mm dan R20mm.
- Proyeksi indeks **CWD memperkuat peluang kondisi wilayah yang semakin basah dengan deret hari hujan yang semakin lama**, dimana pada skenario RCP8.5 peningkatan persentasenya diperkirakan mencapai >40%.
- Disisi lain, deret hari kering yang direpresentasikan oleh nilai **CDD menunjukkan adanya perubahan persentase yang tidak terlalu signifikan** di masa depan.



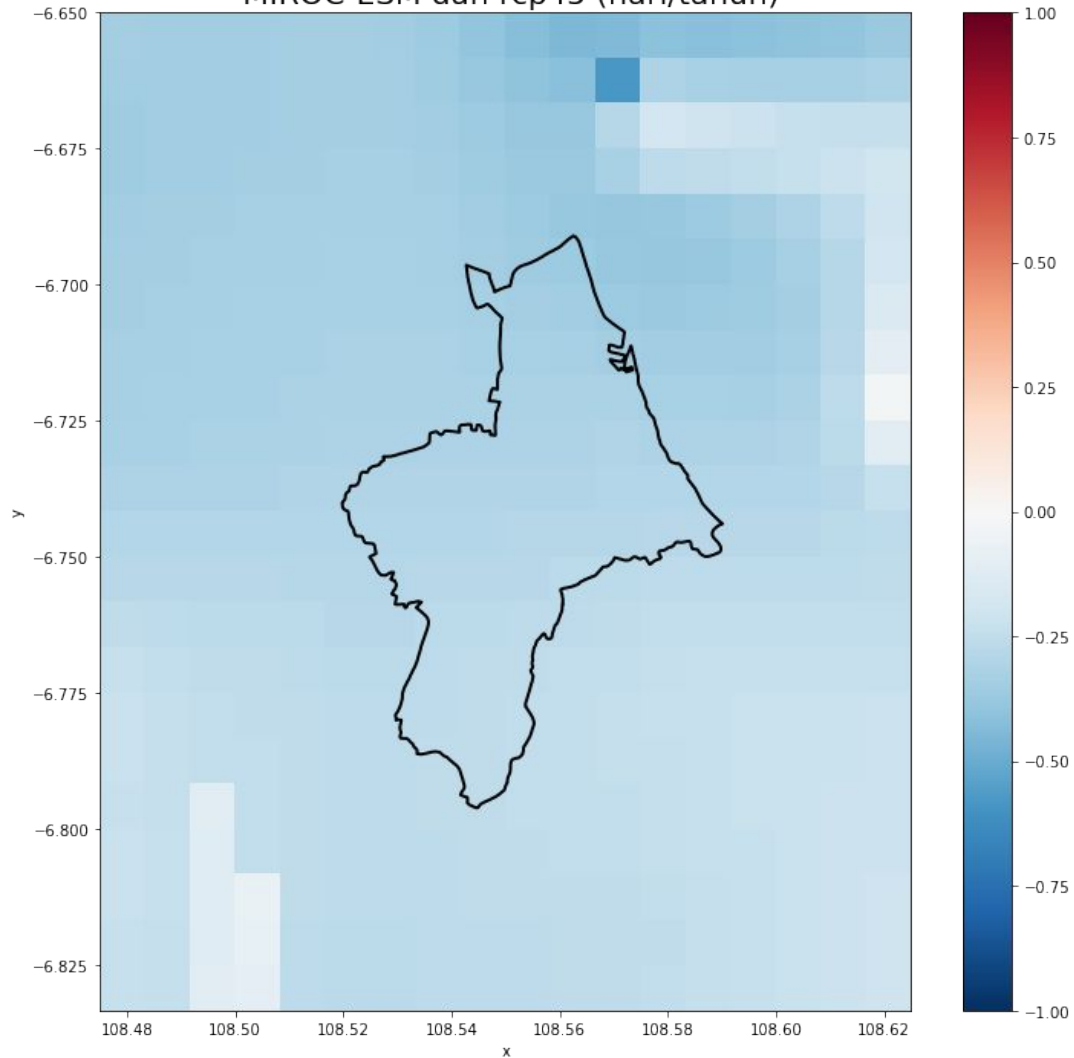
Persentase Perubahan Indeks Ekstrim Proyeksi Iklim Jangka Panjang (Tim Penyusun, 2020)

# Tren Historis CDD di Kota Kupang

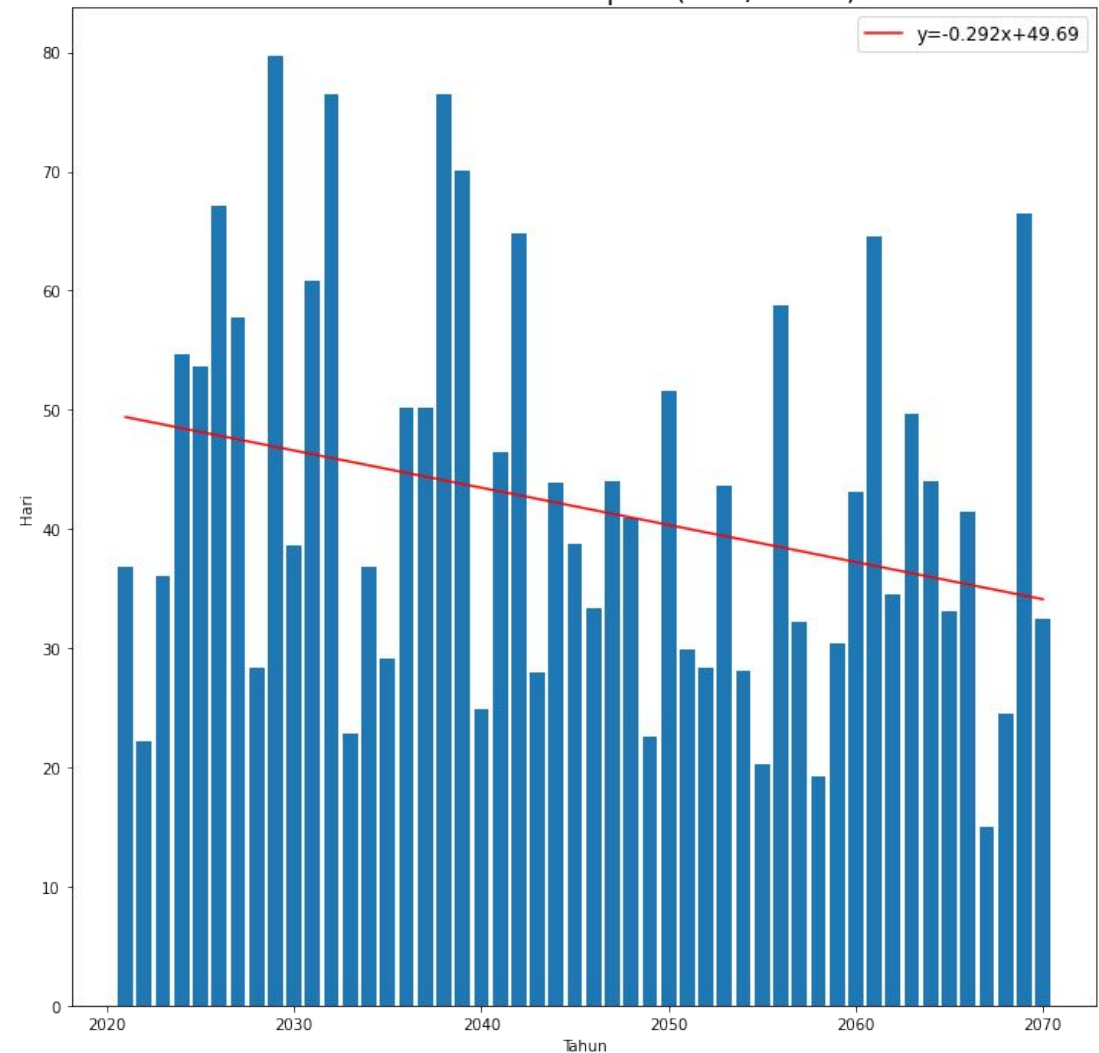


# Tren proyeksi CDD di Kupang (contoh luaran 1 model iklim)

Proyeksi trend CDD Cirebon berdasarkan  
MIROC-ESM dan rcp45 (hari/tahun)



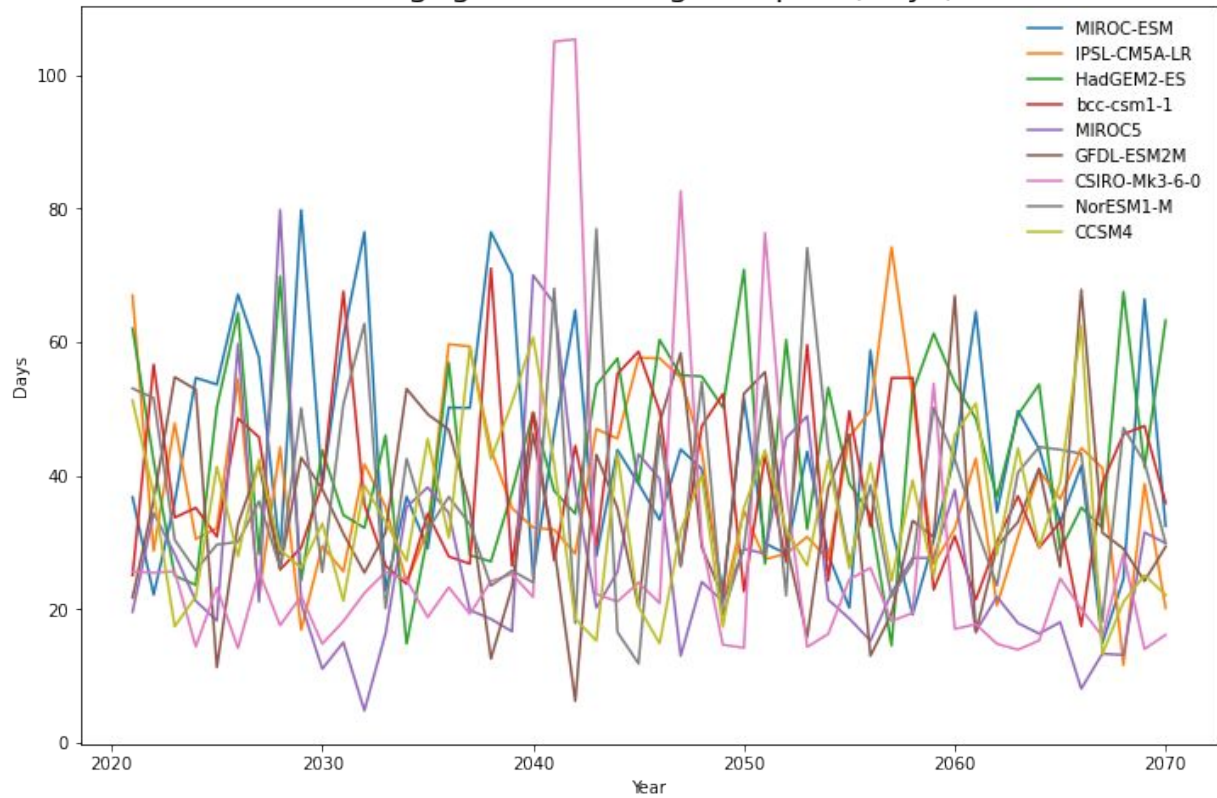
Proyeksi trend timeseries Cirebon berdasarkan  
MIROC-ESM dan rcp45 (hari/tahun)



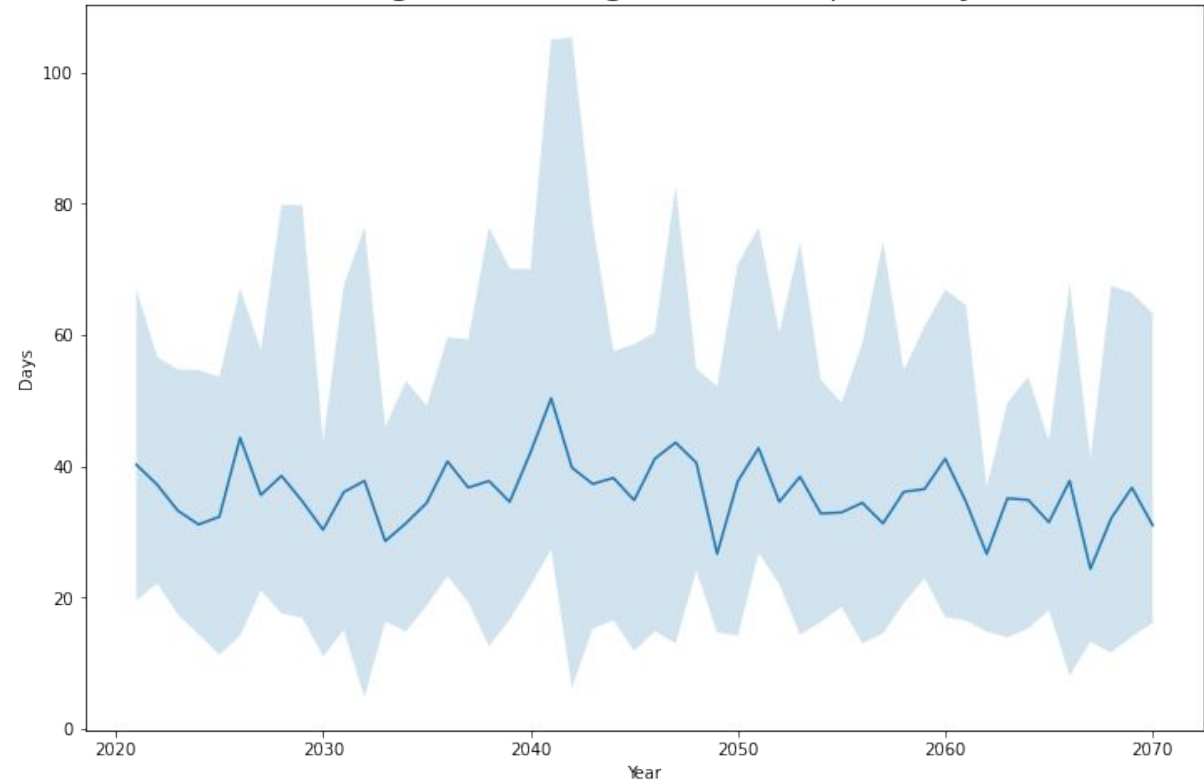


# Proyeksi CDD dengan *Multi-Model Ensemble* (MME)

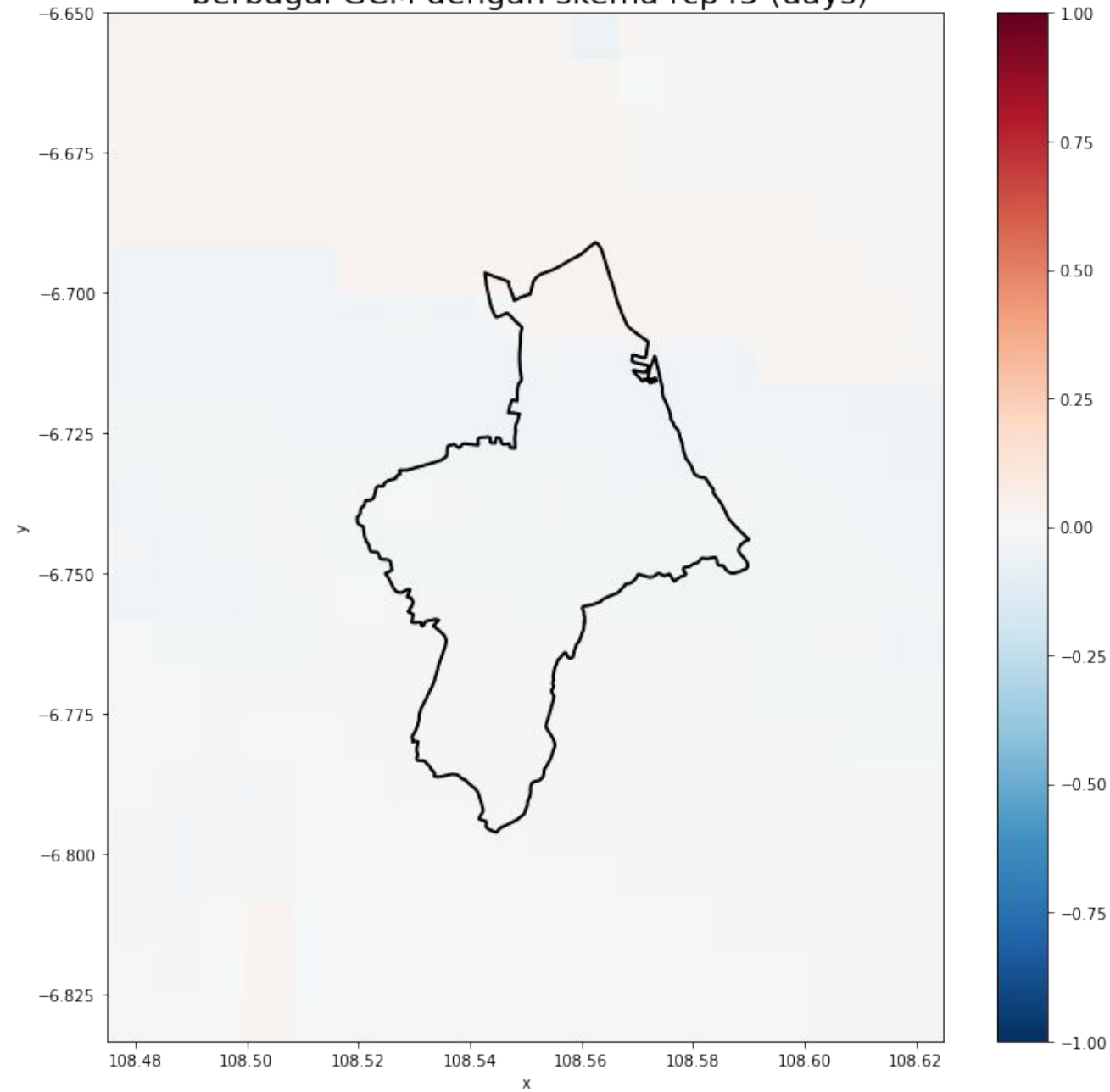
Proyeksi CDD Cirebon berdasarkan  
berbagai GCM dengan rcp45 (days)



Proyeksi CDD Cirebon berdasarkan  
berbagai GCM dengan skema rcp45 (days)



Trend CDD Cirebon spasial berdasarkan  
berbagai GCM dengan skema rcp45 (days)



Peningkatan Tinggi  
Gelombang Ekstrem  
**>1,5**  
meter

Permukaan Laut  
Meningkat dari  
**0,8-1,2**  
cm/tahun



Peningkatan Suhu  
**0,45-0,75**  
derajat Celcius



Curah Hujan  
**±2,5**  
mm/hari

Risiko yang ditimbulkan beragam pada setiap sektor, antara lain:

Sektor  
Kelautan & Pesisir



Mempengaruhi Kemiringan  
Lereng Lingkungan Pantai  
karena Banjir



Kerusakan Ekosistem  
Pesisir dan Laut



Membahayakan  
Keselamatan Pelayaran



Mengurangi Daya Jelajah  
Kapal Nelayan Kecil <10GT

Sektor  
Air



Bahaya  
Banjir



Bahaya  
Ketersediaan Air



Bahaya  
Kekeringan Air

Sektor  
Pertanian



Produksi  
Komoditas  
Pertanian  
Menurun

Sektor  
Kesehatan

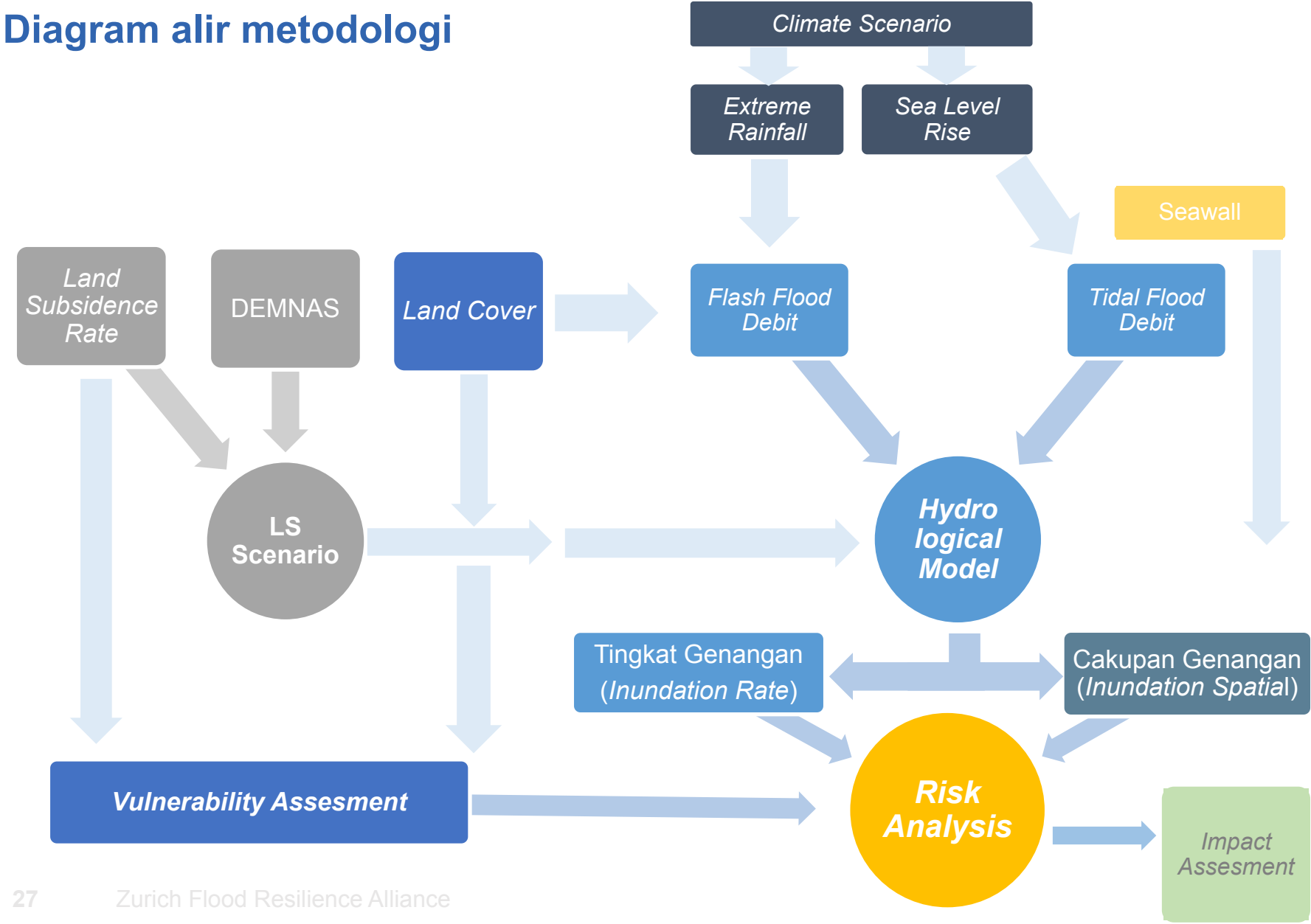


Perkembangan  
Vektor Penyakit  
dan *Heat-stress* di  
Wilayah Perkotaan



# Contoh pemanfaatan data indeks ekstrim lebih lanjut

## Diagram alir metodologi



- Kerangka umum Kajian Risiko Iklim dan Dampak ini mengacu kepada **Six Steps Approach (GIZ, 2018)** untuk memahami dampak dan risiko terkait iklim di suatu sistem kajian serta mengidentifikasi langkah-langkah pengendalian yang sesuai.
- Kajian ini terbangun dari proses **analisa bahaya, analisa kerentanan, analisa risiko serta analisa dampak ekonomi dan non-ekonomi** dari kejadian banjir limpasan dan rob.

## 2000 m dpl

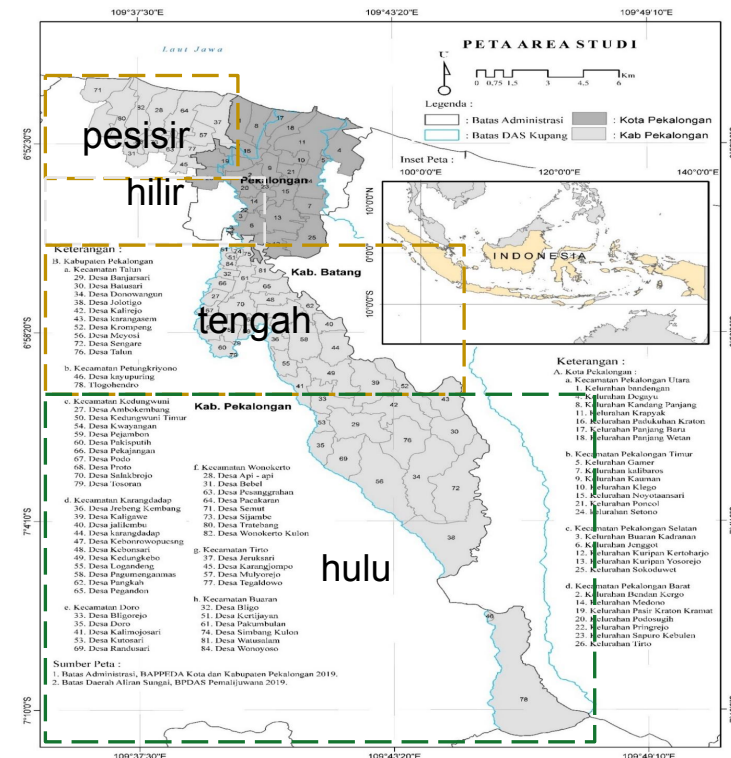


- Sumber : ATR/BPN

- Berperan sebagai kawasan penyangga dan resapan air
- Di dalam pola ruang akan diarahkan sebagai kawasan lindung dan pengembangan budaya terbatas

- Berperan sebagai kawasan budidaya
- Di dalam pola ruang akan diarahkan untuk pengembangan budidaya

- Berperan sebagai lindung pesisir dan kawasan budidaya
- Di dalam pola ruang akan diarahkan sebagai kawasan lindung perairan dan pengembangan budidaya terbatas



Terima Kasih

Email: [akhmadfaqih@gmail.com](mailto:akhmadfaqih@gmail.com)

