

# **Proyeksi Iklim Regional Kabupaten Subang menggunakan Variabel Iklim Permukaan (Curah Hujan dan Suhu Udara)**

*Climatic Driven Agricultural Management Strategies: Strengthening  
Community Resilience to Climate Change (CAMS-CRCC)*

FINAL

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2017**

## Daftar Isi

Daftar Isi .....	2
1. Pendahuluan .....	3
1.1. Relevansi .....	3
1.2. Pendekatan Umum .....	4
1.3. Tujuan .....	5
2. Daftar Istilah.....	5
3. Lokasi kegiatan.....	6
4. Data, Metodologi dan Prosedur.....	7
4.1. Data .....	7
4.2. Metodologi dan Prosedur .....	9
4.3. Ruang Lingkup .....	10
5. Hasil Proyeksi Iklim Wilayah .....	11
5.1. Proyeksi Curah Hujan .....	11
5.1.1. Curah hujan tahunan dan perubahan curah hujan tahunan .....	11
5.1.2. Curah hujan musiman dan proyeksi perubahan curah hujan musiman .....	12
5.1.3. Curah hujan bulanan dan proyeksi curah hujan bulanan .....	15
5.2. Proyeksi Suhu Udara .....	16
5.2.1. Suhu udara tahunan dan proyeksi perubahan suhu udara tahunan .....	16
5.2.2. Suhu udara bulanan dan proyeksi suhu udara bulanan.....	17
5.3. Ketidakpastian.....	18
6. Deskripsi Hasil Proyeksi Perubahan Iklim Kabupaten Subang .....	19
7. Saran pengembangan .....	20
7.1. Pengembangan data dan hasil kajian .....	20
7.2. Pengembangan Metodologi.....	20
Daftar Pustaka.....	22

# 1. Pendahuluan

## 1.1. Relevansi

Laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* dalam dokumen *Fifth Assessment Report (AR5)* (IPCC, 2013), menunjukkan bahwa perubahan iklim global memiliki dampak cukup besar terhadap negara-negara di wilayah Asia Tenggara. Pemerintah Indonesia telah memberikan perhatian serius untuk menanggulangi potensi dampak perubahan iklim, khususnya sejak diselenggarakannya Konferensi Perubahan Iklim di Bali pada tahun 2007 hingga keikutsertaannya pada COP21 di Paris. Pada tahun 2010, pemerintah Indonesia mempublikasikan laporan mengenai potensi dampak perubahan iklim pada berbagai sektor ekonomi melalui dokumen *Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap* (Bappenas, 2010). Perubahan iklim berpotensi meningkatkan frekuensi dan intensitas kejadian curah hujan ekstrem di berbagai tempat di belahan bumi. Dampak lain dari perubahan iklim ini adalah kecenderungan pergeseran awal musim yang akan mempengaruhi pola dan karakteristik musim hujan dan musim kemarau.

Iklim dapat didefinisikan sebagai deskripsi statistik dari unsur-unsur iklim/cuaca seperti suhu, presipitasi (curah hujan), angin, dll, yang menggambarkan nilai rata-rata (*mean*) dan sebaran (varian) dalam waktu beberapa dekade (30 tahun menurut definisi WMO). Kondisi iklim pada berbagai tempat di muka bumi berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh letak geografis, posisi lintang bujur, topografi, dan pengaruh lokal wilayah tersebut. Unsur-unsur iklim sangat berpengaruh terhadap tanaman, khususnya unsur iklim berupa curah hujan dan suhu udara. Berdasarkan hasil kajian diperoleh bahwa curah hujan di wilayah Indonesia diproyeksikan akan meningkat pada periode yang akan datang. Demikian juga halnya dengan suhu udara rata-rata di Indonesia. Suhu udara diproyeksikan meningkat pada periode mendatang. Berdasarkan data historis sampai dengan akhir abad 20, Indonesia mengalami peningkatan suhu sebesar 0.5°C. Peningkatan suhu tersebut diproyeksikan semakin meningkat pada periode mendatang dengan peningkatan suhu sebesar 0.8°C pada periode tahun 2020 dan peningkatan suhu sebesar 1.0°C pada periode 2050, lebih tinggi jika dibandingkan dengan peningkatan suhu pada periode 1960 – 1990 (Bappenas, 2010). Peningkatan unsur iklim utama berupa curah hujan dan suhu akan berpengaruh pada berbagai aspek penting dimana salah satunya adalah pertanian.

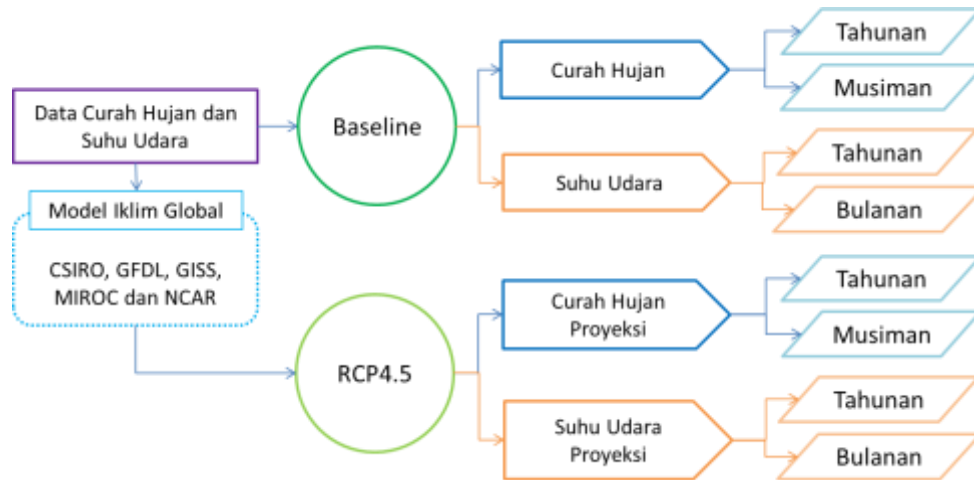
Pertanian merupakan sektor yang rentan terhadap bencana iklim. Produksi pangan dan ketersediaan air menjadi faktor yang sangat sensitif dan rentan terhadap perubahan suhu udara dan curah hujan (Cruz *et al.*, 2007). Subang sebagai wilayah yang didominasi oleh lahan pertanian tergolong dalam kategori daerah yang memiliki indeks rawan bencana yang tinggi, khususnya bencana banjir dan kekeringan (BNPB, 2011). Tanaman pertanian sangat tergantung dari ketersediaan curah hujan dan keadaan suhu udara, terutama selama masa vegetatif dan generatif. Sebagai contoh, kenaikan suhu udara menyebabkan terganggunya metabolisme seperti proses fotosintesis, laju transpirasi, dan laju respirasi, dimana hal tersebut merupakan penentu tingkat produksi tanaman. Tingginya pengaruh curah hujan dan suhu udara terhadap sektor pertanian, maka penting dilakukan penyusunan data proyeksi kedua unsur tersebut. Proyeksi curah hujan dan suhu udara dilakukan untuk melihat keadaan iklim di masa yang akan datang sehingga dapat meminimalisasi kerugian produksi pertanian akibat adanya perubahan iklim. Penyusunan skenario perubahan iklim yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak perubahan iklim global terhadap kondisi iklim regional wilayah Subang khususnya pada sektor pertanian tersebut sehingga dapat disusun upaya manajemen pertanian dengan memperhatikan aspek curah hujan dan suhu, terutama proyeksinya di masa mendatang.

## 1.2. Pendekatan Umum

Penyusunan proyeksi kondisi iklim regional Kabupaten Subang dimasa depan dilakukan untuk mendapatkan gambaran berbagai skenario perubahan iklim yang dicirikan dengan perubahan unsur iklim permukaan, yaitu curah hujan dan suhu udara. Proyeksi perubahan iklim tersebut dilakukan dengan memanfaatkan luaran model iklim global. Model iklim secara sederhana menggunakan pendekatan kuantifikasi proses-proses atmosfer ke dalam persamaan-persamaan matematik yang menjelaskan fisika atmosfer dan proses perpindahan massa, energi, dan momentum. Proses-proses tersebut pada dasarnya menjelaskan mengenai interaksi berbagai komponen penyusun sistem iklim yaitu hidrosfer, litosfer, atmosfer, dan biosfer. Sehingga, perubahan interaksi akibat adanya perubahan proses keseimbangan energi akibat aktivitas manusia (*anthropogenic*) dapat berakibat pada perubahan kondisi iklim di berbagai wilayah di dunia.

Mempertimbangkan dampak *anthropogenic* terhadap sistem iklim, disusun skenario yang dapat mempengaruhi kesetimbangan sistem energi berdasarkan berbagai kemungkinan perubahan aktivitas manusia di masa depan dalam menggunakan energi dan menghasilkan emisi. Skenario tersebut dikenal dengan nama *Representative Carbon Pathway* (RCP) (Moss *et al.*, 2010). Secara umum, skenario tersebut terbagi dalam RCP 2.6, 4.5, 6.0, dan 8.5, dengan nilai yang semakin tinggi menunjukkan penambahan energi panas ke dalam sistem bumi yang semakin besar akibat skenario penggunaan energi, khususnya energi bahan dasar fosil yang meningkat. Skenario RCP kemudian menjadi masukan dalam simulasi model iklim global untuk memproyeksikan bagaimana perubahan sistem iklim yang dicirikan misalnya dengan perubahan variabel iklim permukaan (contoh: curah hujan dan suhu udara) di berbagai wilayah dunia. Model iklim global juga bermacam-macam dan dapat berdampak pada perbedaan proyeksi iklim walaupun untuk satu skenario RCP yang sama. Sehingga, proyeksi iklim dipengaruhi oleh skenario RCP dan model iklim yang dipilih.

Proses simulasi model iklim global memerlukan perangkat komputasi dan sumberdaya yang cukup mahal. Dengan pertimbangan ini, luaran model iklim global dilakukan oleh berbagai pusat studi iklim di dunia dan hasilnya dapat diakses oleh publik. Luaran model iklim berupa hasil simulasi kondisi iklim periode *baseline* dan proyeksi, selanjutnya disebut data perubahan iklim, yang dihasilkan masih dalam cakupan global dengan resolusi spasial yang besar atau kasar sehingga tidak dapat langsung digunakan dalam analisis lanjutan. Oleh sebab itu, dilakukan proses peningkatan resolusi spasial melalui berbagai teknik *downscaling* sebagaimana dijelaskan dalam Winkler *et al.* (2011). Selain proses *downscaling*, dalam penyusunan proyeksi iklim yang diperuntukan untuk analisis dampak iklim, disarankan untuk menggunakan lebih dari satu model iklim dengan pertimbangan adanya ketidakpastian dalam proyeksi iklim masa depan. Oleh sebab itu, dalam studi ini digunakan data perubahan iklim dengan pendekatan interpolasi spasial yang dikembangkan oleh Hijmans *et al.* (2005), dengan skenario RCP 4.5 yang digunakan dalam simulasi beberapa model iklim. Pendekatan ini dipilih dengan pertimbangan resolusi spasial yang dimiliki, yaitu 1 km, sudah cukup tinggi dan tersedia untuk beberapa model iklim, sehingga dapat diperoleh serangkaian proyeksi iklim untuk menggambarkan ketidakpastian proyeksi dan dapat digunakan dalam analisis lanjutan. Proses verifikasi melalui pemanfaatan data observasi dan kunjungan lapang juga dilakukan untuk memahami pola iklim wilayah Kabupaten Subang berdasarkan kondisi geografi dan topografi, mengingat terbatasnya data iklim hasil pengamatan yang tersedia. Hasil proyeksi selanjutnya disajikan dalam peta iklim wilayah Kabupaten Subang.



Gambar 1. Pendekatan umum kajian

### 1.3. Tujuan

Tujuan kegiatan ini secara umum adalah menyusun proyeksi iklim Kabupaten Subang untuk periode masa depan yang dapat digunakan sebagai referensi analisis berikutnya serta sebagai salah satu dasar penyusunan rencana pembangunan di masa depan terkait dengan manajemen pertanian berbasis iklim.

## 2. Daftar Istilah

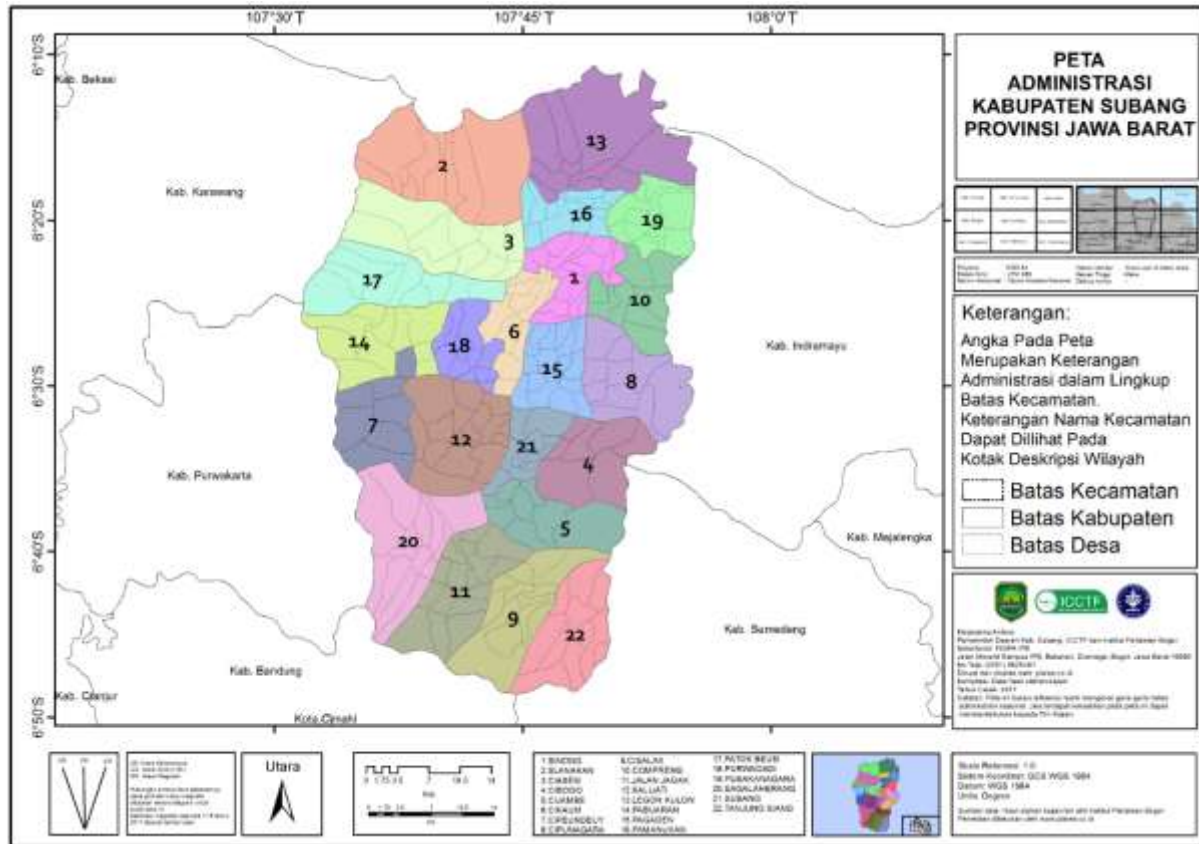
Iklim	:	Kondisi cuaca jangka panjang rata-rata untuk lokasi tertentu di bumi
Worldclim	:	Sebuah layer iklim global (set data) dengan resolusi spasial satu kilometer
GCM	:	<i>Global Climate Model</i> , merupakan bentuk kompleks yang merepresentasikan komponen-komponen utama pembentuk iklim (atmosfer; tutupan permukaan; laut; dan lapisan es di laut ( <i>sea ice</i> ), dan interaksi- interaksi antar komponen tersebut
Proyeksi Iklim	:	kondisi iklim di masa depan dan bagaimana jalur ( <i>pathway</i> ) menuju kondisi tersebut. Interpretasi yang lebih spesifik telah melekat pada istilah "proyeksi iklim" oleh IPCC yang mengacu pada hasil perkiraan model dari iklim di masa depan. Proyeksi iklim merupakan pernyataan tentang kemungkinan bahwa sesuatu akan terjadi pada periode beberapa dekade sampai abad di masa depan jika kondisi tertentu yang berpengaruh terjadi
Prediksi Iklim	:	Upaya untuk menghasilkan suatu estimasi dari evolusi aktual kondisi iklim di masa depan, sebagai contoh, musiman, inter-tahunan, atau skala lebih panjang.
Variabilitas Iklim	:	Variabilitas iklim merujuk pada variasi pada keadaan rata-rata dan statistik (standar deviasi, kejadian ekstrim) dari iklim pada semua skala spasial dan temporal dimana peristiwa tersebut terjadi. Variabilitas bisa disebabkan oleh proses internal dengan sistem iklim (variabilitas internal), atau variasi natural atau <i>anthropogenic external forcing</i> (variabilitas eksternal).
Model Iklim	:	representasi matematis dari model iklim, merupakan model yang menggunakan persamaan matematika untuk menggambarkan perilaku faktor dari sistem bumi (meliputi dinamika atmosfer, lautan, permukaan tanah, makhluk hidup, dan es, serta energi dari matahari) yang mempengaruhi iklim di bumi

<i>Representatif concentration pathway (RCP)</i>	: empat skenario lintasan ( <i>trajectory</i> ) dari konsentrasi gas rumah kaca (bukan emisi) yang diadopsi oleh IPCC untuk Laporan Penilaian kelima (AR5) pada tahun 2014. RCP menggantikan <i>Special Report on Emissions Scenarios (SRES)</i> yang dikeluarkan pada tahun 2000
Skenario Iklim	: Cara untuk mengetahui proyeksi iklim ke depan dengan mempertimbangkan berbagai hal yang mempengaruhi kondisi iklim atau representasi sederhana dan logis tentang keadaan iklim masa depan, berdasarkan hubungan yang konsisten dari parameter klimatologi yang dibangun secara eksplisit digunakan dalam investigasi untuk konsekuensi potensial dari perubahan iklim antropogenik, yang sering sebagai input untuk model. Proyeksi iklim sering digunakan untuk bahan dasar dalam membangun skenario iklim, tetapi skenario iklim biasanya memerlukan tambahan informasi seperti pengamatan iklim
<i>Baseline</i>	: Informasi awal sebelum adanya intervensi
Kerawanan	: Karakter fisik dari kondisi suatu wilayah yang rentan terhadap bencana tertentu
Analisis Historis	: Pendekatan utama atas dasar data historis dan informasi atau peristiwa terjadi
Analisis statistik	: Pendekatan utama atas dasar prosedur statistik atau analisis
Simulasi	: Pendekatan utama atas dasar model simulasi dinamis
Observasi	: Pendekatan utama atas dasar pengamatan langsung
Empirik/Model Dinamis	: Pendekatan utama atas dasar model yang dikembangkan untuk tujuan tertentu
Titik	: Data berdasarkan unit pada koordinat geografis
<i>Grid</i>	: Data mewakili daerah dalam bentuk persegi ( <i>pixel</i> ) yang memiliki ukuran tertentu
Metode <i>Downscaling</i>	: Sebuah metode yang digunakan untuk memperoleh informasi pada resolusi yang lebih halus berdasarkan masukan kasar
Emisi	: Skenario CO <sub>2</sub> yang dihasilkan seperti SRES atau RCP digunakan untuk mewakili emisi global di masa depan

### 3. Lokasi kegiatan

Kabupaten Subang adalah wilayah di Provinsi Jawa Barat yang terletak di 107°31' – 107°54' Bujur Timur dan 6°1' – 6°49' Lintang Selatan dengan luas wilayah sebesar 205.176 Ha. Kondisi topografi wilayah berada pada ketinggian 0 – 1500 mdpl. Wilayah pesisir berada di wilayah utara meliputi Kecamatan Blanakan dan Legonkulon. Kemudian wilayah dataran rendah 0-250 mdpl berada di wilayah Kecamatan Ciasem, Pamanukan, Pusakanegara, Binong, Patok Beusi, Comprang, Pabuaran, Purwadadi, Pagaden, dan Cipunegara. Selanjutnya wilayah perbukitan dan dataran tinggi berada di selatan berdekatan dengan Gunung Tangkuban Perahu dengan ketinggian berkisar 750 – 1500 mdpl (di wilayah Kecamatan Sagalaherang, Jalan Jagak, Cislak, dan Tanjung Siang). Dilihat dari tingkat kemiringan lahan, maka tercatat bahwa 80.8% wilayah Kabupaten Subang memiliki tingkat kemiringan 0 – 17 derajat, 10.6% dengan tingkat kemiringan 18 – 45 derajat, sedangkan 8.6% sisanya memiliki kemiringan diatas 45 derajat (BPS Kab Subang 2010). Penggunaan lahan wilayah Kabupaten Subang didominasi oleh

persawahan (wilayah utara), perkebunan (wilayah tengah menuju ke selatan), dan juga pertanian lahan kering.



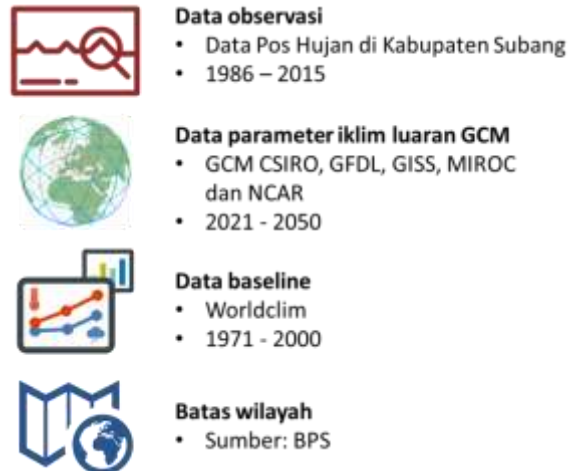
Gambar 2 . Peta administrasi Kabupaten Subang sebagai lokasi studi

## 4. Data, Metodologi dan Prosedur

### 4.1. Data

Penelitian ini sesuai dengan tujuannya adalah untuk mendapatkan informasi tentang kondisi iklim wilayah Subang di masa depan. Informasi ini akan digunakan sebagai salah satu referensi untuk perencanaan pembangunan wilayah. Untuk mencapai tujuan tersebut, pendekatan menggunakan pemodelan menggunakan data observasi serta luaran model dilakukan. Namun demikian, data pendukung berupa data spasial wilayah untuk memberikan gambaran fisik wilayah juga digunakan.

Keseluruhan data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:



Gambar 3. Deskripsi penggunaan data dan sumbernya

### Data observasi

Data observasi diperoleh dari data pos hujan di wilayah kajian berupa Pos Hujan Subang, Cinangling, dan Sindanglaya. Data ini memiliki rentang waktu dari tahun 1986 sampai dengan tahun 2015. Data tersebut hanya terdiri dari data curah hujan. Data tersebut tidak tersedia di keseluruhan tahun, ada data-data pada tahun tertentu yang tidak diperoleh dari data lapangan.

### Data Luaran GCM (Global Climate Model)

Data luaran GCM diperoleh dari GCM CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, dan NCAR. Data tersebut dapat diperoleh dari tautan <http://ccafs-climate.org/>, informasi yang diperoleh dari luaran GCM tersebut memiliki rentang dari tahun 2021 sampai dengan tahun 2050.

Tabel 1. Keterangan berbagai jenis model iklim global (GCM) yang digunakan dalam kajian

No	Model GCM	Definisi	Keterangan
1	CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation)	Model yang dikembangkan oleh Division of Atmospheric Research CSIRO, Melbourne, Australia (Gordon et al, 2002)	Model ini berawal dari model dengan resolusi vertikal 4 level dan resolusi horizontal R21 ( <i>Rhombodial spektral 21</i> ) atau setara dengan 3.2 x 5.6 derajat. Kemudian resolusi vertikalnya dikembangkan menjadi 9 level dan 18 level, sedangkan resolusi horizontalnya dikembangkan menjadi R42 dan kemudian T63 (setara dengan 1.875 x 1.875 derajat). GCM CSIRO merupakan model atmosfer yang dikopel dengan model <i>slap</i> lapisan campuran lautan (kedalaman laut sekitar 150 m) yang menggambarkan interaksi antara atmosfer dengan lautan. Model ini hanya dapat mensimulasikan siklus harian dan musiman, dan hanya dapat memprediksi beberapa parameter iklim (Nugroho, 2001)
2	GFDL ( <i>Geophysical Fluid Dynamics Laboratory</i> )	Salah satu institusi yang sudah lama mengembangkan model sirkulasi umum (GCM), model ini dikembangkan di Universitas Princeton, Amerika Serikat (GFDL,	GFDL mengembangkan dan menggunakan model matematis dan simulasi komputer untuk meningkatkan pemahaman kita terhadap prediksi dari sifat atmosfer, lautan dan iklim. Sejak 1955, GFDL telah melaksanakan banyak penelitian tentang pemodelan perubahan iklim global yang memiliki peranan penting di dunia, diantaranya di <i>World Meteorological Organization</i> (WMO), <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (IPCC), dan U.S. <i>Climate Change Science Program</i>



		2010)	(GFDL, 2010).
3	GISS	Program pemodelan iklim di GISS terutama ditujukan untuk pengembangan model atmosfer-laut digabungkan untuk simulasi sistem iklim bumi.	Model GISS menyediakan kemampuan untuk mensimulasikan konfigurasi yang berbeda dari Model Sistem Bumi - termasuk kimia interaktif atmosfer, aerosol, siklus karbon dan pelacak lainnya, serta standar atmosfer, laut, es laut, dan komponen permukaan tanah. Penekanan utama model ini ditempatkan pada investigasi sensitivitas iklim – secara global dan regional, termasuk respon sistem iklim untuk beragam variabel seperti variabilitas matahari, gunung berapi, antropogenik, dan emisi alami gas rumah kaca, aerosol dll
4	MIROC ( <i>Model for Interdisciplinary Research on Climate</i> )	Model ini dikembangkan oleh <i>Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, dan Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology</i>	MIROC digunakan untuk menghitung variabel iklim menggunakan emisi <i>grid</i>
5	NCAR ( <i>The National Center for Atmospheric Research</i> )	Didirikan pada tahun 1960, memulai usaha GCM pada tahun 1964 di bawah Akira Kasahara dan Warren Washington.	Data sirkulasi atmosfer luaran NCEP/NCAR <i>reanalysis</i> (variabel prediktor) mempunyai dimensi yang tinggi, saling berkorelasi namun resolusi spasial yang cukup kasar

### Data spasial

Data spasial digunakan untuk membatasi wilayah kajian sesuai dengan lokasi studi. Data spasial terdiri dari beberapa data namun yang digunakan untuk membatasi wilayah adalah data batas wilayah. Data tersebut dalam bentuk vektor yang merupakan hasil olahan dari data luaran Badan Informasi Geospasial (BIG) dan Badan Pusat Statistik (BPS). Namun ketersediaan data masih pada tahun-tahun lama, sehingga data spasial Kabupaten Subang yang seharusnya terdiri dari 30 kecamatan saat ini masih tersedia hanya 22 kecamatan karena data tersebut belum diperbaharui.

### 4.2. Metodologi dan Prosedur

Secara umum, penelitian ini dilakukan dalam enam tahap utama, yaitu persiapan data, koleksi, verifikasi, pengolahan, analisis data luaran model iklim dan terakhir adalah visualisasi hasil proyeksi tersebut. Visualisasi ini dilakukan dengan menggunakan sistem informasi geografi untuk memetakan hasil analisis ke dalam wilayah kajian.



Gambar 4. Langkah-langkah pengolahan kajian

Proyeksi perubahan iklim dilakukan berdasarkan hasil keluaran model iklim global (*Global Climate Model*) yang disimulasikan dengan menggunakan skenario *Representative Concentration Pathway* (RCP) (Moss *et al.*, 2010). Skenario RCP merupakan skenario emisi yang dikeluarkan setelah skenario emisi yang dikenal dengan nama *Special Report on Emission Scenarios* (SRES). Berbeda dengan skenario emisi yang dikeluarkan sebelumnya (SRES), RCP memiliki skenario berdasarkan nilai *radiative forcing* ( $Wm^{-2}$ ). Selanjutnya, secara paralel disusun skenario sosial-ekonomi untuk menghasilkan atau merepresentasikan luaran suatu nilai *radiative forcing*. Terdapat empat skenario RCP yang dikemukakan oleh Moss *et al.*, yaitu: RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 dan RCP 8.5.

Analisis penyusunan proyeksi iklim menggunakan skenario iklim luaran model iklim global. Hijmans *et al.* (2005) membentuk informasi klimatologi hasil olahan data iklim yang termasuk dalam *Global Historical Climate Network* (GHCN) dan sumber lainnya dalam skala resolusi 1 km (terdokumentasi dalam WorldClim). Proyeksi perubahan iklim masa depan dilakukan berdasarkan data luaran model iklim CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, dan NCAR pada skenario emisi RCP 4.5. Pemilihan skenario ini didasarkan pada informasi bahwa RCP ini merupakan nilai yang optimistik yang diharapkan mampu menggambarkan kondisi *radiative forcing* di masa mendatang dengan melihat tren pembangunan saat ini. Kriteria tersebut yang mendukung pemilihan dari RCP tersebut. Penggunaan seleksi dengan metode lain seperti *climate distance matrix* (Casajus, 2016) juga menjadi pertimbangan dalam seleksi skenario yang digunakan. Penggunaan seleksi dengan membandingkan *radiative forcing* dengan tren emisi saat ini memiliki keuntungan dari segi ketidakpastian di masa mendatang.

Luaran curah hujan dan suhu udara tahunan, musiman, dan bulanan dari kelima model diperoleh untuk mengkaji perubahan suhu udara dan curah hujan pada tahun 2035 (2021-2050). Rentang waktu tersebut dipilih karena memberikan informasi jangka pendek di masa mendatang dibandingkan dengan periode jangka menengah pada rentang 2051 – 2070 dan rentang jangka panjang (2071 - 2100). Penjelasan tentang pemilihan periode tersebut dijelaskan secara detail dalam definisi terkait dengan penentuan rentang waktu proyeksi iklim menggunakan skenario perubahan *radiative forcing*. Sebagai periode kontrol, luaran model periode 1971-2000 disiapkan agar dapat dihitung perubahan suhu udara dan curah hujan tahunan, musiman, dan bulanan. Penggunaan model-model iklim dan skenario emisi karbon ditujukan untuk mempertimbangkan ketidakpastian dalam proyeksi perubahan iklim.

Skenario perubahan iklim disusun menggunakan teknik *delta method*. Teknik ini sudah digunakan pada berbagai kajian dampak perubahan iklim (Mearns *et al.*, 1997; Tubiello *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2011). Perbedaan suhu udara ( $\Delta T$ ) dan persentase curah hujan (%CH) antara periode masa depan dan *baseline* dihitung berdasarkan perbedaan suhu udara periode masa depan dengan periode *baseline* dan perbedaan total curah hujan periode masa depan dengan periode *baseline* dibagi dengan total curah hujan periode *baseline* dikali 100%.

### **4.3. Ruang Lingkup**

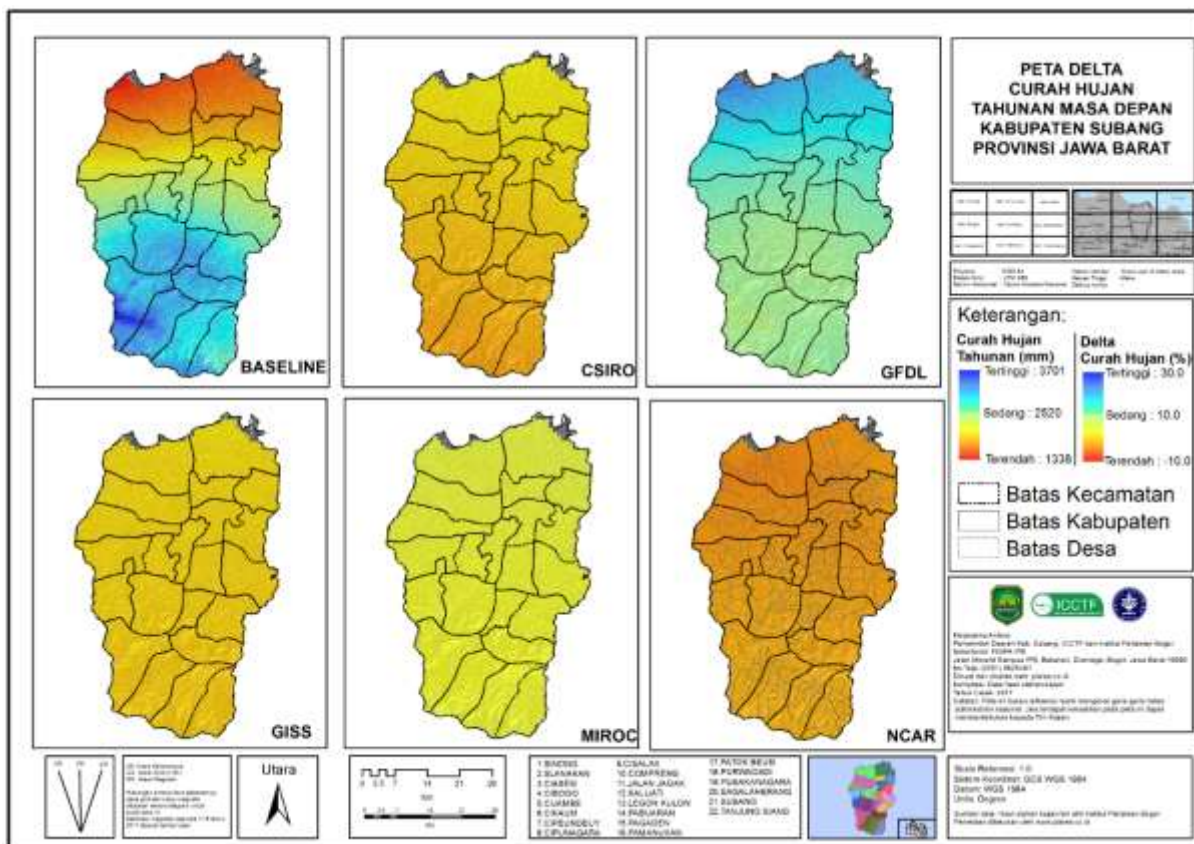
Dalam proses penyusunan kajian ini dipilih lokasi studi di Kabupaten Subang. Lingkup kajian adalah menyediakan informasi variasi jenis iklim kawasan dan proyeksi iklim wilayah. Proses penyusunan laporan ini dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai model iklim untuk mempertimbangkan ketidakpastian proyeksi dalam analisis lanjutan. Proses penyusunan laporan ini dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai model dan skenario. Diantaranya seperti yang dijelaskan di atas model yang digunakan adalah CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, dan NCAR pada skenario emisi RCP 4.5.

## 5. Hasil Proyeksi Iklim Wilayah

### 5.1. Proyeksi Curah Hujan

#### 5.1.1. Curah hujan tahunan dan perubahan curah hujan tahunan

Analisis spasial curah hujan tahunan di Kabupaten Subang dilakukan menggunakan data WorldClim. Sumber data WordClim ini merupakan data reanalisis yang diperoleh dari gabungan beberapa sumber data (Hijman, 2005). Curah hujan tahunan *baseline* (tahun 1971 – 2000) menunjukkan bahwa curah hujan di Kabupaten Subang berkisar antara 1338-3701 mm (Gambar 1). Wilayah dengan curah hujan tinggi berada di wilayah selatan Kabupaten Subang yang didominasi oleh wilayah pegunungan dan dataran tinggi. Semakin ke wilayah utara Kabupaten Subang, curah hujan semakin menurun, dikarenakan semakin berkurangnya ketinggian wilayah tersebut. Curah hujan terendah di Kabupaten Subang terdapat di wilayah Utara Subang, yang merupakan daerah pesisir (Pantai Utara Pulau Jawa).



Gambar 5. Curah hujan tahunan rata-rata tahun 1971 – 2000 (*baseline*) menggunakan data WorldClim dan proyeksi perubahan curah hujan tahunan rata-rata tahun 2021 - 2050 menggunakan model CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, dan NCAR pada RCP 4.5 di Kabupaten Subang

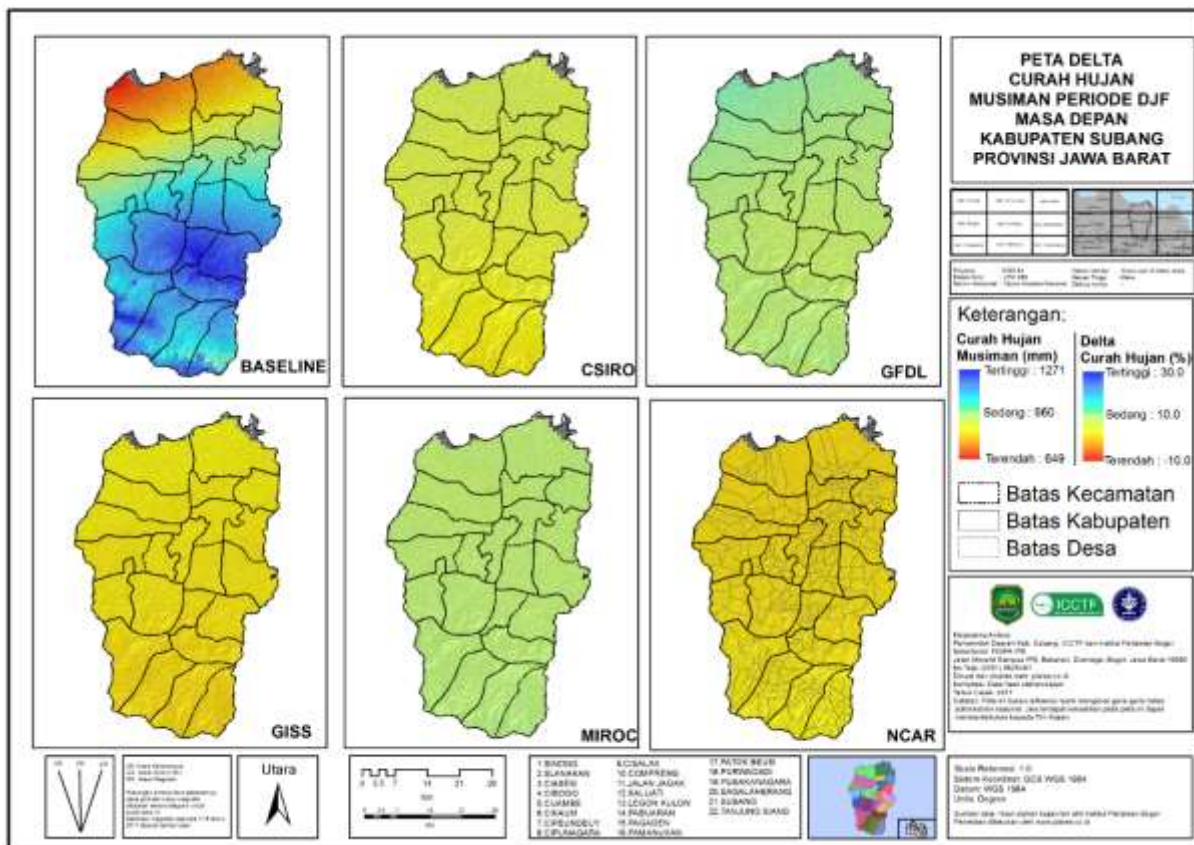
Proyeksi perubahan curah hujan dilakukan untuk melihat kondisi curah hujan di masa depan (tahun 2021 – 2050). Proyeksi dilakukan dengan menggunakan lima model untuk melihat ketidakpastian antar model dalam memproyeksikan kondisi curah hujan di masa depan. Model CSIRO dan NCAR memproyeksikan akan terjadi penurunan curah hujan dengan kisaran penurunan curah hujan 2.5% hingga 4.4% dari curah hujan *baseline* yaitu sekitar 70 mm. Ketiga model lainnya memproyeksikan akan terjadi peningkatan curah hujan, dimana model GFDL memproyeksikan terjadi peningkatan curah hujan

hingga 23% dari curah hujan *baseline* yaitu sekitar 300 mm. Secara spasial, peningkatan curah hujan diproyeksikan terjadi di seluruh wilayah. Untuk wilayah utara Subang, seperti ditunjukkan oleh model CSIRO dan GISS diproyeksikan akan terjadi peningkatan curah hujan yang lebih tinggi dibanding curah hujan wilayah selatan. Sedangkan model lainnya, memproyeksikan wilayah selatan akan mengalami peningkatan curah hujan yang lebih tinggi dibanding curah hujan di wilayah utara Subang.

### 5.1.2. Curah hujan musiman dan proyeksi perubahan curah hujan musiman

#### 5.1.2.1. Curah hujan musim hujan

Curah hujan di wilayah Subang di analisis juga menggunakan data musiman, serta dilakukan analisis proyeksi untuk perubahan curah hujan musimannya. Untuk curah hujan musim hujan Desember-Januari-Februari (DJF) berdasarkan data WorldClim diketahui pada musim DJF rata-rata curah hujan berkisar antara 649 – 1271 mm dengan curah hujan tinggi di wilayah selatan Subang dan semakin menurun curah hujannya pada wilayah utara Subang, dengan wilayah curah hujan terendah terdapat di pesisir Subang.



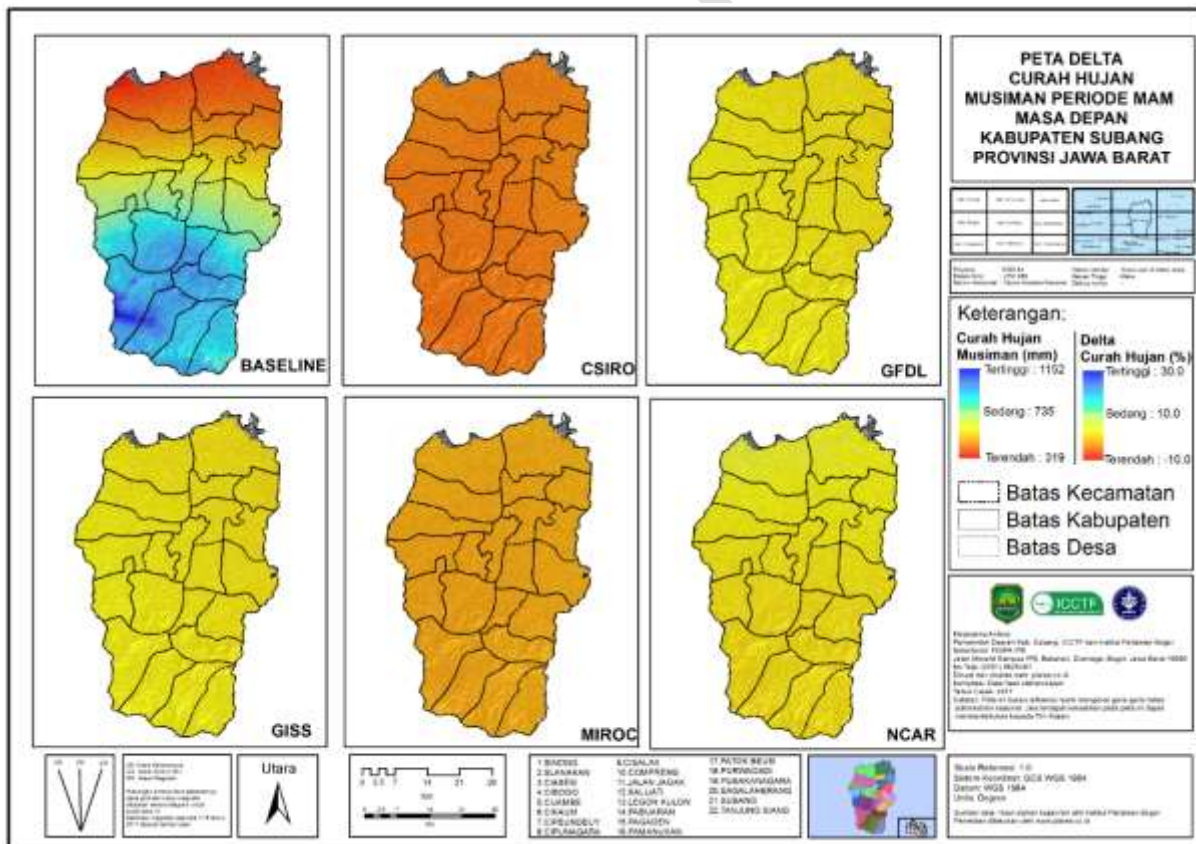
Gambar 6. Curah hujan rata-rata Desember-Januari-Februari (DJF) tahun 1971-2000 menggunakan data worldclim (atas) dan proyeksi perubahan curah hujan DJF tahun 2021 – 2050 (%) menggunakan model CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, serta NCAR pada RCP 4.5 di Kabupaten Subang

Hasil proyeksi dari seluruh model menunjukkan bahwa curah hujan pada musim DJF akan mengalami peningkatan, dengan kisaran diatas 5% dari curah hujan *baseline* yaitu 9 – 112 mm dengan peningkatan curah hujan terjadi di keseluruhan wilayah Subang. Model CSIRO dan GISS memproyeksi curah hujan di wilayah utara akan terjadi peningkatan yang lebih tinggi dibanding wilayah selatan, sebaliknya, model

GFDL, MIROC, dan NCAR memproyeksikan wilayah selatan mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibanding wilayah utara.

**5.1.2.2. Curah hujan musim peralihan 1**

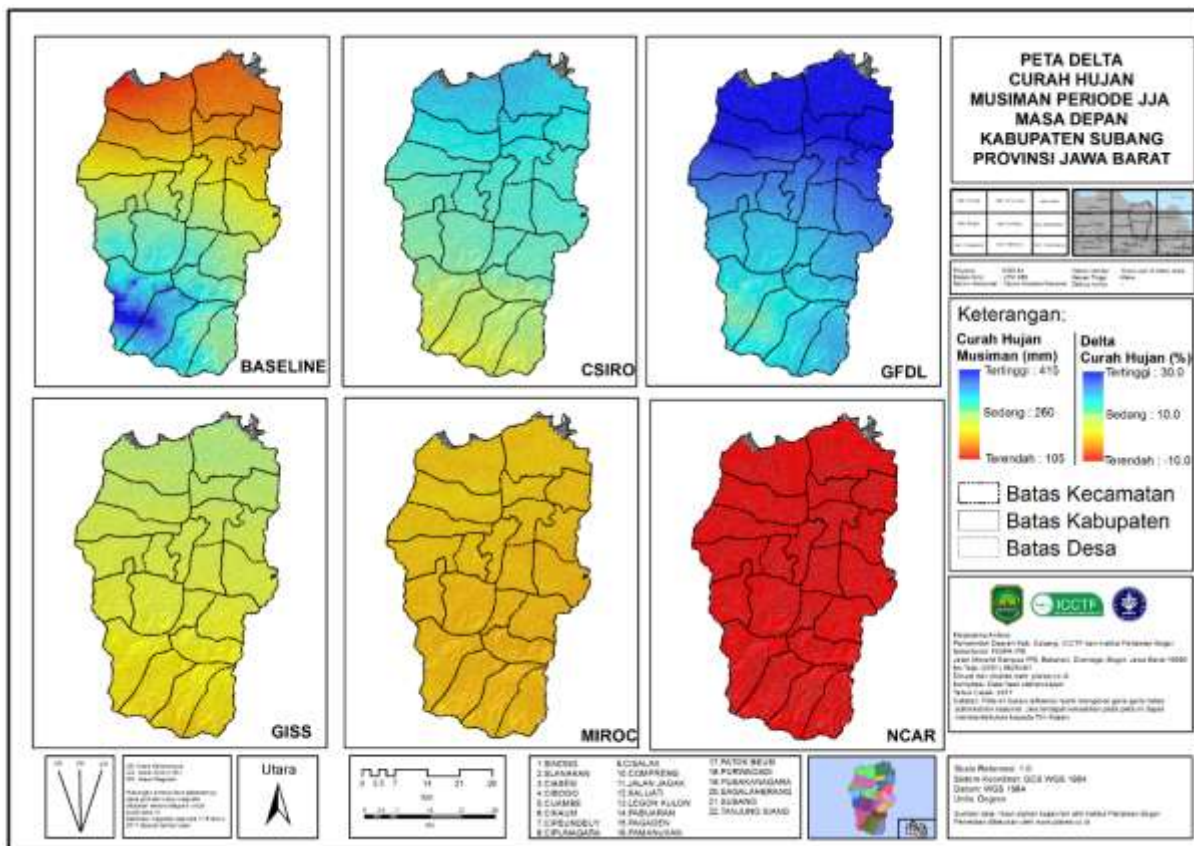
Curah hujan musim peralihan 1 Maret-April-Mei (MAM) untuk wilayah subang berdasarkan data rata-rata *baseline* (tahun 1971 – 2000) memiliki curah hujan berkisar antara 319 hingga 1152 mm. Curah hujan tinggi di wilayah selatan Subang dan rendah di wilayah utara Subang, dengan pola curah hujan yang tidak berbeda jauh dengan curah hujan DJF, hanya terdapat perluasan wilayah dengan curah hujan rendah di bagian tengah Subang. Hasil dari proyeksi menunjukkan adanya peningkatan dan penurunan curah hujan pada curah hujan MAM. Model CSIRO dan MIROC memproyeksikan terjadi penurunan curah hujan sekitar 5% dari curah hujan *baseline* atau kira-kira sebesar 3 hingga 69 mm, dengan penurunan curah hujan terbesar terjadi di wilayah selatan Subang. sedangkan model lainnya memproyeksikan akan terjadi peningkatan curah hujan antara 4 hingga 98 mm (peningkatan 10% dari curah hujan *baseline*), dengan peningkatan terbesar terjadi di wilayah selatan Subang. Berdasarkan hal tersebut, proyeksi untuk curah hujan MAM untuk wilayah selatan Subang memiliki potensi terjadi penurunan dan peningkatan curah hujan.



Gambar 7. Curah hujan rata-rata Maret-April-Mei (MAM) tahun 1971-2000 menggunakan data WorldClim (atas) dan proyeksi perubahan curah hujan MAM tahun 2021 – 2050 (%) menggunakan model CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, serta NCAR pada RCP 4.5 di Kabupaten Subang

### 5.1.2.3. Curah hujan musim kemarau

Curah hujan musim kemarau Juni-Juli-Agustus (JJA) berdasarkan data *baseline* WorldClim memiliki nilai curah hujan antara 105 hingga 415 mm. Curah hujan pada musim JJA termasuk rendah, karena merupakan musim kemarau dilihat dari tipe curah hujan yaitu musonal. Sebaran curah hujan tinggi hanya di sekitar wilayah gunung di selatan Subang, sedangkan seluruh wilayah lainnya memiliki curah hujan yang rendah, dengan wilayah paling rendah terdapat di sekitar pesisir wilayah Subang. Hasil dari proyeksi memperlihatkan bahwa empat dari lima model menunjukkan pada musim JJA akan mengalami peningkatan curah hujan, dengan kisaran 2 hingga 52 mm yaitu peningkatan curah hujan hingga 10% dari curah hujan *baseline*. Model NCAR menunjukkan adanya pengurangan curah hujan hingga 15% dari curah hujan *baseline* atau berkisar antara 62 hingga 91 mm. Berdasarkan proyeksi semua model, curah hujan akan mengalami peningkatan lebih tinggi di wilayah tengah dan utara Subang. Untuk wilayah selatan Subang, proyeksi peningkatan curah hujan tidak terlalu tinggi dari curah hujan *baseline*.

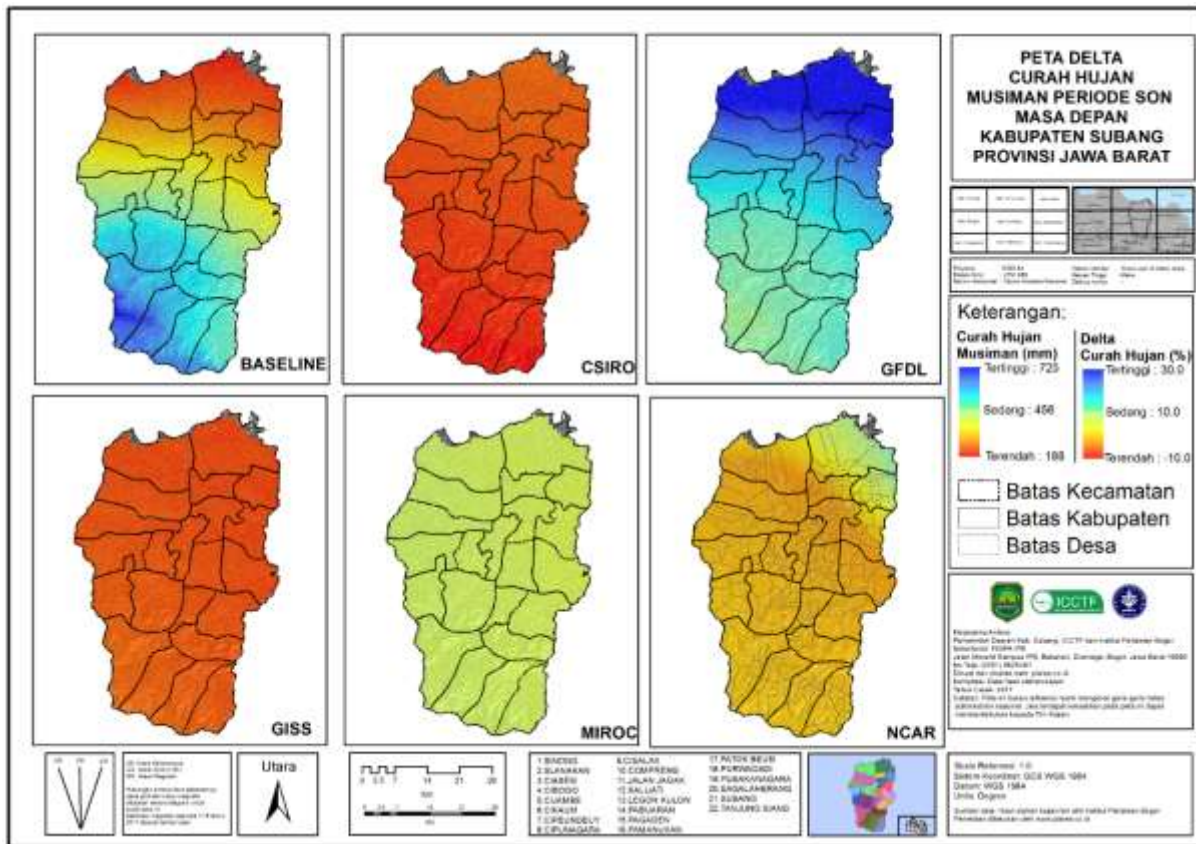


Gambar 8 . Curah hujan rata-rata Juni-Juli-Agustus (JJA) tahun 1971-2000 menggunakan data WorldClim (atas) dan proyeksi perubahan curah hujan JJA tahun 2021 – 2050 (%) menggunakan model CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, serta NCAR pada RCP 4.5 di Kabupaten Subang

### 5.1.2.4. Curah hujan musim peralihan 2

Curah hujan musim peralihan 2 September-Oktober-November (SON) di wilayah Subang memiliki rentang antara 105 hingga 415 mm. Nilai curah hujan pada musim SON memiliki rentang yang sama dengan curah hujan JJA, hanya berbeda wilayah sebaran curah hujan saja. Dimana curah hujan tinggi terdapat di wilayah selatan Subang, dengan wilayah tertinggi terdapat di sebelah barat daya Subang, wilayah yang didominasi oleh pegunungan. Semakin ke arah utara Subang, curah hujan semakin rendah.

Wilayah dengan curah hujan terendah terdapat di pesisir Subang. Proyeksi curah hujan di wilayah Subang menunjukkan terjadi penurunan dan kenaikan curah hujan. Model iklim CSIRO dan GISS memprediksikan akan terjadi pengurangan curah hujan sekitar 9% dari curah hujan *baseline*, dengan rentang penurunan 10 hingga 69 mm. Wilayah yang diproyeksikan mengalami penurunan curah hujan tertinggi adalah wilayah selatan Subang, sedangkan untuk wilayah utara Subang terjadi penurunan curah hujan yang relatif rendah. Model lainnya menunjukkan terjadi peningkatan curah hujan sekitar 10% dari curah hujan *baseline* atau berkisar antara 12 hingga 76 mm. peningkatan curah hujan hasil proyeksi MIROC terdapat di wilayah selatan Subang, namun model NCAR menunjukkan peningkatan curah hujan terjadi di wilayah utara Subang.

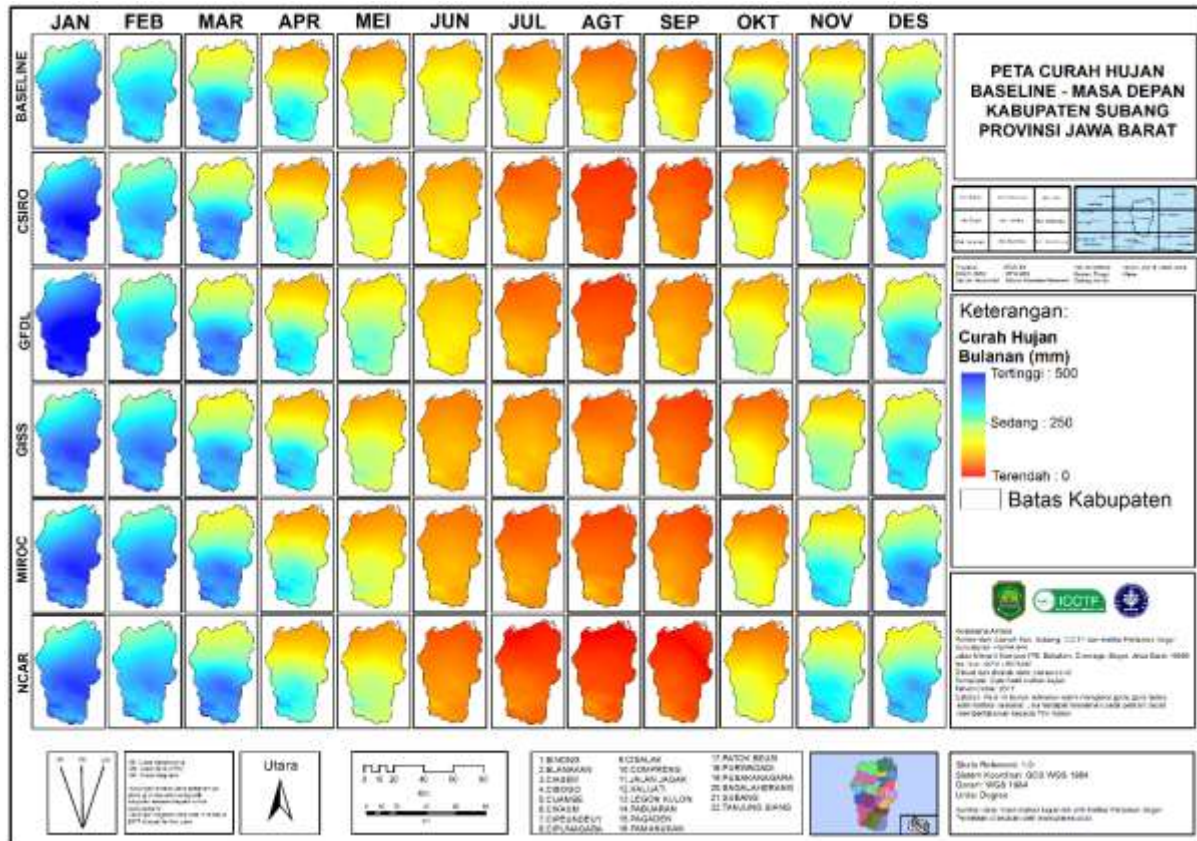


Gambar 9. Curah hujan rata-rata September-Oktober-November (SON) tahun 1971-2000 menggunakan data worlclim (atas) dan proyeksi perubahan curah hujan SON tahun 2021 – 2050 (%) menggunakan model CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, serta NCAR pada RCP 4.5 di Kabupaten Subang

### 5.1.3. Curah hujan bulanan dan proyeksi curah hujan bulanan

Wilayah Subang memiliki pola curah hujan monsunial, dengan curah hujan tinggi pada akhir hingga awal tahun dan rendah pada pertengahan tahun. Berdasarkan curah hujan bulanan di wilayah Subang, dapat dilihat bahwa wilayah selatan Subang memiliki curah hujan yang relatif lebih tinggi setiap bulannya dibanding wilayah tengah dan utara Subang. Berdasarkan rata-rata tahun *baseline* (1971 – 2000), curah hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan Januari dan curah hujan terendah pada bulan Agustus. Proyeksi curah hujan bulanan menggunakan beberapa model menunjukkan bahwa pada musim hujan terjadi peningkatan curah hujan, seperti pada bulan Desember hingga Februari. Pada proyeksi bulan

Desember, terlihat bahwa pada beberapa wilayah terutama wilayah selatan Subang mengalami peningkatan curah hujan. Pada bulan Januari dan Februari, rata-rata keseluruhan Subang mengalami peningkatan curah hujan. Tidak hanya terjadi peningkatan curah hujan, terjadi pula penurunan curah hujan, terutama pada musim kemarau. Pada bulan Juni hingga Oktober, terlihat terjadi pengurangan curah hujan hampir keseluruhan wilayah Subang. Hasil proyeksi model juga memperlihatkan bahwa pada wilayah selatan Subang akan mengalami musim kemarau yang lebih panjang, dimana pada Bulan Oktober di wilayah tersebut mengalami penurunan curah hujan. Secara keseluruhan, hasil proyeksi tersebut menunjukkan bahwa wilayah Subang akan mengalami curah hujan tinggi di musim hujan dan akan mengalami penurunan curah hujan pada musim kemarau. Kedua hal tersebut berpotensi menimbulkan bencana terkait iklim berupa peningkatan kejadian banjir dan kemarau.



Gambar 10. Curah hujan bulanan rata-rata tahun 1971 – 2000 (baseline) menggunakan data WorldClim dan proyeksi curah hujan bulanan rata-rata tahun 2021 - 2050 menggunakan model CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, dan NCAR pada RCP 4.5 di Kabupaten Subang

## 5.2. Proyeksi Suhu Udara

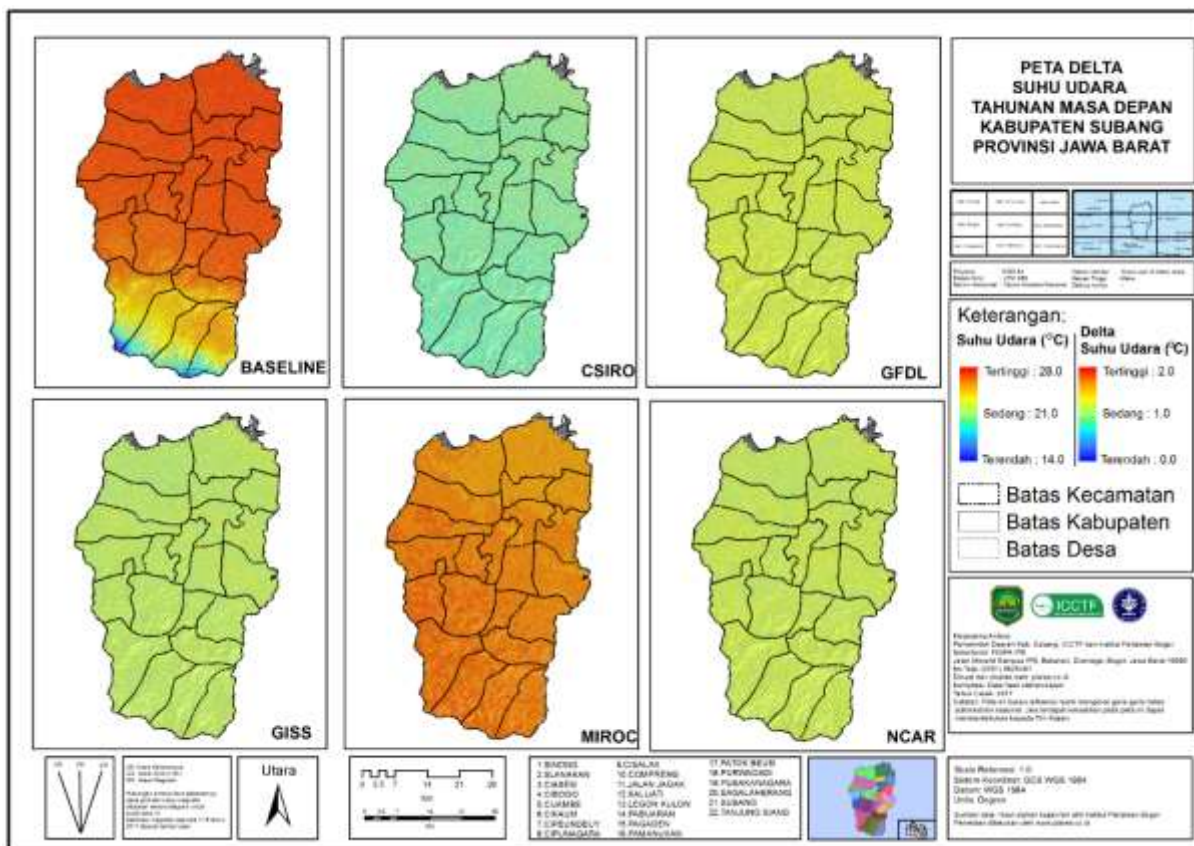
### 5.2.1. Suhu udara tahunan dan proyeksi perubahan suhu udara tahunan

Wilayah Subang memiliki tiga tipe topografi yang berbeda, yaitu wilayah pegunungan, dataran dan pesisir. Perbedaan topografi itu berpengaruh terhadap perbedaan suhu udara pada masing-masing wilayah tersebut. Suhu udara terpengaruh terhadap topografi wilayah, dimana pada wilayah yang tinggi (pegunungan) suhu udara relatif rendah, sedangkan pada wilayah pesisir cenderung memiliki suhu udara



yang tinggi. Analisis suhu udara dilakukan di wilayah Subang pada kondisi *baseline* (1971-2000) menggunakan data WorldClim. Suhu udara di wilayah Subang berkisar antara 14.5° hingga 26.6°C, dengan suhu rendah terdapat di wilayah selatan Subang yang merupakan daerah pegunungan dan suhu tinggi terdapat di wilayah utara Subang yang merupakan daerah pesisir.

Proyeksi di wilayah Subang dilakukan menggunakan lima model, dimana keseluruhan model menunjukkan terjadi peningkatan suhu udara. Peningkatan suhu udara seluruh Subang berkisar antara 0.8° hingga 1.8° C. Dari keseluruhan model, model CSIRO menunjukkan peningkatan suhu udara rendah berkisar antara 0.8° hingga 0.9° C. berbeda dengan model MIROC yang menunjukkan peningkatan suhu yang tinggi yaitu berkisar antara 1.6° hingga 1.8° C. Sedangkan model lainnya menunjukkan peningkatan suhu yang hampir sama yaitu berkisar antara 1° hingga 1.2° C. Berdasarkan hasil proyeksi keseluruhan model, peningkatan suhu udara di wilayah Subang sebesar 1.0° C. Proyeksi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan suhu udara paling tinggi terjadi di wilayah pegunungan (utara Subang).

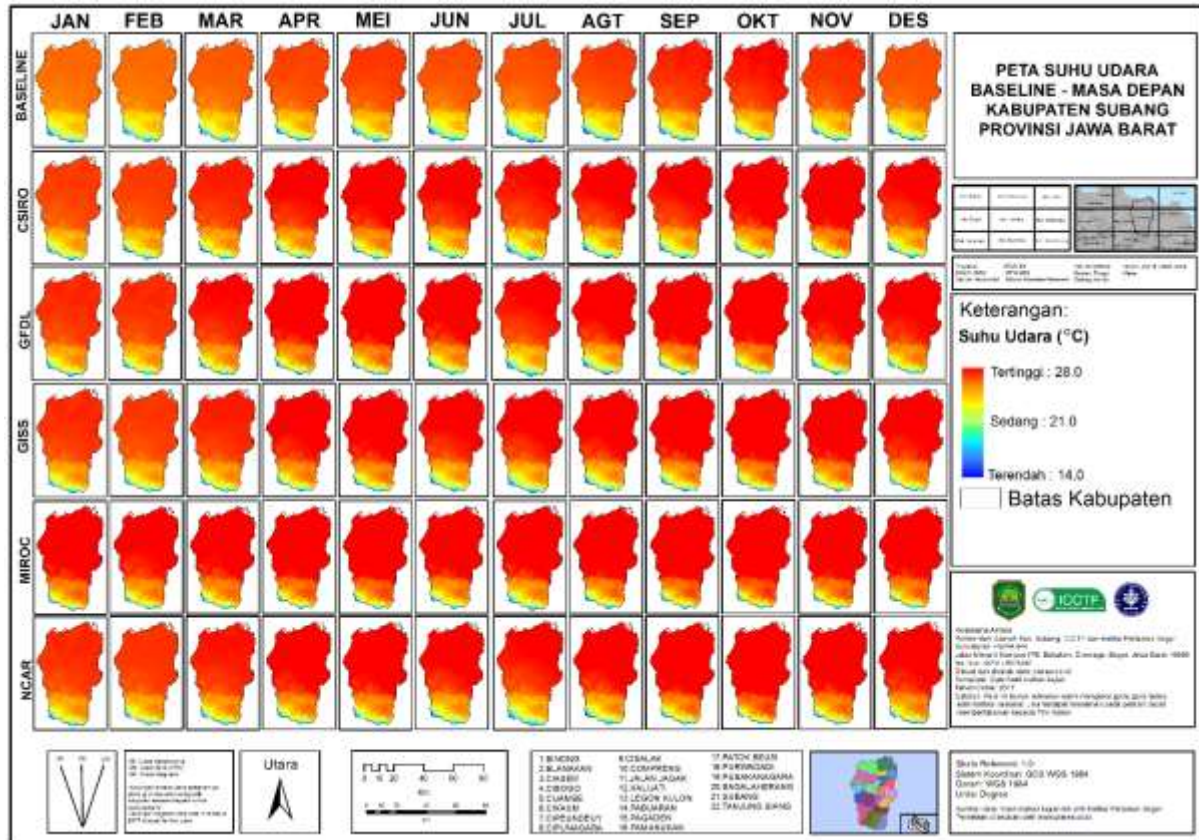


Gambar 11. Suhu udara tahunan rata-rata tahun 1971 – 2000 (*baseline*) menggunakan data WorldClim dan proyeksi perubahan suhu udara tahunan rata-rata tahun 2021 - 2050 menggunakan model CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, dan NCAR pada RCP 4.5 (*bawah*) di Kabupaten Subang

### 5.2.2. Suhu udara bulanan dan proyeksi suhu udara bulanan

Suhu udara bulanan di wilayah Subang berkisar antara 14° hingga 28° C, dengan sebaran suhu tinggi di wilayah pegunungan dan rendah di wilayah pesisir. Berdasarkan keseluruhan bulan, rentang September-Oktober memiliki suhu udara yang relatif lebih tinggi dibanding bulan lainnya, sedangkan bulan lainnya relatif memiliki sebaran suhu udara yang tidak berbeda jauh. Berdasarkan proyeksi dari kelima model, wilayah Subang memiliki potensi peningkatan suhu berkisar antara 0° hingga 2° C. Peningkatan suhu

udara cukup tinggi terutama di wilayah pegunungan. Berdasarkan kelima model, dapat terlihat bahwa model CSIRO memprediksikan peningkatan suhu udara tidak terlalu besar dengan kisaran suhu dibawah 1° C, terbalik dengan model MIROC yang menunjukkan peningkatan suhu udara yang cukup besar dengan kisaran suhu diatas 1.5° C. Perbedaan nilai proyeksi antar model ini memberikan ketidakpastian dalam memproyeksikan perubahan suhu udara pada masa yang akan datang. Namun, dari hasil proyeksi tersebut dapat diketahui bahwa wilayah Subang akan terjadi peningkatan suhu, dengan peningkatan tertinggi sekitar 2° C. Peningkatan suhu ini tentunya akan berpengaruh pada keadaan lingkungan terutama pada komoditas pertanian. Sehingga, diperlukan upaya untuk memperlambat peningkatan suhu udara tersebut.



Gambar 1 Suhu udara bulanan rata-rata tahun 1971 – 2000 (baseline) menggunakan data WorldClim dan proyeksi perubahan suhu udara bulanan rata-rata tahun 2021 - 2050 menggunakan model CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, dan NCAR pada RCP 4.5 di Kabupaten Subang

### 5.3. Ketidakpastian

Pada luaran proyeksi iklim ini telah menggunakan lima model iklim CSIRO, GFDL, GISS, MIROC, dan NCAR pada RCP 4.5. Pada kajian iklim umumnya hanya menggunakan dua model saja. Keterbatasan data iklim wilayah menyebabkan verifikasi data menggunakan data iklim global. Sebagai data pendukung digunakan data Pos Hujan Subang, Cinangling, dan Sindanglaya serta SMPK Sukamandi. Keterbatasan data iklim global adalah pada resolusi dan ketersediaan data selama periode yang sudah ditentukan saja. Selebihnya data tersebut dapat mengakomodasi hasil yang sesuai dengan kondisi yang akan datang dilihat dari kondisi baselinennya

## 6. Deskripsi Hasil Proyeksi Perubahan Iklim Kabupaten Subang

Proyeksi curah hujan dan suhu udara di wilayah Subang menunjukkan bahwa pada masa yang akan datang akan terjadi perubahan pada kedua unsur iklim tersebut. Secara umum, proyeksi total curah hujan berdasarkan 5 model menunjukkan terjadi peningkatan curah hujan terutama pada bulan-bulan musim hujan dan penurunan curah hujan pada bulan-bulan musim kemarau. Secara umum, curah hujan tahunan *baseline* (tahun 1971 – 2000) berkisar antara 1338-3701 mm, proyeksi curah hujan periode masa depan (tahun 2021 – 2050) berdasarkan model CSIRO dan NCAR memproyeksikan akan terjadi penurunan curah hujan, dengan kisaran penurunan curah hujan 33 hingga 72 mm atau sekitar 2% hingga 4% dari total rata-rata curah hujan tahunan *baseline*. Ketiga model lainnya memproyeksikan akan terjadi peningkatan curah hujan, dengan model GFDL memproyeksikan adanya peningkatan total curah hujan hingga 321 mm.

Curah hujan musiman, pada musim DJF akan mengalami peningkatan sampai dengan 112 mm. Untuk musim MAM, model CSIRO dan MIROC memproyeksikan terjadi penurunan curah hujan sampai dengan 69 mm, sedangkan model lainnya memproyeksikan akan terjadi peningkatan curah hujan sampai dengan 98 mm. Pada musim JJA akan mengalami peningkatan curah hujan, sampai dengan 52 mm, hanya model NCAR yang menunjukkan adanya proyeksi penurunan curah hujan sampai 91 mm. Untuk musim SON Model iklim CSIRO dan GISS memprediksikan akan terjadi penurunan curah hujan, sampai 69 mm, sedangkan model lainnya menunjukkan terjadi peningkatan curah hujan sampai dengan 76 mm. Berdasarkan proyeksi curah hujan bulanan, pada bulan Januari dan Februari rata-rata wilayah Subang mengalami peningkatan curah hujan. Selain itu, terjadi pula penurunan curah hujan, terutama pada musim kemarau dan musim peralihan 2, khususnya bulan Juni hingga Oktober.

Proyeksi suhu udara di wilayah Subang menunjukkan terjadi peningkatan suhu udara. Peningkatan suhu udara seluruh subang berkisar antara 0.8° hingga 1.8° C. Dari keseluruhan model, model CSIRO menunjukkan peningkatan suhu udara rendah berkisar antara 0.8° hingga 0.9° C. berbeda dengan model MIROC yang menunjukkan peningkatan suhu yang tinggi yaitu berkisar antara 1.6° hingga 1.8° C. Sedangkan model lainnya menunjukkan peningkatan suhu yang hampir sama yaitu berkisar antara 1 hingga 1.2° C. Berdasarkan rata-rata hasil proyeksi keseluruhan model iklim yang digunakan, peningkatan suhu udara di wilayah Subang sebesar 1° C. Suhu udara bulanan di wilayah Subang berkisar antara 14° hingga 28° C, dengan sebaran suhu tinggi di wilayah pegunungan dan rendah di wilayah pesisir. Untuk seluruh bulan, bulan September-Oktober memiliki suhu udara yang relatif lebih tinggi dibanding bulan lainnya, sedangkan bulan lainnya relatif memiliki sebaran suhu udara yang tidak berbeda jauh.

Proyeksi perubahan curah hujan dan suhu udara ini dapat dijadikan peringatan awal untuk wilayah Subang terutama untuk sektor pertanian yang sangat terpengaruh oleh fluktuasi kondisi iklim. Perubahan pada unsur iklim yaitu perubahan curah hujan dan suhu udara dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman pertanian, sebagai salah satu sektor andalan Kabupaten Subang terutama pertanian padi sebagai salah satu sumber mata pencaharian masyarakat. Adanya peningkatan suhu udara dapat meningkatkan evapotranspirasi yang pada akhirnya meningkatkan kebutuhan air tanaman. Kondisi tersebut berdampak pada kebutuhan air irigasi dengan asumsi varietas padi yang digunakan adalah varietas saat ini. Selanjutnya. Kondisi musim kemarau yang akan lebih kering dapat mengakibatkan musim tanam kedua harus lebih diatur atau dipercepat dan musim tanam ketiga perlu dipertimbangkan pemberian mekanisme irigasi. Pertambahan curah hujan saat musim hujan juga perlu diantisipasi khususnya terkait dengan banjir di lahan pertanian. Kondisi tersebut mendorong perlunya sistem drainase dan irigasi yang lebih baik. Analisis lanjutan diperlukan agar dapat ditelaah dengan lebih lanjut dampak proyeksi perubahan iklim terhadap pola pertanaman padi di Kabupaten Subang, sehingga upaya adaptasi terkait dengan perencanaan dan pengelolaan pertanian

masa depan dapat dilakukan. Potensi dampak terhadap wilayah rawan bencana terkait iklim akibat perubahan curah hujan dan suhu udara juga perlu dipertimbangkan, khususnya dalam menganalisis potensi dampaknya pada kerusakan lahan pertanian produktivitas tinggi.

## 7. Saran pengembangan

Proyeksi perubahan iklim yang dilakukan dalam studi ini diarahkan lebih pada memberikan pemahaman dasar bagi pengguna, yaitu *stakeholders* terkait di Kabupaten Subang mengenai potensi perubahan unsur iklim yaitu curah hujan dan suhu udara di wilayah Subang. Dengan pertimbangan tersebut, luaran model iklim tersedia khususnya untuk periode *baseline* luaran menggunakan data iklim observasi yang terkoleksi pada *Historical Climate Network* dan diolah dengan analisis interpolasi spasial (Hijmans *et al.*, 2005) dan dirilis dalam data WordClim dipergunakan mengingat keterbatasan ketersediaan data observasi yang tersedia untuk wilayah Kabupaten Subang. Data observasi iklim tersedia dan kunjungan wilayah dipergunakan dalam proses verifikasi pola iklim wilayah Kabupaten Subang. Dengan keterbatasan tersebut, arahan pengembangan dapat dilakukan sebagai berikut:

### 7.1. Pengembangan data dan hasil kajian

- Pengembangan sistem observasi stasiun pengamatan iklim perlu diperbanyak disesuaikan dengan analisis kebutuhan jumlah stasiun dalam skala spasial dan vertikal (bentuk topografi). Kerapatan stasiun yang memadai diperlukan khususnya untuk melakukan penyusunan data *reanalysis* yang cukup akurat dalam menggambarkan pola spasial iklim wilayah Kabupaten Subang.
- Ketersediaan data reanalisis berbasis wilayah diperlukan khususnya dalam proses validasi luaran model iklim berbasis *grid* yang dirilis untuk wilayah cakupan spesifik. Dalam penyusunan data *reanalysis*, perlu dipertimbangkan tahapan rekonstruksi data dengan pertimbangan ketersediaan data iklim dalam skala temporal sering juga menjadi kendala, misalnya: adanya data kosong, data yang tidak homogen dan permasalahan lainnya.
- Pemanfaatan sumberdata berbasis *grid* lainnya yang tersedia dalam menyusun informasi spasial iklim wilayah, termasuk pemanfaatan analisis klasifikasi atau regionalisasi iklim untuk mengevaluasi apakah ada perubahan pola iklim spasial di wilayah Kabupaten Subang.
- Luaran proyeksi iklim dalam skala temporal yang lebih detil misalnya harian juga perlu dipertimbangkan khususnya untuk melakukan analisis kejadian ekstrim yang berdampak pada operasional pertanian. Dalam konteks ini, analisis dampak perubahan iklim terhadap variabilitas iklim dapat memberikan gambaran pola iklim ekstrim yang diproyeksikan terjadi. Simulasi menggunakan model iklim resolusi tinggi disesuaikan dengan fenomena cuaca/iklim yang menjadi pusat perhatian menjadi landasan. Sumberdaya komputasi dan kapasitas sangat diperlukan dalam implementasi usulan analisis ekstrim ini, khususnya dalam melengkapi analisis terkait dengan perubahan pola udara atas dalam skala spasial dan vertikal.
- Luaran proyeksi iklim yang dihasilkan dalam kegiatan ini dapat dipergunakan dalam analisis lanjutan seperti memproyeksikan potensi dampaknya terhadap wilayah rawan bencana dan risiko perubahan jadwal tanam terhadap produksi komoditas pertanian, termasuk padi.

### 7.2. Pengembangan Metodologi

- Analisis klasifikasi iklim dan teknik regionalisasi iklim dapat dikembangkan untuk diterapkan terhadap unsur iklim untuk menganalisis perubahan tipe wilayah iklim. Analisis tersebut

bermanfaat untuk memberikan masukan terkait potensi dampak perubahan iklim secara spasial pada wilayah-wilayah sentra produksi pertanian.

- Ketidakpastian informasi iklim di masa mendatang berdasarkan hasil proyeksi luaran model iklim merupakan tema sentral yang perlu dipertimbangkan dalam analisis lanjutan dampak perubahan iklim dan pengambilan keputusan. Metode yang dilakukan dalam analisis ketidakpastian dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai luaran model iklim dan skenario yang mungkin diakses. Permasalahan utama adalah ketersediaan data iklim historis berbasis spasial yang dapat dipergunakan dalam pengembangan skenario iklim.
- Kebutuhan atas luaran model iklim resolusi tinggi diperlukan dalam analisis lanjutan. Kombinasi metode *downscaling* berbasis teknik dinamis melalui penggunaan model iklim regional dan teknik empiris ataupun interpolasi spasial dapat dilakukan, termasuk pemanfaatan metode koreksi akurasi pola dan temporal dengan berbagai teknik statistik.
- Analisis skala temporal yang lebih tinggi misal analisis perubahan iklim harian dapat dilakukan dengan memanfaatkan luaran model iklim yang dirilis oleh NASA, walaupun pemanfaatannya perlu mempertingkan potensi ketidakpastian yang lebih besar dan kebutuhan ketersediaan data iklim observasi harian atau dengan resolusi temporal yang lebih tinggi, misal: per tiga jam.

FINAL

## Daftar Pustaka

- BAPPENAS. 2010. Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap – ICCSR. Syntesis Report. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional.
- BNPB. 2011. Indeks Rawan Bencana Indonesia. Badan Nasional Penanggulangan Bencana – Indonesia
- Boer, R. dan Faqih, A. 2004. Current and Future Rainfall Variability in Indonesia, Paper submitted to Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change (AIACC), (<http://www.enfor.com.ph/publications.html>)
- Casajus N, Périé C, Logan T, Lambert M-C, de Blois S, Berteaux D (2016) An Objective Approach to Select Climate Scenarios when Projecting Species Distribution under Climate Change. *PLoS ONE* 11(3): e0152495. doi:10.1371/journal.pone.0152495
- Cruz, R.V., H. Harasawa, M. Lal, S. Wu, Y. Anokhin, B. Punsalmaa, Y. Honda, M. Jafari, C. Li dan Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- Mearns, L. O., C. Rosenzweig, dan R. Goldberg. 1997. Mean and variance change in climate scenarios: Methods, agricultural applications, and measures of uncertainty. *Clim. Change*, 35, 367-396.
- Moss, R.,H., Edmonds, J.,A., Hibbard, K.,A., Manning, M.,R., Rose, S.,K., van Vuuren, D.,P.,, Carter, T.,R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.,A., Mitchell, J.,F., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.,J., Stouffer, R.,J., Thomson, A.,M., Weyant, J.,P., Wilbanks, T.,J. 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*. 463(7282):747-56.
- N. Huu Ninh. 2007. Asia. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 469-506.
- Tubiello, F. N., C. Rosenzweig, R. A. Goldberg, S. Jagtap, and J. W. Jones. 2002. Effects of climate change on US crop production: simulation results using two different GCM scenarios. Part I: Wheat, potato, maize, and citrus. *Clim. Res.*, 20, 259-270.
- Wang, M., Y. Li, W. Ye, J. F. Bornman, and X. Yan. 2011. Effects of climate change on maize production, and potential adaptation measures: a case study in Jilin Province, China. *Clim. Res.*, 46, 223-242.
- Winkler, Julie A., Guentchev, Galina S., Perdinan, , Tan, Pang-Ning, Zhong, Sharon, Liszewska, Malgorzata, . . . Ustrnul, Zbigniew. (2011). Climate scenario development and applications for local/regional climate change impact assessments: An overview for the non-climate scientist. Part I: Scenario development using downscaling methods. *Geography Compass*, 5(6), 275-300.