

DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KESESUAIAN LAHAN AGROKLIMAT TANAMAN PADI DENGAN SKENARIO SSP245, SSP370, DAN SSP585 STUDI KASUS JAWA TENGAH

Pujiati¹, Mochamad Aryono Adhi², Trinah Wati³
Andreas Kristiawan⁴, Firmansyah⁵

Universitas Negeri Semarang^{1,2}, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
(BMKG)^{1,3,4,5}

pujiati77@students.unes.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan proyeksi gambaran masa depan sejauh mana dampak perubahan iklim mempengaruhi sektor pertanian dan perubahan kesesuaian lahan di Jawa Tengah yang merupakan sentra produksi padi ketiga terbesar di Indonesia sebagai lokasi penelitian. Data Model Iklim Global atau *Global Climate Model (GCM)* digunakan untuk mensimulasikan dinamika atmosfer, lautan, dan daratan untuk memahami dan memproyeksikan kondisi iklim masa lalu, kini, dan masa depan berdasarkan berbagai skenario emisi gas rumah kaca yaitu CMIP6 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 6*). CMIP6 menyediakan kumpulan model yang mengintegrasikan faktor-faktor sosial ekonomi melalui skenario *Shared Socioeconomic Pathways (SSP)* diantaranya skenario SSP245, SSP370 dan SSP585 dengan skala *downscale* 25 km. Data curah hujan dan suhu udara stasiun pengamatan periode (tahun 1991-2014) digunakan sebagai *baseline* dan data proyeksi masa depan CMIP6 periode *near-future* (tahun 2027-2050) dan periode *far-future* (tahun 2077-2100). Metode yang digunakan adalah metode linier regresi dan perhitungan kesesuaian lahan agroklimat untuk tanaman padi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dampak perubahan iklim tidak terlalu berpengaruh signifikan pada pertanian di wilayah Jawa Tengah dalam waktu dekat atau *near-future*, namun perlu diwaspadai bahwa pada periode *far-future* karena kesesuaian lahan agroklimat mengalami penurunan kelas seiring dengan peningkatan suhu rata-rata tahunan di Jawa Tengah. Implikasi penelitian ini dapat dijadikan sebagai rekomendasi perencanaan dan strategi adaptasi di bidang pertanian di wilayah Jawa Tengah.

Kata Kunci: Jawa Tengah, Kesesuaian Lahan Agroklimat, Perubahan Iklim, *Shared Socioeconomic Pathways*

ABSTRACT

This study investigates the long-term impact of climate change on the agricultural sector and land suitability in Central Java—Indonesia's third-largest rice producer. To project future atmospheric, oceanic, and land dynamics, the research utilizes the Global Climate Model (GCM) under the CMIP6 (Coupled Model

Intercomparison Project Phase 6) framework. These models integrate socioeconomic factors through three specific Shared Socioeconomic Pathways: SSP2-4.5, SSP3-7.0, and SSP5-8.5, downscaled to a 25 km resolution. The analysis utilizes historical rainfall and temperature data (1991–2014) as a baseline to evaluate two future windows: the near-future (2027–2050) and the far-future (2077–2100). Employing linear regression and agro-climatic land suitability calculations for rice, the results indicate that while climate change impacts remain relatively stable in the near-term, there is a significant risk for the far-future. Specifically, agro-climatic land suitability is projected to decline in the far-future period, driven primarily by a consistent rise in average annual temperatures across Central Java. These findings serve as a critical evidence-based recommendation for regional agricultural planning and adaptation strategies.

Keywords: *Central Java, Agroclimate Land Suitability, Climate Change, Shared Socioeconomic Pathways*

PENDAHULUAN

Menurut Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2009 yang mengacu pada *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*, perubahan iklim diartikan sebagai perubahan kondisi iklim yang terjadi secara langsung maupun tidak langsung akibat aktivitas manusia. Perubahan iklim merupakan fenomena yang tidak terhindarkan dari pemanasan global yang berdampak luas terhadap berbagai aspek kehidupan manusia yang secara langsung memicu beragam peristiwa seperti kenaikan muka air laut, intensitas kejadian cuaca ekstrem misalnya kekeringan dan banjir, peningkatan suhu yang dapat memicu kebakaran hutan, serta perubahan pola curah hujan yang sulit diprediksi (Bolan, S, et al., 2024).

Sektor pertanian menjadi yang paling rentan terhadap perubahan iklim karena pertumbuhan tanaman sangat peka terhadap fluktuasi cuaca. Hujan merupakan elemen kunci dalam siklus hidrologi yang memiliki dampak besar terhadap ekosistem, khususnya dalam perancangan dan pengelolaan sistem irigasi dan drainase, produksi pertanian, serta pengendalian banjir dan kekeringan (Mesgari, E, et al, 2022). Dalam beberapa tahun terakhir, suhu tahunan rata-rata di kawasan sentra produksi pangan terus meningkat dan diperkirakan akan semakin naik, sehingga menimbulkan dampak serius terhadap produksi pangan (Tran, B. L, et al., 2025).

Jawa Tengah merupakan wilayah dengan kontribusi produksi padi terbesar ketiga secara nasional yang dipilih sebagai lokasi penelitian. Jawa Tengah memiliki curah hujan tinggi serta suhu udara yang mendukung pertumbuhan berbagai komoditas pertanian. Untuk mengurangi dampak negatif dari perubahan iklim perlu diketahui kesesuaian lahan yang tepat pada lokasi tersebut dan ketidaksesuaian suatu daerah tertentu untuk budidaya komoditas tanaman tertentu juga sangat erat

kaitannya dengan iklim dan kondisi tanah (Maharjan, K. L, et al., 2013). Jika kesesuaian lahan yang tepat tidak berhasil diketahui maka tanaman dalam waktu singkat akan menjadi tidak produktif, kecuali jika ada perbaikan teknologi (Kandari, A. M, et al., 2013)

Dalam pendekatan ini, curah hujan menjadi parameter utama yang menentukan untuk informasi klasifikasi iklim Oldeman pada suatu wilayah (Aldiansyah, S, et al., 2023). Curah hujan, suhu, tipe iklim dan ketinggian adalah parameter yang dibutuhkan untuk analisis kesesuaian lahan agroklimat tanaman padi. Dalam rangka memahami dampak perubahan iklim terhadap kondisi iklim di masa mendatang, para ilmuwan telah mengembangkan *GCM* yang terintegrasi dalam program CMIP6 dengan fase terkini proyek perbandingan model terkopel yang bertujuan meningkatkan kemampuan pemodelan proses iklim (Krivoguz, D. 2025). *Ensemble* multi model dibuat berdasarkan distribusi berbagai skenario di sepanjang perkiraan suhu dan curah hujan yang diproyeksikan untuk periode waktu mendatang (Zomer, R, et al.,2025). Proyeksi iklim masa depan memiliki tingkat ketidakpastian tinggi karena dipengaruhi oleh berbagai skenario emisi, interaksi dengan faktor-faktor alami, variabilitas internal iklim, serta perbedaan antar-model. Oleh karena itu, diperlukan skenario berbasis narasi yang dibangun dari jalur sosioekonomi (SSP) yang realistis untuk mengkaji proyeksi perubahan iklim mendatang (Nazarenko, L. S, et al., 2022).

Studi sebelumnya telah banyak menyoroti kompleksitas proyeksi iklim dan dampaknya terhadap sektor pertanian. Secara global, penggunaan model CMIP6 telah mengonfirmasi adanya peningkatan risiko kekeringan dan ketidakseimbangan evapotranspirasi akibat emisi gas rumah kaca, yang secara langsung mengancam ketahanan pangan masa depan (Zomer et al., 2025). Ketajaman proyeksi ini sangat bergantung pada teknis pemodelan, di mana penerapan koreksi bias menjadi krusial untuk meminimalisir kesalahan interpretasi pada tren iklim ekstrem (Zhang et al., 2024), serta perlunya integrasi data observasional untuk mengatasi ketidakpastian sensitivitas iklim yang dipengaruhi oleh faktor aerosol (Bellouin et al., 2020).

Di lingkup nasional, simulasi model iklim terbukti efektif dalam memetakan penurunan produktivitas tanaman, seperti yang dilakukan di Kabupaten Sumedang untuk merumuskan strategi adaptasi pertanian berbasis ilmiah (Candradijaya, 2014). Lebih lanjut, penggunaan data satelit yang diintegrasikan dengan klasifikasi agroklimat Oldeman telah terverifikasi mampu memberikan akurasi tinggi dalam penyesuaian kalender tanam, terutama di wilayah dengan keterbatasan data observasi darat (Aldiansyah & Risna, 2023).

Meskipun beberapa studi telah menggunakan model CMIP6 dan skenario SSP untuk menganalisis dampak perubahan iklim terhadap pertanian, penelitian yang secara khusus mengintegrasikan proyeksi iklim masa depan dengan klasifikasi agroklimat Oldeman untuk kesesuaian lahan padi di wilayah Jawa Tengah masih sangat terbatas. Sebagian besar studi sebelumnya bersifat regional atau terbatas pada skala observasi tertentu, dan belum menggabungkan beberapa

skenario SSP (SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5) untuk menilai perubahan distribusi musim basah dan kering serta implikasinya terhadap pola tanam padi. Penelitian ini memiliki kebaruan dalam melakukan analisis kesesuaian lahan berbasis proyeksi multi-skenario iklim yang dikombinasikan dengan klasifikasi Oldeman untuk memberikan panduan adaptasi pola tanam yang lebih tepat di Jawa Tengah.

Penelitian ini bertujuan melakukan analisis kesesuaian lahan tanaman padi secara maksimal dengan gambaran proyeksi iklim masa depan dengan skenario SSP245, SSP370 dan SSP585 yang dilakukan di wilayah Jawa Tengah. Penjelasan mengenai karakteristik masing-masing skenario tersebut ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Skenario Proyeksi Iklim Berdasarkan SSP menurut Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2021

Skenario	Nama / Jalur	Tingkat Emisi & Mitigasi	Proyeksi Forcing (2100)	Karakteristik Utama
SSP2-4.5	<i>Middle of the Road</i>	Menengah	\$4.5\$ W/m ²	Tren sosial-ekonomi moderat; kemajuan teknologi stabil dengan upaya mitigasi menengah.
SSP3-7.0	<i>Regional Rivalry</i>	Tinggi / Sulit	\$7.0\$ W/m ²	Fragmentasi antar wilayah; pertumbuhan teknologi lambat; ketahanan pangan rendah akibat konflik kebijakan.
SSP5-8.5	<i>Fossil-Fueled Development</i>	Sangat Tinggi	\$8.5\$ W/m ²	Pertumbuhan ekonomi berbasis bahan bakar fosil secara intensif; skenario batas atas untuk dampak ekstrem.

Proyeksi iklim dapat dimanfaatkan untuk menggambarkan kondisi sektor pertanian di masa depan dengan menerapkan klasifikasi tipe iklim Oldeman berdasarkan pada kebutuhan air untuk tanaman padi dan palawija dari jumlah bulan basah dan bulan kering berturut-turut dengan menggunakan data curah hujan sebagai parameter utama. Peta agroklimat yang dihasilkan dapat dijadikan pedoman untuk menentukan pola tanam yang tepat di wilayah Provinsi Jawa Tengah (Madani, I, et al., 2022). Hasil Penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam penyesuaian lahan dan pola tanam yang tepat, dan memberikan rekomendasi melalui pemerintah daerah sebagai upaya adaptasi dan mitigasi terhadap dampak perubahan iklim di wilayah Jawa Tengah.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Data Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Jawa Tengah yang memiliki luas sekitar 32.800,69 km², dengan posisi geografis antara 5°40' hingga 8°30' Lintang Selatan dan 108°30' hingga 111°30' Bujur Timur, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1. Wilayah ini memiliki topografi yang beragam, mulai dari dataran rendah

pesisir hingga pegunungan, sehingga memengaruhi variasi iklim mikro yang ada. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari berbagai institusi resmi, antara lain Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data tersebut mencakup curah hujan observasi dari 53 pos hujan dan data suhu udara dari Stasiun Klimatologi Jawa Tengah, Stasiun Meteorologi Cilacap, serta Stasiun Meteorologi Tegal dengan periode 25 tahun dari 1991 hingga 2014 yang digunakan sebagai *baseline*.

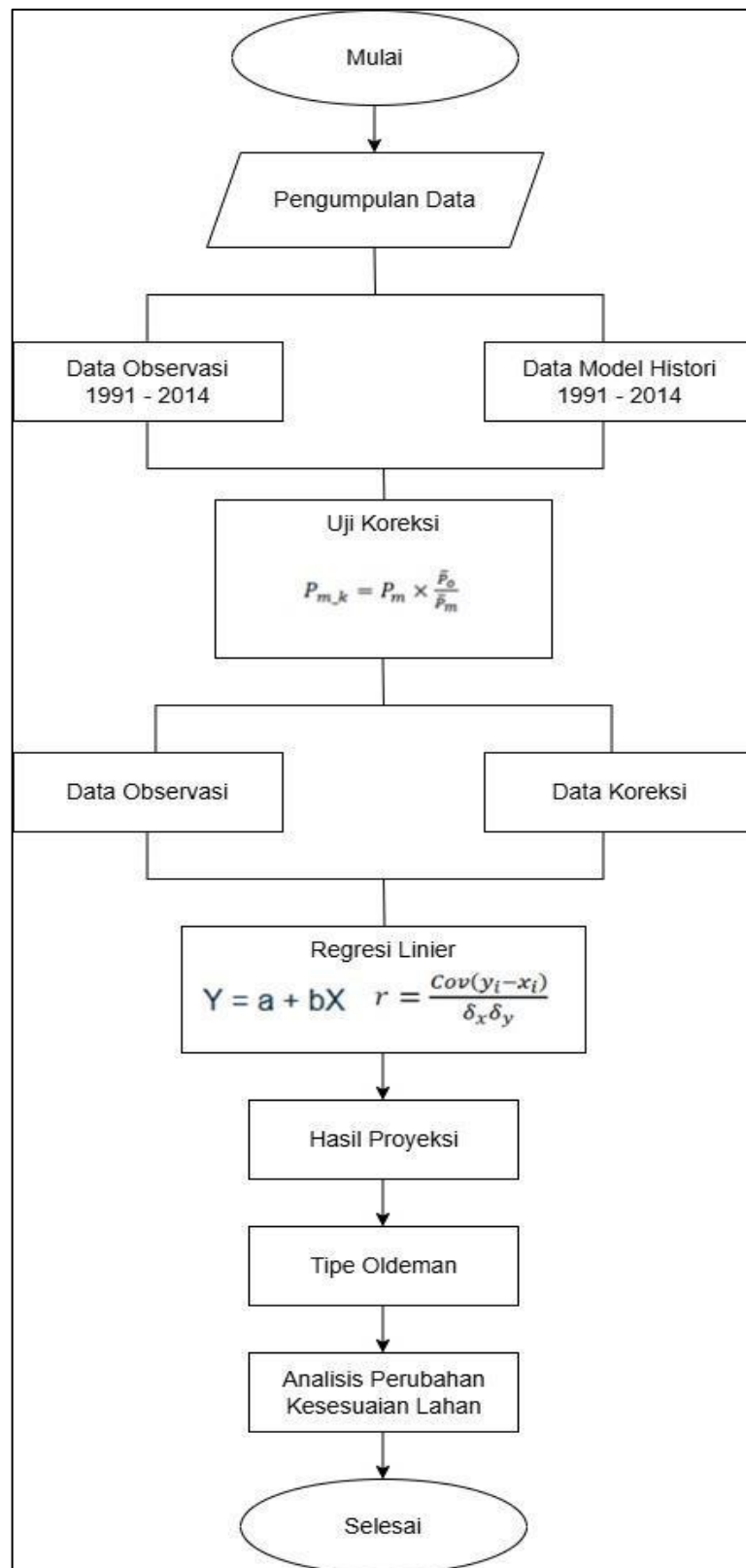
Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data historis hasil model ensemble dari 19 model CMIP6 dengan resolusi spasial 25 km untuk periode yang sama, guna memvalidasi kondisi historis wilayah tersebut. Untuk analisis proyeksi masa depan, digunakan data ensemble dari 19 model CMIP6 dengan resolusi spasial 25 km yang mencakup periode 2027 hingga 2100. Kombinasi data observasi, model historis, dan proyeksi masa depan ini memungkinkan penelitian untuk menganalisis perubahan curah hujan dan suhu udara di Jawa Tengah secara komprehensif, baik dari perspektif historis maupun proyeksi jangka panjang, sehingga dapat memberikan informasi penting untuk perencanaan sektor pertanian, sumber daya air, dan mitigasi bencana. Zona musim di Provinsi Jawa Tengah juga di tunjukkan dalam peta pada Gambar 1 selain batas kabupaten dan provinsi.



Gambar 1. Peta Zom (Zona Musim) Provinsi Jawa Tengah

Gambar 1 Peta Zona Musim (ZOM) Provinsi Jawa Tengah yang menggambarkan variasi periode hujan dan kemarau di setiap wilayah. Wilayah pesisir cenderung memiliki distribusi musim berbeda dibandingkan daerah dataran tinggi dan pegunungan. Peta tersebut penting sebagai acuan perencanaan pertanian, pengelolaan sumber daya air, dan mitigasi bencana terkait iklim. Proses penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap utama persiapan berupa pengumpulan data, pelaksanaan penelitian yaitu koreksi bias, uji hasil koreksi dan validasi, dan analisis

seperti klasifikasi Oldeman dan kesesuaian lahan agroklimat yang secara rinci ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Uji Koreksi

Pengolahan data dilakukan uji koreksi bias (Bias Correction) menggunakan metode rasio rata-rata (mean ratio method) untuk mengoreksi data curah hujan dari model iklim (CMIP6) agar lebih sesuai dengan data observasi (Misnawati, M, et al., 2018) di jelaskan pada persamaan 1.

$$P_{m.k} = P_m \times \frac{\bar{P}_o}{\bar{P}_m} \quad (1)$$

$P_{m.k}$ = Curah hujan bulanan model terkoreksi

P_m = Curah hujan bulanan model sebelum dikoreksi

\bar{P}_o = Rata – rata curah hujan periode historis observasi

\bar{P}_m = Rata – rata curah hujan periode historis model

Sedangkan untuk suhu udara terkoreksi dihitung berdasarkan persamaan 2 (Sperna Weiland, F. C, et al., 2010):

$$T_{MODEL_KOR} = T_{MOD} + (\bar{T}_{OBS} - \bar{T}_{MOD}) \quad (2)$$

T_{MODEL_KOR} = Suhu udara bulanan model setelah dikoreksi

T_{MOD} = Suhu udara bulanan model sebelum dikoreksi

\bar{T}_{OBS} = Rata – rata suhu udara bulanan periode *baseline* data pengamatan

\bar{T}_{MOD} = Rata – rata suhu udara bulanan periode *baseline* data model

Regresi Linear

Regresi linier merupakan metode statistik yang digunakan untuk menggambarkan pola hubungan antara variabel respon (terikat) dengan variabel prediktor (bebas). Hubungan ini dituangkan dalam bentuk persamaan regresi, yang menunjukkan keterkaitan linier antara variabel dependen (dilambangkan dengan Y) dan satu atau lebih variabel independen, secara umum dituliskan pada persamaan (3):

$$Y = a + \beta_1 X_1 \quad (3)$$

Y = Variabel dependen (terikat)

X_1 = Variabel independen (bebas)

a = Konstanta atau intersep (*intercept*)

β_1 = Koefisien regresi

Korelasi digunakan untuk menunjukkan adanya hubungan linier antara suatu peristiwa dengan peristiwa lainnya, yang tercermin melalui perubahan nilai variabel. Jika dua variabel, X dan Y, memiliki keterkaitan linier, maka nilai X yang sudah diketahui dapat digunakan untuk memperkirakan atau mengestimasi nilai Y. (Sergio, A, et al., 2022). Perhitungan nilai r dijelaskan pada persamaan 4.

$$r = \frac{Cov(y_i - x_i)}{\delta_x \delta_y} \tag{4}$$

$Cov(y_i - x_i)$ = Kovarian

x_i = Nilai curah hujan observasi pada waktu ke-i (mm)

y_i = Nilai curah hujan model pada waktu ke-i (mm)

Tabel 2 menyajikan tingkat hubungan antarvariabel yang dianalisis menggunakan koefisien korelasi, sehingga pembaca dapat melihat sejauh mana variabel-variabel tersebut saling berhubungan.

Tabel 2. Tingkat Hubungan Berdasarkan Koefisien Korelasi

Nilai r	Interpretasi
0	Tidak berkorelasi
0.01 – 0.20	Korelasi sangat rendah
0.21 – 0.40	Rendah
0.41 – 0.60	Agak rendah
0.61 – 0.80	Cukup
0.81 – 0.99	Tinggi
1	Sangat Tinggi

Dari Tabel 2, nilai koefisien korelasi (r) diinterpretasikan sebagai berikut: nilai 0 menunjukkan tidak adanya korelasi, 0,01–0,20 sangat rendah, 0,21–0,40 rendah, 0,41–0,60 agak rendah, 0,61–0,80 cukup, 0,81–0,99 tinggi, dan 1 sangat tinggi. Dengan demikian, semakin mendekati 1 atau -1, hubungan antarvariabel semakin kuat, sedangkan nilai mendekati 0 menunjukkan hubungan yang lemah atau tidak ada sama sekali.

Klasifikasi Tipe Iklim Oldeman

Klasifikasi iklim menurut Oldeman disusun berdasarkan ketersediaan air yang dibutuhkan oleh tanaman pangan utama seperti padi dan palawija (Oldeman dan Frere. 1982). Sistem klasifikasi ini menggunakan indikator jumlah bulan basah yang terjadi secara berturut-turut, dengan kriteria yang ditentukan berdasarkan curah hujan bulanan yaitu bulan basah dengan kriteria curah hujan lebih dari 200 mm dan bulan kering dengan kriteria curah hujan kurang dari 100 mm. Klasifikasi Oldeman dapat dijelaskan pada tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi tipe iklim Oldeman (Tjasyono, 1992)

Tipe Utama	BB Berturut-turut	Sub Divisi	BK Berturut-turut
A	>9	1	<2
B	7-9	2	2-3
C	5-6	3	4-6

D	3-5	4	>6
E	<3		

Berdasarkan pendekatan ini, klasifikasi iklim Oldeman digunakan sebagai dasar untuk menentukan kondisi agroklimat yang sesuai bagi budidaya tanaman padi, termasuk dalam perencanaan pola tanam dan pengelolaan pertanian yang berkelanjutan. Masa tanam tipe iklim Oldeman dapat dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Masa Tanam Oldeman (Oldeman dan Frere, 1982)

Tipe Iklim	Penjabaran Kegiatan	Keterangan
A1, A2	Sesuai untuk padi terus menerus, produksi kurang karena fluks radiasi surya rendah	3 PS umur pendek atau 2 PS + 1 PL
B1	Sesuai untuk padi terus menerus dengan perencanaan yang baik, produksi tinggi bila panen musim kemarau	3 PS umur pendek atau 2 PS + 1 PL
B2	Dua kali padi varietas umur pendek, musim kemarau yang pendek cukup untuk palawija	2 PS + 1 PL
C1	Tanam padi sekali dan palawija dua kali	1 PS + 2 PL
C2, C3, C4	Tanam padi sekali, palawija kedua jangan jatuh pada musim kering	1 PS + 1 PL + 1 SK
D1	Padi umur pendek satu kali, produksi tinggi, palawija	1 PS + 1 PL
D2, D3, D4	Hanya mungkin satu kali padi atau satu kali palawija	1 PS atau 1 PL
E	Terlalu kering hanya mungkin satu kali palawija	1 PL

Dari Tabel 4, terlihat bahwa tipe iklim A1 dan A2 memungkinkan penanaman padi secara terus-menerus meskipun produksinya cenderung rendah karena radiasi surya yang terbatas. Tipe B1 dan B2 mendukung padi terus-menerus atau dua kali tanam padi dengan tambahan palawija, tergantung musim kemarau. Tipe C dan D menuntut kombinasi antara padi dan palawija dengan frekuensi tanam yang lebih terbatas, sedangkan tipe E terlalu kering sehingga hanya memungkinkan satu kali tanam palawija. Secara keseluruhan, tabel ini memudahkan perencanaan pertanian sesuai kondisi iklim, untuk memaksimalkan produksi dan menyesuaikan jenis tanaman yang ditanam.

Kesesuaian Lahan Agroklimat

Kesesuaian agroklimat menurut Food Agricultural Organization (FAO) (1976), adalah tingkat kesesuaian lahan untuk tanaman tertentu. Untuk menentukan tingkat kesesuaian lahan dibutuhkan suatu pengklasifikasian. Klasifikasi kesesuaian lahan adalah penilaian dan pengelompokan dalam arti kesesuaian bagi tanaman tertentu, misalnya kesesuaian untuk tanaman padi. Klasifikasi ini lebih terperinci dengan spesifikasi faktor pembatas dinilai secara kuantitatif. Dibagi menjadi empat. Pertama, kelas sangat sesuai (*very suitable class*) (S1). Lahan tidak mempunyai pembatas yang berat untuk suatu penggunaan tertentu secara lestari, atau hanya pembatas yang kurang berarti dan tidak

mempengaruhi secara nyata terhadap produksi lahan tersebut, serta tidak menambahkan masukan (*input*) dari yang biasa dilakukan dalam mengusahakan lahan.

Kedua, kelas cukup sesuai (*adequate suitable class*) (S2). Lahan mempunyai faktor pembatas agak berat. Berpengaruh terhadap produktivitas lahan tersebut, memerlukan tambahan masukan (*input*). Pembatas tersebut biasanya dapat diatasi oleh petani. Ketiga, kelas sesuai marginal (*Marginally suitable class*) (S3). Lahan yang mempunyai faktor pembatas sangat berat apabila dipergunakan untuk penggunaan tertentu yang lestari. Faktor pembatas ini akan berpengaruh terhadap produktivitasnya, memerlukan tambahan masukan yang lebih banyak daripada lahan yang tergolong S2. Modal tinggi diperlukan untuk mengatasi faktor pembatas pada S3. Keempat, kelas tidak sesuai permanen (N). Lahan yang mempunyai pembatas sangat berat, sehingga tidak mungkin untuk dipergunakan terhadap suatu penggunaan tertentu yang lestari.

Klasifikasi kesesuaian agroklimat padi dalam penelitian ini menggunakan metode *matching* yakni didasarkan pada pencocokan antara kriteria kesesuaian lahan dengan data kualitas lahan. Pengklasifikasian dan pembobotan kesesuaian agroklimat tanaman padi di jelaskan pada tabel 5.

Tabel 5. Pembobotan Kesesuaian Agroklimat (Djaenuddin,Dkk., 2003)

Persyaratan Penggunaan / Karakteristik Lahan	Bobot			
	4	3	2	1
Suhu Udara Rata- Rata Tahunan (°C)	24 - 29	22-24 29-32	18-22 32-35	<18 >35
Curah Hujan (mm/Tahun)	1500	1200-1500	800-1200	<800
Tipe Iklim Oldeman	A1, A2	B1, B2, B3	C1, C2, C3	D1, D2, D3,E
Ketinggian Tempat (m)	<500	<750	<1000	>1000

Dari Tabel 5, setiap karakteristik lahan diberi bobot 1–4, dengan nilai lebih tinggi menunjukkan kesesuaian yang lebih baik. Suhu 24–29°C, curah hujan 1500 mm/tahun, tipe iklim A1–A2, dan ketinggian <500 m mendapat bobot tertinggi, sedangkan kondisi ekstrem atau kurang sesuai diberi bobot lebih rendah.

Tahap selanjutnya yaitu menghitung tingkat kesesuaian dengan cara menjumlahkan nilai bobot dari masing masing unsur tersebut sesuai dengan klasifikasinya yang dijelaskan pada tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi Jumlah Bobot (Djaenuddin,Dkk., 2003)

NO	Jumlah Nilai Bobot	Klasifikasi Kesesuaian Agroklimat
1	14-16	S1
2	10-13	S2
3	6-9	S3
4	<6	N

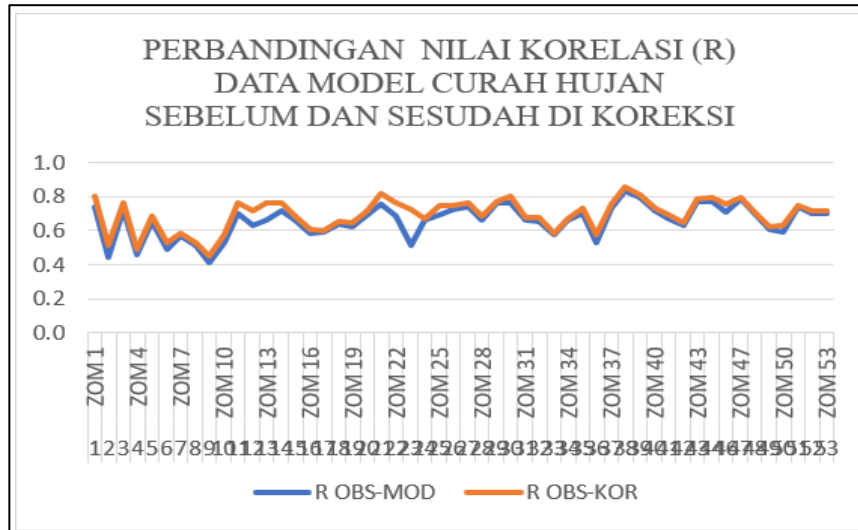
Berdasarkan Tabel 6, jumlah nilai bobot digunakan untuk menentukan kelas kesesuaian agroklimat suatu lahan. Klasifikasi ini dibagi menjadi beberapa

kategori, yaitu nilai 14–16 dikategorikan sebagai S1 (sangat sesuai), nilai 10–13 sebagai S2 (sesuai), nilai 6–9 sebagai S3 (kurang sesuai), dan nilai kurang dari 6 termasuk dalam kategori N (tidak sesuai). Semakin tinggi jumlah bobot yang diperoleh, menunjukkan bahwa lahan tersebut memiliki kondisi agroklimat yang lebih mendukung dan ideal untuk kegiatan pertanian. Dengan kata lain, lahan yang termasuk dalam kategori S1 memiliki potensi terbesar untuk produktivitas pertanian yang optimal, sedangkan lahan yang termasuk dalam kategori N memerlukan intervensi tambahan atau tidak disarankan untuk dijadikan lahan pertanian. Pendekatan ini memudahkan perencanaan dan pengelolaan lahan secara efisien berdasarkan karakteristik agroklimat yang telah ditetapkan.

HASIL PENELITIAN

Uji Koreksi Model

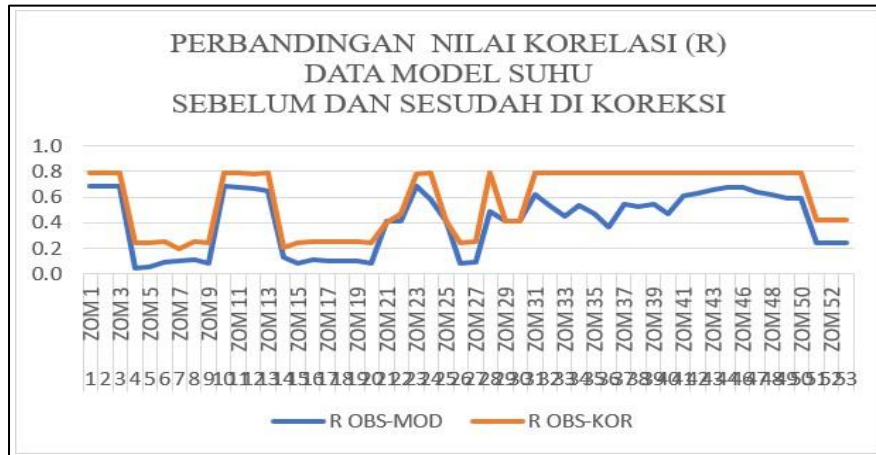
Hasil perhitungan r pada data curah hujan model masing-masing ZOM ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil perhitungan korelasi pada data curah hujan menunjukkan bahwa sebagian besar ZOM di Jawa Tengah mengalami peningkatan nilai r setelah koreksi. Hal ini menunjukkan model setelah koreksi lebih mampu mengikuti pola variasi curah hujan observasi, baik naik atau turunnya nilai maupun waktu kejadiannya. Meskipun demikian, perbedaan besaran volume curah hujan mungkin masih lebih besar dibandingkan observasi, namun pola atau tren waktunya menjadi lebih mirip.



Gambar 3. Nilai Korelasi Data Curah Hujan Setelah Koreksi

Hasil perhitungan korelasi pada data suhu udara menunjukkan bahwa sebagian besar ZOM di Jawa Tengah mengalami peningkatan nilai r setelah koreksi, artinya hubungan antara data model dan observasi menjadi lebih kuat. Pada data suhu peningkatan r cenderung lebih besar karena datanya lebih stabil. Namun ada beberapa ZOM yang kenaikannya kecil, menandakan metode koreksi tidak banyak mempengaruhi pola suhu udara model.

Hubungan korelasi data suhu masing-masing ZOM ditunjukkan pada Gambar 4.

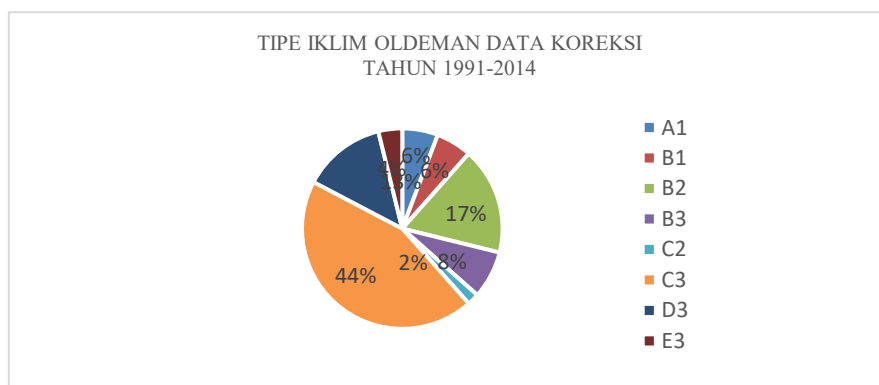


Gambar 4. Nilai Korelasi Data Suhu Udara Setelah Koreksi

Gambar 4 memperlihatkan perbandingan nilai korelasi (R) data model suhu sebelum (biru) dan sesudah koreksi (oranye) untuk setiap Zona Observasi Mikroklimat (ZOM). Setelah koreksi, nilai korelasi meningkat hampir di semua ZOM, menunjukkan bahwa data suhu menjadi lebih akurat dan representatif untuk analisis selanjutnya.

Analisis Tipe Iklim Oldeman Data Curah Hujan Observasi dan Model

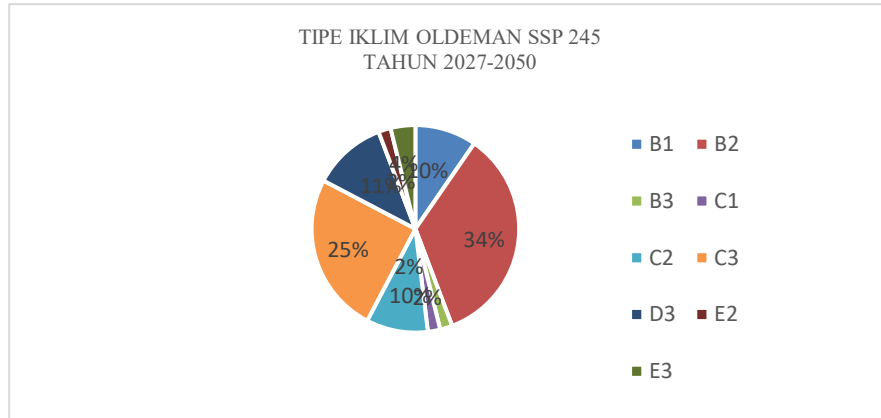
Hasil analisis klasifikasi tipe iklim Oldeman data hujan setelah koreksi pada 53 pos hujan di Jawa tengah menunjukkan sebagian besar wilayah Jawa Tengah termasuk tipe iklim B2 dan C3 yaitu 17% dan 44%, sedangkan tipe iklim D3 sebanyak 13%. Tipe iklim Oldeman D3 ada pada ZOM 1 (Stasiun Meteorologi Tegal), ZOM 12 (Wiradesa Pekalongan), ZOM 13 (Sragi 1 Pekalongan), ZOM 33 (Bawak Klaten), ZOM 36 (Giritontro Wonogiri), ZOM 47 (BPP Winong Pati, ZOM 50 (Mrayun Rembang). Tipe iklim Oldeman E3 ada pada ZOM 48 (Mudal Rembang) dan 49 (Sedan Rembang). Hasil analisis tipe iklim Oldeman data koreksi digambarkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tipe Iklim Oldeman Curah Hujan Koreksi

Analisis Proyeksi Curah Hujan adalah sebagai gambaran iklim masa depan yang dibuat dalam 2 periode yaitu : *Near Future* (2027-2050) dan *Far Future* (2077-2100) dengan tiga skenario : SSP245 (Kenaikan curah hujan tahunan moderat, fluktuasi relatif stabil), SSP370 (variabilitas lebih tinggi, intensitas hujan meningkat pada musim hujan), SSP585 (Musim hujan lebih intens, musim kering lebih panjang).

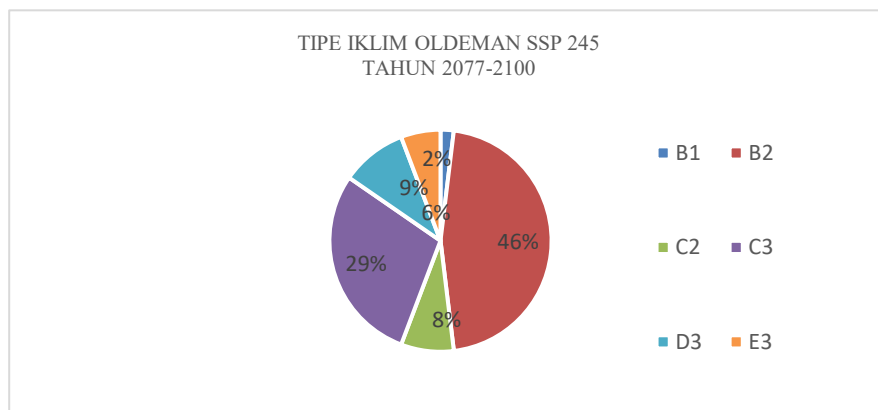
Hasil analisis tipe iklim Oldeman SSP245 tahun 2027-2050 digambarkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Klasifikasi Tipe Iklim Oldeman SSP245 Tahun 2027-2050

Gambar 6 menunjukkan sebagian besar wilayah Jawa Tengah termasuk tipe iklim Oldeman B2 sebesar 34% (Dua kali padi varietas umur pendek musim kemarau yang pendek cukup untuk palawija) dan C3 (Tanam padi sekali palawija kedua jangan jatuh pada musim kering) sebesar 25%, sedangkan tipe iklim D3 sebesar 11%.

Hasil analisis tipe iklim Oldeman SSP245 tahun 2077-2100 digambarkan pada Gambar 7.

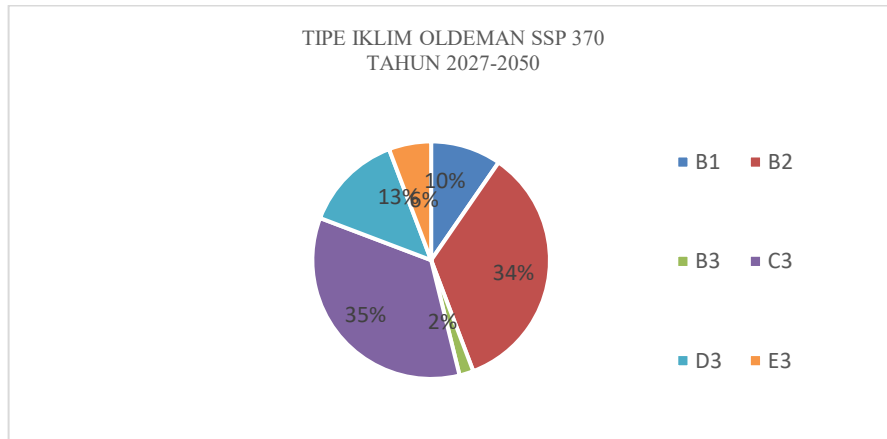


Gambar 7. Klasifikasi Tipe Iklim Oldeman SSP245 Tahun 2077-2100

Gambar 7 menunjukkan hasil analisis klasifikasi tipe iklim Oldeman data hujan pada skenario SSP245 periode tahun 2077-2100 pada 53 pos hujan di Jawa

tengah menunjukkan sebagian besar wilayah Jawa Tengah termasuk tipe iklim B2 dan C3 yaitu 46% dan 29%. Tipe iklim D3 berkurang menjadi 9%.

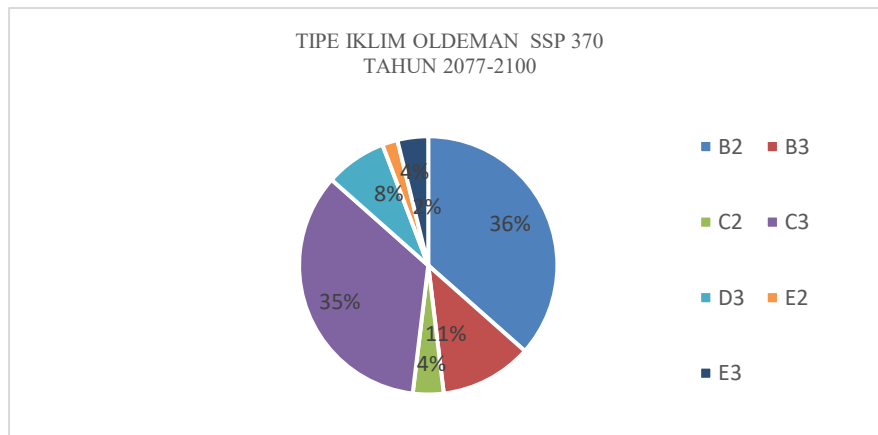
Hasil analisis tipe iklim Oldeman SSP370 tahun 2027-2050 digambarkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Klasifikasi Tipe Iklim Oldeman SSP370 Tahun 2027-2050

Gambar 8 menunjukkan hasil analisis klasifikasi tipe iklim Oldeman data hujan pada skenario SSP370 Periode tahun 2027-2050 pada 53 pos hujan di Jawa tengah menunjukkan sebagian besar wilayah Jawa Tengah termasuk tipe iklim C3 sebesar 35% dan tipe iklim B2 sebesar 34%. Sedangkan tipe iklim D3 sebesar 13%.

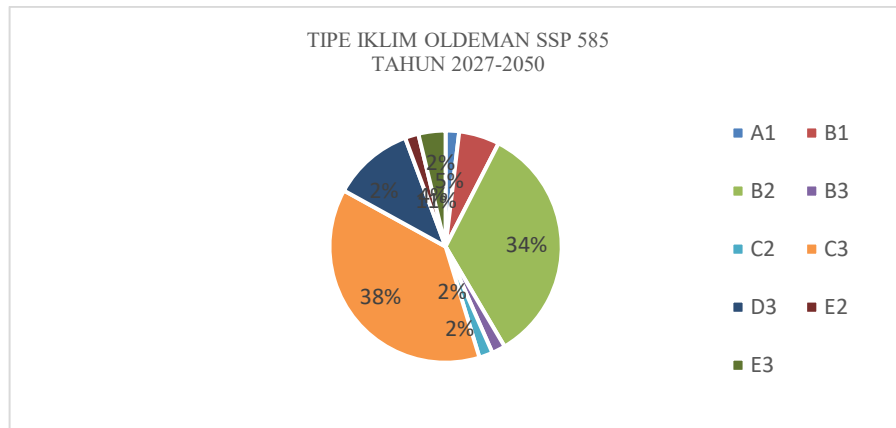
Hasil analisis tipe iklim Oldeman SSP370 tahun 2077-2100 digambarkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Klasifikasi Tipe Klim Oldeman SSP370 Tahun 2077-2100

Gambar 9 menunjukkan hasil analisis klasifikasi tipe iklim Oldeman data hujan pada skenario SSP370 Periode tahun 2077-2100 pada 53 pos hujan di Jawa tengah menunjukkan sebagian besar wilayah Jawa Tengah termasuk tipe iklim B2 sebesar 36% dan C3 sebesar 35%. Pada skenario ini tipe iklim B3 meningkat menjadi 11%.

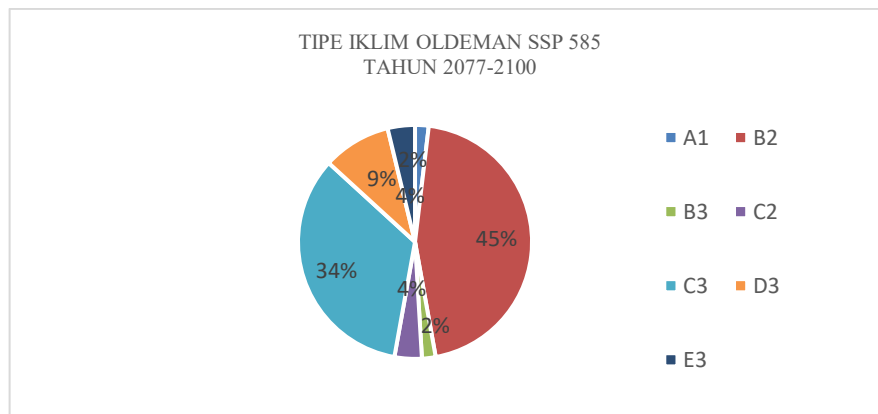
Hasil analisis tipe iklim Oldeman SSP585 tahun 2027-2050 digambarkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Klasifikasi Tipe Iklim Oldeman SSP585 Tahun 2027-2050

Gambar 10 menunjukkan hasil analisis klasifikasi tipe iklim Oldeman data hujan pada skenario SSP585 periode tahun 2027-2050 pada 53 pos hujan di Jawa tengah menunjukkan sebagian besar wilayah Jawa Tengah termasuk tipe iklim B2 dan C3 yaitu 34% dan 38%. Sedangkan tipe iklim D3 sebesar 11%.

Hasil analisis tipe iklim Oldeman SSP 585 tahun 2077-2100 digambarkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Klasifikasi Tipe Iklim Oldeman SSP585 Tahun 2077-2100

Gambar 11 menunjukkan hasil analisis klasifikasi tipe iklim Oldeman data hujan pada skenario SSP585 Periode tahun 2077-2100 pada 53 pos hujan di Jawa tengah menunjukkan sebagian besar wilayah Jawa Tengah termasuk tipe iklim B2 yaitu 45% dan C3 sebesar 34%. Tipe iklim D3 menjadi sebesar 9%.

Analisis Kesesuaian Lahan Agroklimat Tanaman Padi

Hasil analisis kelas kesesuaian lahan agroklimat skenario SSP245 periode *near-future* tahun 2027-2050 dan periode *far-future* tahun 2077- 2100 pada 53 pos hujan di Jawa tengah menunjukkan sebagian besar pada kelas sangat sesuai S1 (*Very*

suitable class). Namun pada periode tahun 2077-2100 menunjukkan adanya penurunan kelas menjadi cukup sesuai S2 (*Adequate suitable class*). Peta kesesuaian lahan agroklimat SSP245 periode tahun 2027-2050 ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Kesesuaian Lahan Agroklimat Skenario SSP245 Tahun 2027-2050

Sedangkan Peta kesesuaian lahan agroklimat periode tahun 2077-2100 ditampilkan pada Gambar 13.



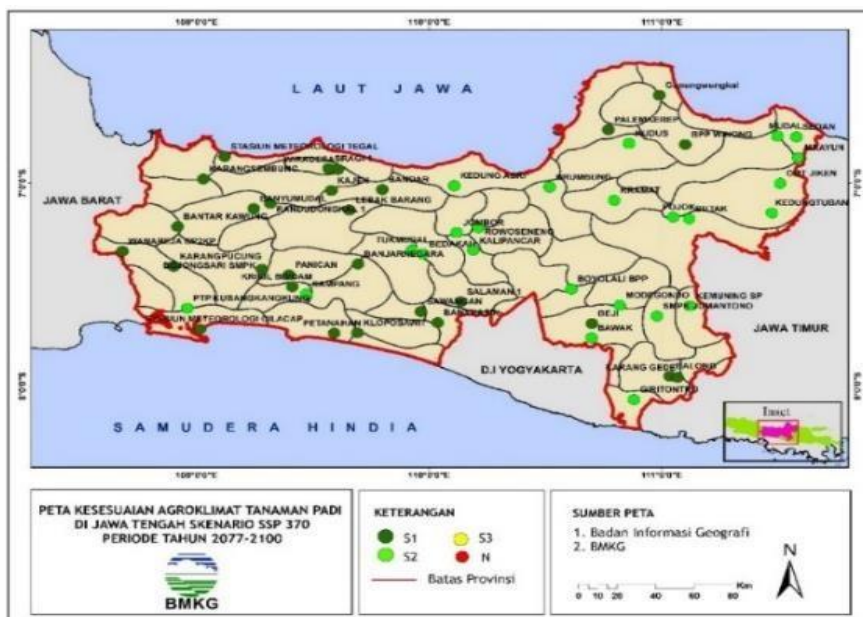
Gambar 13. Kesesuaian Lahan Agroklimat Skenario SSP245 Tahun 2077-2100

Hasil analisis kelas kesesuaian lahan agroklimat skenario SSP370 periode tahun 2027-2050 dan periode 2077-2100 pada 53 pos hujan di Jawa tengah menunjukkan sebagian besar merupakan kelas sangat sesuai S1 (*Very suitable class*) ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Kesesuaian Lahan Agroklimat Skenario SSP370 Tahun 2027-2050

Sedangkan pada periode tahun 2077-2100 menunjukkan adanya penurunan kelas menjadi kelas cukup sesuai S2 (*Adequate suitable class*) dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Kesesuaian Lahan Agroklimat Skenario SSP370 Tahun 2077-2100

Hasil analisis kelas kesesuaian lahan Agroklimat pada skenario SSP585

periode tahun 2027-2050 dan periode 2077-2100 pada 53 pos hujan di Jawa tengah menunjukkan sebagian besar ada pada kelas sangat sesuai S1 (*Very suitable class*) seperti yang ditampilkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Kesesuaian Lahan Agroklimat Skenario SSP585 Tahun 2027-2050

Namun pada periode tahun 2077-2100 menunjukkan ada penurunan kelas menjadi cukup sesuai S2 (*Adequate suitable class*) yang ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Kesesuaian Lahan Agroklimat Skenario SSP585 Tahun 2077-2100

Penurunan kelas kesesuaian menjadi cukup sesuai (S2) pada 2077–2100

menunjukkan bahwa kondisi agroklimat di beberapa wilayah menjadi kurang optimal untuk pertanian di bawah skenario SSP585.

PEMBAHASAN

Uji hasil koreksi bias antara curah hujan dan suhu udara dari *ensemble* model CMIP6 historis dengan data observasi tahun 1991-2014 seperti yang disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan korelasi yang lebih baik dengan observasi setelah data model dikoreksi. Penelitian sebelumnya di wilayah Sumatera juga menunjukkan korelasi meningkat secara signifikan setelah data curah hujan model CMIP6 dikoreksi (Hidayat dan Taufiq, 2025). Supharatid et al., 2022 melakukan koreksi bias model CMIP6 untuk wilayah Asia Tenggara dengan hasil adanya peningkatan (akurasi) yang signifikan ditemukan di sebagian besar wilayah Asia Tenggara, kecuali di wilayah Benua Maritim seperti daerah bertopografi tinggi di Kalimantan, Sulawesi, dan Papua bagian timur.

Hasil analisis tipe iklim Oldeman di masa mendatang pada masing-masing skenario SSP dibandingkan dengan periode baseline (1991-2014) yang disajikan pada Gambar 5 hingga Gambar 11 menunjukkan peningkatan persentase pada tipe iklim B2 dan penurunan persentase tipe iklim C3 dan D3. Pengecualian pada skenario SSP370 periode *far-future* Tahun 2077-2100 dengan adanya peningkatan persentase tipe iklim B3. Persentase peningkatan tipe iklim B2 pada semua skenario periode *near-future* tahun 2027-2050 sama yaitu sebesar 17%. Sedangkan tipe iklim C3 mengalami penurunan pada skenario SSP245, SSP370, dan SSP585 periode *near-future* tahun 2027-2050 yaitu masing-masing 19%, 9%, dan 6%. Penurunan persentase tipe iklim D3 sebesar 2% pada skenario SSP245 dan SSP585 dan tidak ada perubahan pada skenario SSP370. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan curah hujan yang menyebabkan tipe iklim untuk dapat menanam padi varietas umur pendek dua kali dan tanam palawija pada musim kemarau.

Peningkatan persentase tipe iklim B2 di periode *far-future* tahun 2077-2100 lebih tinggi dibandingkan periode *near-future*, masing-masing skenario mengalami peningkatan sebesar 29% pada SSP245, 19% pada SSP370, dan 28% pada SSP585. Penurunan persentase tipe iklim C3 antara lain 15% pada SSP245, 9% pada SSP370, dan 10% pada SSP585. Sedangkan persentase tipe iklim D3 mengalami penurunan 4% pada SSP245 dan SSP585. Penelitian sebelumnya oleh Wandayatolis et al., 2024 mengevaluasi variasi kondisi agroklimat untuk tanaman padi di Sumatera Selatan selama periode 1981–2020 menggunakan klasifikasi Oldeman berbasis data observasi satelit curah hujan. Dalam periode tersebut terjadi pergeseran tipe iklim pada beberapa wilayah seperti tipe iklim B1 dan C2.

Analisis kesesuaian agroklimat di wilayah Jawa Tengah di masa mendatang yang disajikan pada Gambar 12 hingga Gambar 17 menunjukkan sebagian besar pada kelas sangat sesuai S1 periode *near-future* tahun 2027-2050 pada semua skenario SSP. Sedangkan pada periode *far-future* tahun 2077-2100 beberapa wilayah bergeser menjadi kelas S2 cukup sesuai (*adequate suitable class*) pada

semua skenario SSP. Meskipun berdasarkan klasifikasi Oldeman tipe iklim B2 terjadi peningkatan persentase namun secara kelas kesesuaian agroklimat sebagian wilayah Jawa Tengah mengalami pergeseran menjadi kelas S2 yang dapat disebabkan oleh parameter lainnya selain tipe iklim Oldeman.

SIMPULAN

Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian berdasarkan data proyeksi iklim mempengaruhi kesesuaian lahan agroklimat untuk tanaman padi di wilayah Jawa Tengah. Hasil analisis proyeksi dengan skenario SSP245, SSP370, SSP585 periode *near-future* tahun 2027-2050 dan periode *far-future* tahun 2077-2100 pada 53 pos hujan di Jawa tengah menunjukkan sebagian besar wilayah Jawa Tengah termasuk tipe iklim Oldeman B2 dan C3. Tipe iklim Oldeman masa mendatang di wilayah Jawa Tengah diproyeksikan mengalami pergeseran seperti tipe B2, C3 dan D3. Perubahan kelas kesesuaian lahan agroklimat untuk tanaman padi terjadi di periode *far-future* dari kelas S1 menjadi kelas S2 disebagian wilayah Jawa Tengah. Hasil penelitian ini berimplikasi sebagai rekomendasi untuk kebijakan adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim oleh pemangku kebijakan dan untuk menjaga sektor pertanian tetap stabil, terutama pada tanaman padi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldiansyah, S., & Risna, R. (2023). Mapping of Oldeman Agro-Climatic Zone Based on Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station Database in Southeast Sulawesi. *ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 17(2), 174-187. <https://www.semanticscholar.org/paper/Mapping-of-Oldeman-Agro-Climatic-Zone-Based-on-with-Aldiansyah-Risna/ee59900478598fa79aa642c09d5e4ac7a5f70e96>
- Bellouin, N., Davies, W., Shine, K. P., Quaas, J., Mülmenstädt, J., Forster, P. M.,... & Myhre, G. (2020). Radiative forcing of climate change from the Copernicus reanalysis of atmospheric composition. *Earth System Science Data*, 12(3), 1649-1677. <https://essd.copernicus.org/articles/12/1649/2020/>
- Bolan, S., Padhye, L. P., Jasemizad, T., Govarthan, M., Karmegam, N., Wijesekara, H., ... & Bolan, N. (2024). Impacts of climate change on the fate of contaminants through extreme weather events. *Science of The Total Environment*, 909, 168388. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37956854/>
- Djaenuddin, D., Marwan, H., Subagyo, H., Mulyani, A., & Suharta, N. (2003). *Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian (Versi 4)*. Bogor: Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. https://scholar.google.com/citations?view_op=list_works&hl=en&hl=en&user=zy96hBMAAAAJ
- Hidayat, R., & Taufik, M. (2025). Bias Correction of CMIP6 Models for

- Assessment of Wet and Dry Conditions Over Sumatra. *Agromet*, 39(1), 33-39. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/agromet/article/view/63609>
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: *The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Kandari, A. M., Baja, S., & Ala, A. (2013). Agro ecological zoning and land suitability assessment for maize (*Zea mays* L.) development in Button reGENCY, Indonesia. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 2(6), 202-211. <https://scispace.com/pdf/agroecological-zoning-and-land-suitability-assessment-for-3oqfmr0r9.pdf>
- Krivoguz, D. (2025). Analysis of Spatial and Temporal Dynamics of Climate Aridization in Rostov Oblast in 1951–2054 Using ERA5 and CMIP6 Data and the De Martonne Index. *Climate*, 13(7), 151. <https://www.mdpi.com/2225-1154/13/7/151>
- Madani, I., & Wahid, K. A. (2022). Pemetaan zona agroklimat oldeman di Provinsi Jawa Tengah menggunakan data climate hazards group infrared precipitation with station (CHIRPS). *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 3(2), 95-102. <https://jgrs.eng.unila.ac.id/index.php/geo/article/view/99>
- Maharjan, K. L., & Joshi, N. P. (2013). Effect of climate variables on yield of major food-crops in Nepal: A time-series analysis. In *Climate change, agriculture and rural livelihoods in developing countries* (pp. 127-137). Tokyo: Springer Japan. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-54343-5_9
- Mesgari, E., Hosseini, S. A., Hemmesy, M. S., Houshyar, M., & Partoo, L. G. (2022). Assessment of CMIP6 models' performances and projection of precipitation based on SSP scenarios over the MENAP region. *Journal of Water and Climate Change*, 13(10), 3607-3619. <https://iwaponline.com/jwcc/article/13/10/3607/91513/Assessment-of-CMIP6-models-performances-and>
- Misnawati, M., Boer, R., June, T., & Faqih, A. (2018). Perbandingan metodologi koreksi bias data curah hujan chirps. *Limnotek*, 25(1), 18-29. <https://scispace.com/pdf/perbandingan-metodologi-koreksi-bias-data-curah-hujan-chirps-czwfcz0d6r.pdf>
- Nazarenko, L. S., Tausnev, N., Russell, G. L., Rind, D., Miller, R. L., Schmidt, G. A., ... & Yao, M. S. (2022). Future climate change under SSP emission scenarios with GISS-E2. 1. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 14(7), e2021MS002871. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2021MS002871>
- Oldeman, L. R., & Frère, M. (1982). *A study of the agroclimatology of the humid tropics of Southeast Asia* (FAO/UNESCO/WMO Interagency Project on Agroclimatology Technical Report). Food & Agriculture Organization.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000392396>

- Sergio, A., Zen, M. A., Wahyuni, R. K., & Nohe, D. A. (2022, May). Hubungan jumlah penduduk miskin dengan berat badan lahir rendah di Kalimantan Timur menggunakan korelasi Pearson dan Spearman. In *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Statistika* (Vol. 2). <https://scholar.google.com/citations?user=tuUCW0gAAAAJ&hl=id>
- Spurna Weiland, F. C., Van Beek, 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 Sciences*, 14(8), 1595-1621. <https://hess.copernicus.org/articles/14/1595/2010/hess-14-1595-2010.html>
- Supharatid, S., Aribarg, T., & Nafung, J. (2022). Bias-corrected CMIP6 climate model projection over Southeast Asia. *Theoretical & Applied Climatology*, 147. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022ThApC.147..669S/abstract>
- Tjasyono, B. (1992). *Klimatologi Terapan*. Bandung: CV Pionir Jaya. https://library.uicm.ac.id/index.php?p=show_detail&id=1686&keywords=
- Tran, B. L., Tseng, W. C., & Chen, C. C. (2025). Climate change impacts on crop yields across temperature rise thresholds and climate zones. *Scientific Reports*, 15(1), 23424. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-07405-8>
- Wandayantolis, W., Budianta, D., Yakup, Y., & Gunawan, D. (2024). Assessing the Change of Agroclimatic Suitability for Rice Cultivation in South Sumatra, Indonesia. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 46(2), 229-237. <https://agrivita.ub.ac.id/index.php/agrivita/article/view/4230>
- Zomer, R. J., Xu, J., Spano, D., & Trabucco, A. (2025). CMIP6-based global estimates of future aridity index and potential evapotranspiration for 2021-2060. *Open Research Europe*, 4, 157. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39926355/>