

PROYEKSI PERGESERAN TIPE IKLIM OLDEMAN DI WILAYAH KALIMANTAN SELATAN PADA AKHIR ABAD 21 BERDASARKAN SIMULASI CORDEX-SEA

Projected Shift Of The Oldeman Climate Classification In South Kalimantan Region Based On Cordex-Sea Simulations

Mustika Wiratri¹⁾, Badaruddin²⁾, Idiannor Mahyudin³⁾, Emmy Sri Mahreda³⁾, Supari⁴⁾

- 1) Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat
e-mail : mustika.wiratri@gmail.com
- 2) Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat
e-mail : badaruddin.hamdie@ulm.ac.id
- 3) Fakultas Perikanan Universitas Lambung Mangkurat
e-mail : idiannor_pr3@ulm.ac.id, emmy.sri92@yahoo.com
- 4) Pusat Informasi Perubahan Iklim, BMKG
e-mail : supari.bmg@gmail.com

Abstract

Climate change has the potential to alter the spatial pattern of rainfall, which is the primary variable in climate classification. The Oldeman method is one of climate classification techniques focused on agricultural management. This study's objective is to evaluate the spatial changes of the Oldeman climatic type in South Kalimantan, Indonesia as a result of climate change. The climate in the late 21st century is simulated using data from one of the CORDEX-SEA project's products using the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. The shift in climate type was assessed based on the difference of the total area covered by the Oldeman climate classification during the projection period (2071-2095) and that covered during the reference period (1981-2005). The simulation data was corrected first using the linear scaling method to reduce the bias. The skill of model in reproducing Oldeman climate type was evaluated against the surface observation data from 35 sites using the percent of correct (PoC) score method. We found that the bias correction procedure successfully reduced the bias, as evidenced by a 22% rise in the correlation value of monthly rainfall and a -79% reduction in RMSE. By the end of the 21st century, both under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios, the South Kalimantan climate is projected to be dryer, characterized by a decrease in the area covered by wet climate types (type B) and an increase in the area covered by dry and extremely dry climate types (type D and E). We discovered that the RCP8.5 scenario could result in a more tremendous shift in climate type than the RCP4.5 scenario. This study demonstrates that climate change has the potential to result in a shift in the climate classification that must be considered in agriculture policymaking.

Keywords: Climate Change Projection, Cordex-Sea, Oldeman Climate Classification

PENDAHULUAN

Pengamatan suhu global menunjukkan bahwa suhu permukaan pada tahun 2020 telah meningkat sebesar 1.2 °C di atas suhu pada masa pre-industri (WMO, 2021).

Sebagaimana dilaporkan oleh IPCC bahwa meningkatnya suhu global telah menyebabkan terjadinya perubahan pola cuaca dan iklim (IPCC, 2022). Wilayah Amerika Utara, Afrika Barat, Eropa, dan Asia (termasuk Asia

Tenggara) telah mengalami peningkatan curah hujan lebat yang signifikan. Perubahan karakteristik cuaca dan iklim ini berpotensi akan berdampak lebih serius pada ekosistem, lingkungan, dan masyarakat.

Di Indonesia, penelitian terkait berubahnya iklim dalam beberapa dekade terakhir ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Siswanto dkk (2015) meneliti tentang tren suhu di Kota Jakarta dan menemukan bahwa dalam rentang periode 1890–2010 telah terjadi kenaikan suhu sebesar 1.6 °C per 100 tahun. Siswanto juga menemukan bahwa curah hujan harian di Jakarta telah mengalami pergeseran waktu puncak dari sekitar pukul 6 petang pada periode 1971-1980 menjadi sekitar pukul 9 malam pada periode 2001-2010 yang mengindikasikan adanya peran fenomena *urban heat island*. Menggunakan data suhu dan curah hujan dari 88 titik pengamatan, Supari dkk (2016) melaporkan adanya peningkatan suhu yang beragam hampir di seluruh negara dengan tren sebesar 0.18 °C/dekade untuk suhu maksimum dan sebesar 0.30 °C/dekade untuk suhu minimum. Dalam kajian itu, juga dilaporkan adanya peningkatan intensitas hujan harian secara signifikan. Permana dkk (2019) melaporkan hasil observasi terhadap glacier di pegunungan Jaya Wijaya Indonesia yang terus menyusut tutupan saljunya disebabkan terus menghangatnya suhu di bumi. Beberapa penelitian lain dengan data yang lebih pendek dan pada skala area yang lebih kecil dapat ditemukan pada penelitian Amran dkk (2017) untuk wilayah Sulawesi Selatan, Setiawan dan Makmun (2021) untuk wilayah DAS Ciliwung, dan Suryadi dkk (2018) untuk kota Medan, Palembang, dan Semarang yang menyimpulkan bahwa Iklim di Indonesia telah mengalami perubahan.

Berubahnya pola curah hujan di bawah pengaruh global warming akan berdampak pada perubahan zona iklim. Secara global terdapat beberapa literatur terkait berubahnya zona iklim sebagai dampak perubahan iklim. Sebagian besar penelitian itu menggunakan metode klasifikasi iklim Koppen. Pada tahun 2014, Feng dkk melaporkan hasil kajian tentang potensi perubahan zona iklim

Köppen-Trewartha berdasarkan 20 model CMIP5 dan menemukan bahwa zona iklim Köppen-Trewartha akan berubah menjadi tipe iklim yang lebih hangat dan lebih kering. Wilayah dengan tipe iklim sedang, iklim tropis, dan iklim kering diproyeksikan akan meluas, sedangkan wilayah dengan tipe iklim kutub, sub-kutub, dan subtropis diproyeksikan akan menyusut. Feng dkk (2014) menemukan bahwa magnitudo perubahan di bawah skenario RCP8.5 adalah lebih besar dibandingkan dengan perubahan di bawah RCP4.5. Belda dkk (2016) membuat kajian potensi perubahan zona iklim berdasarkan klasifikasi Köppen-Trewartha dengan menggunakan data 30 model CMIP5. Skenario RCP8.5 serta RCP4.5 yang digunakan pada penelitian ini mendapati adanya perubahan yang signifikan, terutama berkurangnya daerah tipe *ice cap*, tundra, dan boreal climate, serta meluasnya tipe iklim *temperate climates*, *dry climates*, dan savanna. Di bawah skenario RCP4.5, sekitar 14% daerah kontinental diperkirakan akan berubah tipe iklimnya pada akhir abad ke-21, sedangkan di bawah skenario RCP8.5 perubahan akan terjadi pada 20% dari daerah kontinental. Yang lebih baru, Beck dkk (2018) melaporkan hasil pemetaan zona iklim Köppen-Geiger global dengan menggunakan data proyeksi dari 32 model CMIP5 dan menunjukkan potensi perubahan zona iklim utamanya di daerah subtropis (*cold-climate*).

Pada skala negara, penelitian terkait perubahan zona iklim bisa ditemukan misalnya pada kajian Chan dkk (2015) untuk wilayah China. Dengan menggunakan data proyeksi dari 31 model CMIP5, Chan dkk menemukan adanya beberapa perubahan pada zona iklim Koppen diantaranya menghilangnya *sub-polar continental winter dry climate* di daerah Timur-laut China dan berkurangnya *alpine climate* di pegunungan tibet.

Di Indonesia penelitian terkait dampak pemanasan global terhadap perubahan tipe iklim masih terbatas. Dengan menggunakan model HadGEM2 (salah satu model dalam project Coordinated Downscaling Experiment-Southeast Asia/CORDEX-SEA)

Kusumo dan Septiadi (2016) melaporkan kajiannya yang dilakukan pada wilayah Sumatera Selatan terkait potensi berubahnya tipe iklim Oldeman dan menemukan bahwa pada akhir abad 21, wilayah dengan tipe iklim kering diproyeksikan akan semakin bertambah luas. Di Provinsi Aceh, Ulfi dkk (2018) juga melakukan kajian dengan menggunakan data model MIROC5 dan menemukan bahwa pada periode 2021-2040, daerah dengan tipe iklim kering akan bertahan sedangkan di daerah dataran tinggi diproyeksikan akan berubah ke tipe lebih basah.

Terbatasnya referensi terkait proyeksi perubahan tipe iklim di Indonesia memberi kami motivasi untuk melakukan penelitian ini. Secara lebih spesifik, kajian kami bertujuan untuk mengidentifikasi potensi perubahan tipe iklim Oldeman di wilayah Kalimantan Selatan di bawah pengaruh *global warming*. Tipe iklim Oldeman didedikasikan untuk pengelolaan pertanian, oleh karena itu hasil penelitian ini harapannya akan menjadi bahan pertimbangan dalam penataan pertanian di Kalimantan Selatan di masa depan.

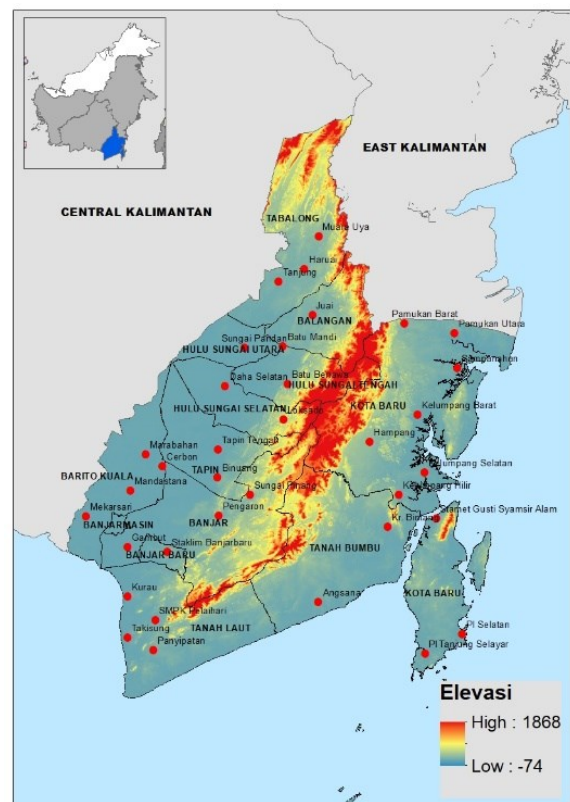
DATA DAN METODE PENELITIAN

a. Data

Wilayah Provinsi Kalimantan Selatan, Indonesia, digunakan sebagai lokasi penelitian yang secara astronomis berada di antara 1° 21' 49" LS – 4° 10' 14" LS dan 114° 19' 13" BT-116° 33' 28" BT. Wilayah ini terbagi menjadi 4 jenis topografi, yaitu pegunungan, perbukitan, dataran aluvial, dan dataran rawa. Di bagian tengah, membujur pada arah utara-selatan, terdapat pegunungan Meratus dengan ketinggian mencapai 1.901 m. Pegunungan ini seolah membelah wilayah Kalimantan Selatan menjadi dua bagian yaitu sisi barat gunung dan sisi timur gunung. Gambar 1 menunjukkan tempat penelitian serta sebaran titik pengamatan turunnya hujan.

Pada studi yang dilakukan digunakan dua jenis data yaitu data dari hasil pengamatan permukaan dan data hasil pemodelan iklim. Data hasil pengamatan permukaan yang

dipilih ialah data curah hujan perbulan antara tahun 1981–2005 dari 35 lokasi pengamatan, yang tersebar di seluruh Kalimantan Selatan. Sebanyak 35 titik pengamatan dipilih karena memiliki kontinuitas data paling baik. Sebaran data permukaan ini terlihat di Gambar 1. Pada umumnya, jumlah *missing values* rata-rata adalah sebesar 23% dengan jumlah paling banyak adalah sebesar 48% terdapat di pos hujan Angsana.



Gambar 1. Tempat Penelitian dan Sebaran Pengamatan 35 Titik Pos Hujan di Kalimantan Selatan

Data lain yang digunakan adalah data simulasi proyeksi iklim hasil *project Coordinated Downscaling Experiment-Southeast Asia* (CORDEX-SEA) (Juneng dkk 2016, Duc dkk 2016, Crus dkk 2017). Data model yang dipilih adalah model CSIRO-MK3.6 yang di-*downscale* menggunakan *Regional Climate Model* versi 3 (RegCM3) dengan resolusi spasial 0.25°x0.25° (~25 km). Data ini diproduksi oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan, Indonesia, BMKG. Data simulasi model tersedia dari tahun 1951-2005 untuk periode *historical run* dan 2006-2100 untuk periode proyeksi. Proyeksi dijalankan

di bawah skenario *the Representative Concentration Pathways* (RCP, (Moss et al. 2010)). RCP merepresentasikan perubahan konsentrasi gas rumah kaca sepanjang abad ke-21. Penelitian ini menggunakan dua tipe skenario, diantaranya skenario RCP4.5 dan RCP8.5. RCP4.5 menggambarkan skenario stabilisasi tanpa *overshooting* pada nilai 4,5 W m⁻², sementara RCP8.5 mencirikan kenaikan radiasi *forcing* yang mengarah ke nilai 8,5 W m⁻² pada akhir abad ke-21.

b. Metode

1) Tipe Iklim Oldeman

Pada tahun 1980, Oldeman dkk menyusun peta agroklimat untuk pulau-pulau besar di Indonesia dengan menggunakan basis data curah hujan. Mereka mengklasifikasikan beberapa tipe iklim di Indonesia dengan dasar jumlah bulan kering dan bulan basah yang berurutan, menggunakan batasan kebutuhan air tanaman, hujan efektif, dan peluang hujan.

Dengan asumsi bahwa hujan efektif ialah 75%, akan dibutuhkan jumlah curah hujan 120 mm/bulan untuk dapat memenuhi jumlah air kebutuhan palawija dan sejumlah 220 mm/bulan untuk padi. Berdasarkan hal tersebut, maka Oldeman dkk menggolongkan bulan kering sebagai bulan dengan curah hujan <100 mm/bulan sedangkan bulan basah >200 mm/bulan.

Oldeman dkk (1980) menggolongkan lima tipe iklim serta lima sub tipe iklim. Tipe iklim adalah penggolongan dari seberapa banyak bulan basah yang terjadi dalam setahun secara berurutan, kemudian sub tipe iklim ialah bulan kering yang ada dalam waktu setahun secara berturut-turut. Tipe Iklim memiliki pembagian nama yang didasarkan huruf latin yaitu tipe A hingga tipe E, kemudian pemberian nama sub tipe menggunakan angka seperti sub 1 hingga sub 5. Kriteria penentuan tipe iklim Oldeman dan tipe agroklimat yang bersesuaian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Penentuan Tipe Iklim Oldeman

Tipe Iklim	Klasifikasi	Bulan Basah (Bulan)	Bulan Kering (Bulan)	Relevant Crop
A	A1	10–12	0 – 1	Cocok untuk produksi Padi secara berkelanjutan akan tetapi hasil produksi akan lebih rendah disebabkan nilai kerapatan fluks radiasi surya yang bernilai rendah sepanjang tahun
	A2	10–12	2	
B	B1	7 – 9	0 – 1	Cocok untuk produksi Padi secara berkelanjutan dengan perencanaan jadwal panen yang baik. Hasil maksimum didapatkan jika panen dilakukan pada musim kemarau.
	B2	7 – 9	2 – 3	Penanaman padi dapat dilakukan 2 kali satu tahun menggunakan jenis umur pendek dan penanaman palawija pada musim kering pendek.

C	C1	5 – 6	0 – 1	Cocok untuk penanaman Palawija 2 kali dan padi 1 kali dalam satu tahun.
	C2	5 – 6	2 – 3	Cocok untuk penanaman Palawija 2 kali dan padi 1 kali dalam satu tahun. Produksi palawija periode dua harus dilakukan pada bulan basah.
	C3	5 – 6	4 – 5	
	C4	5 – 6	7 – 9	
D	D1	5 – 6	0 – 1	Penanaman padi dilakukan 1 kali dalam 1 tahun dengan hasil produksi cukup tinggi akibat tingginya kerapatan fluks.
	D2	5 – 6	2 – 3	Penanaman padi dan palawija hanya dimungkinkan satu kali dalam setahun bergantung kepada aliran air irigasi.
	D3	5 – 6	4 – 5	
	D4	5 – 6	7 – 9	
E	E1	0 – 2	0 – 1	Penanaman paling mungkin adalah palawija satu kali setahun, bergantung dengan turunnya hujan pada daerah ini.
	E2	0 – 2	2 – 3	
	E3	0 – 2	4 – 5	
	E4	0 – 2	7 – 9	
	E5	0 – 2	7 – 9	

Sumber: Oldeman, dkk tahun 1980

2) Koreksi Bias

Hasil penelitian Chung dkk (2017) menunjukkan bahwa data simulasi CORDEX-SEA secara umum cenderung memiliki *wet-bias*, atau *over-estimate* untuk parameter curah hujan. Oleh sebab itu, kami melakukan proses *bias correction* untuk mereduksi bias dari model. Proses *bias correction* dilakukan dengan metode *linear scaling* (Fang dkk, 2015). Untuk setiap grid model, koreksi dilakukan dengan cara mengalikan nilai hujan bulanan model dengan rasio antara rata-rata curah hujan bulanan observasi serta rata-rata curah hujan bulanan yang berasal dari simulasi model seperti dalam persamaan 1.1. Rasio tersebut dibangun menggunakan data simulasi model pada grid yang bersesuaian dengan lokasi titik pengamatan hujan. Selanjutnya kemampuan metode linier scaling ini dalam mereduksi bias diuji dengan cara membandingkan *root mean square error* (RMSE) data model antara sebelum dan sesudah dikoreksi.

$$RR_{corrected} = RR_{model} \times \frac{RR_{obs.}}{RR_{model}}$$

... (Persamaan 1)

dimana,

$RR_{corrected}$ = curah hujan bulanan model yang telah dikoreksi

RR_{model} = curah hujan model sebelum dikoreksi

$RR_{obs.}$ = rata-rata curah hujan periode *baseline* data pengamatan

RR_{model} = rata-rata curah hujan periode *baseline* data model

3) Validasi Model

Setelah data simulasi model dikoreksi, performa model dalam mensimulasikan tipe iklim Oldeman pada *study area* ini divalidasi terhadap tipe iklim Oldeman yang dipetakan dari data pengamatan permukaan. Pada setiap titik pengamatan hujan dan grid data model yang bersesuaian, tipe iklimnya diidentifikasi berdasarkan kriteria tipe iklim Oldeman. Tingkat kesesuaian antara tipe iklim

berdasarkan data model dan data observasi dinyatakan dalam *percent correct score* yaitu perbandingan data yang sesuai dengan jumlah data yang digunakan.

4) Estimasi Perubahan

Untuk mengukur potensi perubahan tipe iklim Oldeman, zona klasifikasi iklim Oldeman pada periode proyeksi di bawah skenario RCP 8.5 dan RCP 4.5 untuk periode *long term* (2071–2095) dipetakan dan dibandingkan dengan peta tipe iklim Oldeman pada periode referensi (1981–2005). Periode *long term* dipilih untuk menggambarkan kondisi iklim pada akhir abad 21 yang diproyeksikan mengalami perubahan sangat serius dibandingkan periode referensi sesuai skenario perubahan emisi karbon. Analisis dilakukan terhadap potensi pergeseran tipe iklim secara spasial.

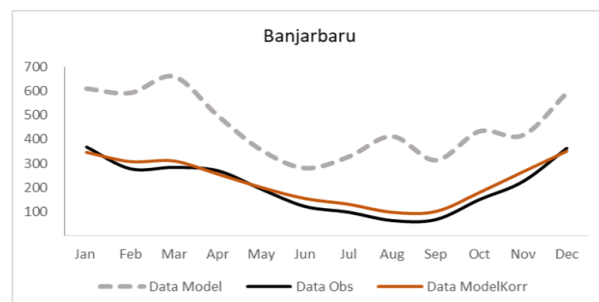
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Koreksi Data Model

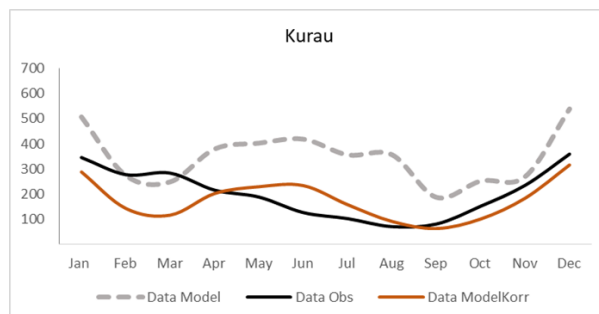
Secara umum proses koreksi dengan metode *linear scaling* berhasil mengurangi bias pada model yang ditunjukkan oleh meningkatnya nilai korelasi dan menurunnya nilai RMSE. Rata-rata nilai hubungan antara data curah hujan observasi berbanding data curah hujan model sesudah dilakukan proses koreksi adalah sebesar 0.90, meningkat sebesar 22% bila dibandingkan dengan nilai sebelum proses koreksi, yaitu sebesar 0.74 (lihat Tabel 2). Nilai korelasi setelah proses koreksi bias bervariasi antara 0.46 hingga 0.99. Sementara itu, nilai RMSE mengalami penurunan oleh proses koreksi bias. Sesudah dikoreksi, rata-rata nilai RMSE adalah sebesar 49 mm, menurun secara tajam sebesar -79% dari sebelum proses koreksi, yaitu sebesar 231 mm (lihat Tabel 2). Nilai RMSE sesudah proses koreksi bervariasi antara 19.77–112.53 mm/bulan.

Perbaikan data sebagai hasil proses koreksi bias juga dapat terlihat dari *plot annual cycle* dari data sebelum dan sesudah koreksi ditunjukkan pada Gambar 2 serta 3.

Grafik perbandingan *raw data* curah hujan model, data dengan model terkoreksi serta data hasil observasi pada lokasi pengamatan Banjarbaru ditampilkan pada Gambar 2. Grafik tersebut dengan jelas menunjukkan bahwa proses koreksi berhasil membuat pola hujan data model lebih mendekati data pola hujan observasi dibandingkan pola hujan data model sebelum dikoreksi. Di titik pengamatan tersebut, nilai korelasi meningkat dari 0.85 menjadi 0.99 dan RMSE menurun dari 259.6 mm/bulan menjadi 27.9 mm/bulan. Namun demikian, tidak semua titik pengamatan bisa mendapatkan hasil sebagus data Banjarbaru. Pada Gambar 3 ditunjukkan contoh dari titik pengamatan lain yaitu Kurau, yang mengalami penurunan tajam RMSE nya dari 179.6 mm/bulan menjadi 78.4 mm/bulan, namun nilai korelasi pasca koreksinya hanya mencapai 0.65. Secara umum, sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 2, sebagian besar titik pengamatan menunjukkan peningkatan akurasi model yang signifikan sebagai hasil koreksi bias.



Gambar 2. Perbandingan *Raw Data* Curah Hujan Model, Data Curah Hujan Model Terkoreksi, dan Data Curah Hujan Observasi Stasiun Klimatologi Banjarbaru dan Pos Pengamatan Hujan Kurau.



Gambar 3. Perbandingan *Raw Data* Curah Hujan Model, Data Curah Hujan Model Terkoreksi, dan Data Curah Hujan Observasi Stasiun Klimatologi Banjarbaru dan Pos Pengamatan Hujan Kurau.

b. Validasi Data Model

Kemampuan model dalam mereplika pola spasial tipe iklim Oldeman divalidasi dengan cara membandingkan hasil kategori tipe iklim berbasis model dan tipe iklim berbasis data pengamatan. Tabel 3 menunjukkan perbandingan tipe iklim dari 35 titik pengamatan dengan grid terdekat dari data model setelah terkoreksi. Dari tabel 2, terdapat sebanyak 77% titik pengamatan yang

tipe iklimnya dapat direproduksi dengan tepat oleh model (ditulis tebal pada Tabel 2), sebanyak 17% tepat dalam tipe iklim utamanya namun berbeda dalam hal sub-tipenya, dan sebanyak 6% tidak akurat, yang terletak di Sampanahan dan Tapin Tengah. Secara umum, model simulasi dapat mereplikasi dengan baik pola spasial tipe iklim Oldeman yang direpresentasikan oleh 35 lokasi.

Tabel 2. Nilai Korelasi RMSE Data Model dan Data Curah Hujan Permukaan (*raw data versus corrected data*)

No	Titik Pengamatan	Raw Data		Corrected Data		Tipe Iklim Oldeman	
		R	RMSE	R	RMSE	Obs Data	Model Data
1	Muara Uya	0,92	197,4	0,98	20,4	B2	B2
2	Tanjung	0,74	163,6	0,97	45,4	C2	C2
3	Haruai	0,85	211,7	0,90	40,5	C1	C1
4	Batu Mandi	0,80	228,7	0,94	29,7	B1	B1
5	Sei Pandan	0,80	183,4	0,97	29,8	C2	C2
6	Juai	0,84	228,8	0,96	32,1	C2	C2
7	Pamukan Barat	0,90	284,5	0,98	38,8	B1	B1
8	Pamukan Utara	0,79	223,3	0,97	19,8	B2	B1
9	Daha Selatan	0,76	173,1	0,96	30,5	C1	C2
10	Batu Benawa	0,81	229,4	0,93	32,0	B2	B1
11	Sampanahan	0,70	189,0	0,92	37,1	B1	C1
12	Marabahan	0,86	204,0	0,97	23,7	C2	C2
13	Tapin Tengah	0,81	240,0	0,93	49,0	C2	B1
14	Loksado	0,85	325,7	0,93	70,9	B1	B1
15	Mekarsari	0,65	155,9	0,90	61,1	C1	C1
16	Hampang	0,89	406,1	0,96	112,5	B1	B1
17	Kelumpang Barat	0,83	328,8	0,97	65,5	B1	B1
18	Mandastana	0,85	257,7	0,97	34,3	C1	C1
19	Cerbon	0,90	189,8	0,99	22,9	B1	B1
20	Binuang	0,86	220,0	0,97	25,6	B1	B1

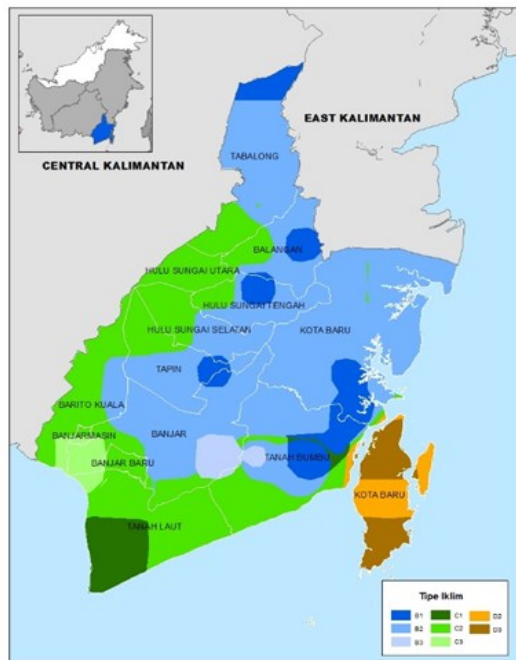
Proyeksi Pergeseran Tipe Iklim Oldeman Di Wilayah Kalimantan Selatan Pada Akhir Abad 21 Berdasarkan Simulasi Cordex-Sea (Wiratri .M, Baddarudin, Mahyudin .I, Emmy S.M dan Supari)

21	Sungai Pinang	0,83	341,4	0,96	66,3	B1	B2
22	Kelumpang Hilir	0,83	300,8	0,96	54,0	B1	B1
23	Kelumpang Selatan	0,81	213,1	0,98	23,2	B1	B1
24	Gambut	0,68	163,2	0,91	54,2	C2	C2
25	Banjarbaru	0,85	259,6	0,99	27,9	C2	C2
26	Pengaron	0,86	280,0	0,98	41,3	B2	B2
27	Kr. Bintang	0,77	261,2	0,96	58,0	B1	B1
28	Kotabaru	0,61	227,5	0,79	54,6	C1	C1
29	Kurau	0,45	179,6	0,65	78,4	C2	C2
30	SMPK Pelaihari	0,63	176,6	0,94	76,5	C2	C1
31	Angsana	0,65	308,7	0,79	92,9	C1	C1
32	Takisung	0,58	190,3	0,72	70,8	C2	C2
33	Panyipatan	0,60	188,3	0,87	52,8	C2	C1
34	Pl Tanjung Selayar	0,16	186,0	0,49	67,6	D2	D2
35	Pl Selatan	0,14	182,3	0,46	71,5	D2	D2
Rata –rata		0,74	231,4	0,90	48,91		

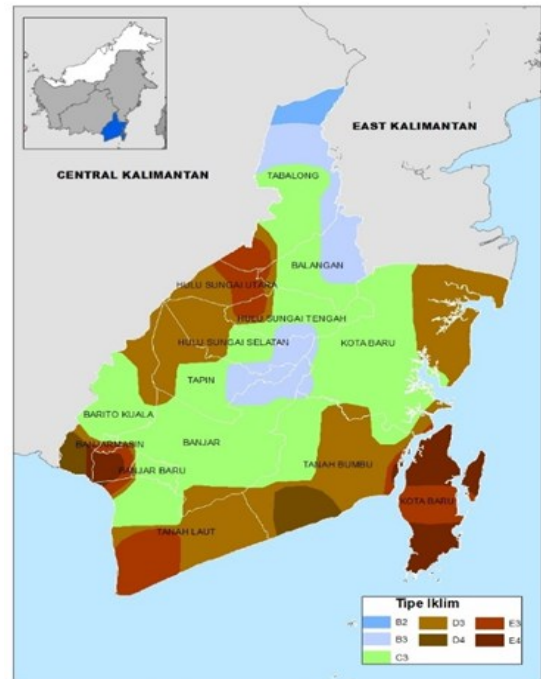
c. Proyeksi Tipe Iklim Oldeman Periode 2071–2095

Pada periode referensi (1981-2005) umumnya daerah Kalimantan Selatan memiliki tipe iklim yang bervariasi mulai dari tipe B (iklim basah) hingga tipe D (iklim kering) (lihat Gambar 4). Di bagian tengah dan utara, yaitu wilayah di sekitar pegunungan Meratus, terdapat 58% wilayah yang memiliki iklim tipe B (iklim basah) dengan jumlah bulan basah 6-9 bulan (lihat Tabel 3). Di bagian barat dan selatan, tipe iklimnya adalah tipe C (iklim sedang) yang memiliki banyak bulan basah sejumlah 5-6 bulan per tahun,

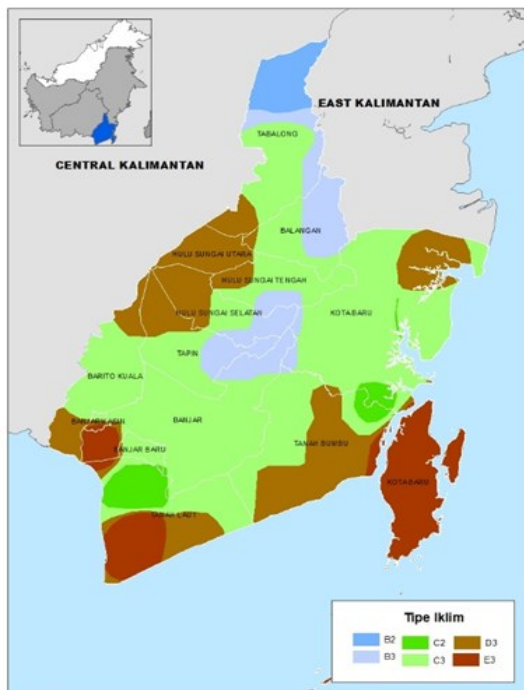
yang memiliki luas wilayah mencapai 34%. Sedangkan di bagian timur yaitu wilayah Pulau Laut Kotabaru, adalah wilayah dengan iklim tipe D (iklim kering) yang memiliki 3-4 bulan basah per tahun dengan luasan sebesar 8%. Secara spesifik, tipe iklim B2 dengan jumlah bulan kering berkisar 2-3 bulan adalah tipe iklim yang paling dominan. Tipe iklim Oldeman pada periode referensi di wilayah Kalimantan Selatan juga konsisten dengan penelitian yang dilakukan dengan menggunakan data satelit TRMM, yang menyatakan bahwa tipe iklim Oldeman bervariasi dari tipe B1, B2, C1, C2, dan D1 (Noor et al., 2016).



Gambar 4. Zona Iklim Kalimantan Selatan Periode Referensi



Gambar 6. Zona Iklim Kalimantan Selatan Pada Akhir Abad di Bawah Skenario RCP 8.5 Berdasarkan Data Simulasi Cordex-Sea



Gambar 5. Zona Iklim Kalimantan Selatan Pada Akhir Abad di Bawah Skenario RCP 4.5 Berdasarkan Data Simulasi Cordex-Sea

Pada akhir abad 21, di bawah skenario RCP 4.5 (Gambar 5), Kalimantan Selatan diproyeksikan memiliki iklim yang lebih kering dibandingkan dengan iklim pada periode referensi. Sebagaimana disajikan dalam Tabel 3, wilayah dengan iklim tipe B menyusut secara tajam menjadi 13% yaitu tersisa di bagian tengah pegunungan Meratus dan di bagian utara wilayah kajian. Wilayah dengan iklim tipe C meluas mendominasi wilayah Kalimantan Selatan dengan proporsi luasan sebesar 54%, sebagian besar diantaranya adalah tipe iklim C3, dengan jumlah bulan kering berkisar antara 4-5 bulan. Di bagian ujung barat, ujung barat daya, bagian tenggara, bagian timur dan bagian timur laut, muncul tipe iklim D sebesar 21%. Sementara itu wilayah Pulau Laut Kotabaru yang semula memiliki iklim tipe D (kering), berubah menjadi iklim tipe E (sangat kering) dengan proporsi luasan sebesar 12%. Perubahan ke arah kondisi iklim yang lebih kering terlihat pada proyeksi dibawah skenario RCP8.5 (lihat gambar 6 dan Tabel 3). Hal ini ditandai oleh meningkatnya luasan wilayah dengan luasan wilayah dengan tipe iklim D, baik jika dibandingkan dengan periode

referensi maupun dibandingkan dengan proyeksi di bawah RCP4.5. Di akhir abad 21, wilayah dengan tipe iklim D akan menjadi 29%, terluas kedua setelah wilayah dengan tipe iklim C (46%). Sedangkan wilayah dengan tipe iklim B menyusut menjadi 13%, sama dengan proyeksi di bawah skenario RCP4.5. Secara lebih spesifik, tipe iklim C3 dan D3 lebih mendominasi wilayah Provinsi Kalimantan Selatan pada proyeksi dengan skenario RCP 8.5, yang menunjukkan jumlah bulan kering berkisar 4-6 bulan.

Tabel 3. Luas Zona Iklim (%) Pada Periode Referensi dan Periode Akhir Abad

Tipe Iklim	Periode Referensi	RCP4.5	RCP8.5
A	0	0	0
B	58	13	13
C	34	54	46
D	8	21	29
E	0	12	12

Hasil analisis menunjukkan iklim di Kalimantan Selatan, baik di bawah skenario RCP8.5 maupun RCP4.5, diproyeksikan akan semakin kering ditunjukkan oleh berkurangnya luasan wilayah dengan tipe iklim basah (tipe B) dan meningkatnya wilayah dengan tipe iklim kering (tipe D) dan tipe iklim sangat kering (tipe E). Meskipun dengan model yang berbeda, penelitian kami konsisten dengan apa yang ditemukan oleh Kusumo dan Septiadi (2016) yang melaporkan bahwa daerah tipe iklim kering di Sumatera Selatan juga diproyeksikan akan semakin kering di akhir abad 21. Sementara itu penelitian Ulfi dkk (2018) menunjukkan justru sebagian kecil wilayah dengan tipe iklim kering di Aceh akan menjadi lebih basah. Perbedaan hasil dengan penelitian Ulfi dkk (2018) mungkin disebabkan mereka memilih periode proyeksi yang lebih dekat yaitu 2021-2040,

di samping alasan bahwa model yang digunakan adalah berbeda.

Pergeseran tipe iklim menjadi lebih kering ini konsisten dengan meningkatnya resiko kekeringan di wilayah Asia akibat pemanasan global seperti ditemukan oleh Aadhar dan Mishra (2020) dan Zhang dkk (2021) dan berpotensi meningkatkan resiko kebakaran lahan karena berkurangnya curah hujan (Supratono dkk, 2016). Penelitian kami juga konsisten dengan temuan Feng dkk (2016) dan Belda dkk (2018) yang melaporkan bahwa skenario RCP8.5 akan membawa pergeseran tipe iklim yang lebih besar dibandingkan dengan skenario RCP4.5.

KESIMPULAN

Kami melakukan investigasi untuk mengukur kemungkinan terjadinya perubahan tipe iklim di Kalimantan Selatan menurut klasifikasi iklim Oldeman, di bawah pengaruh pemanasan global. Project CORDEX-SEA yang menyediakan data proyeksi iklim dengan resolusi tinggi dan dengan multi-scenario (RCP4.5 dan RCP8.5), memungkinkan adanya impact studies seperti ini dapat dilakukan pada area *sub-country*. Untuk meningkatkan akurasi model, kami melakukan koreksi bias menggunakan metode *linear scaling* yang terbukti dapat meningkatkan nilai korelasi sebesar 22% dan menurunkan nilai rata-rata RMSE sebesar -79%. Setelah data model dikoreksi, proses validasi dengan melibatkan 35 titik pengamatan menunjukkan bahwa model simulasi dapat mereproduksi tipe iklim dengan tepat di 77% lokasi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa di akhir abad 21, iklim di Kalimantan Selatan diproyeksikan akan semakin kering baik di bawah skenario RCP4.5 maupun RCP8.5, konsisten dengan penelitian sebelumnya. Hal ini ditandai oleh berkurangnya luasan wilayah dengan tipe iklim basah (tipe B) dan meningkatnya wilayah dengan tipe iklim kering (tipe D) dan tipe iklim sangat kering (tipe E). Di bawah skenario RCP4.5,

luasan wilayah dengan tipe iklim basah (tipe B) menyusut dari 58% pada periode referensi menjadi 13% pada akhir abad 21. Wilayah dengan tipe iklim sedang (tipe C) meluas dari 34% menjadi 54% sedangkan wilayah dengan tipe iklim kering (tipe D) dan iklim sangat kering (tipe E) meluas dari 8% menjadi 21% dan 0% menjadi 12%. Di bawah skenario RCP8.5, wilayah tipe iklim C meluas dari 34% menjadi 46%, sedangkan wilayah tipe iklim D meluas dari 8% menjadi 29%. Hasil ini memperkuat penelitian lain yang menemukan bahwa skenario RCP8.5 akan menyebabkan pergeseran tipe iklim yang lebih besar dibandingkan RCP4.5. Penelitian kami merekomendasikan pentingnya menyusun kebijakan yang tepat dalam mengurangi dampak negatif akibat berubahnya tipe iklim yang semakin kering di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aadhar, Saran., Mishra, Vimal. (2020). Increased Drought Risk in South Asia under Warming Climate: Implications of Uncertainty in Potential Evapotranspiration Estimates. *American Meteorological Society*, 21, 2979-2996. Doi: 10.1175/JHM-D-19-0224.1.
- Amran., Bakri, Bambang., Anisa. (2017). Trend Analysis Of Precipitation Extreme Related To Climate Change In Province Sulawesi Selatan, Indonesia. *International Journal Of Applied Engineering Research*, 12, 11035-11038. ISSN 0973-4562.
- Beck, H. E., Et. Al. (2018). Data Descriptor: Present And Future Köppen-Geiger Climate Classification Maps At 1-Km Resolution. *Scientific Data*, 5, 1-12. Doi: 10.1038/Sdata.2018.214.
- Belda, M., Holtanova, Eva., Kalvova, J., Halenka, T. (2016). Global Warming-Induced Changes In Climate Zones Based On CMIP5 Projections. *Climate Research*, 71, 17-31. Doi: 10.3354/Cr01418.
- Chan, D., Qigang., Jiang, G., Dai, X. (2015). Projected Shifts In Koppen Climate Zones Over China And Their Temporal " Evolution In CMIP5 Multi-Model Simulations. *Advances In Atmospheric Sciences*, 33, 283-293.
- Chung, J. X., Juneng, L., Tangang, F. (2017). Performances Of BATS And CLM Land-Surface Schemes In Regcm4 In Simulating Precipitation Over CORDEX Southeast Asia Domain. *International Journal Of Climatology*, 38, 794-810. Doi : 1002/Joc.5211.
- Cruz, F. T., Et. Al. (2017). Sensitivity Of Temperature To Physical Parameterization Schemes Of Regcm4 Over The CORDEX-Southeast Asia Region. *International Journal Of Climatology*. Doi : 10.1002/Joc.5151.
- Duc, T. N., Et. Al. (2016). Performance Evaluation Of Regcm4 In Simulating Extreme Rainfall And Temperature Indices Over The CORDEX-Southeast Asia Region. *International Journal Of Climatology*. Doi: 10.1002/Joc.4803.
- Fang, G. H., Yang, J., Zammit, C. (2015). Comparing Bias Correction Methods In Downscaling Meteorological Variables For A Hydrologic Impact Study In An Arid Area In China. *Hydrology And Earth System Sciences*, 19, 2547-2559. Doi:10.5194/Hess-19-2547.
- Feng, Song., Et. Al. (2014). Projected Climate Regime Shift Under Future Global Warming From Multi-Model,

- Multi-Scenario CMIP5 Simulations. *Global And Planetary Change*, 112, 41-52. Doi :10.1016/J.Gloplacha.2013.11.002.
- IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change). (2022). Climate Change 2022: Synthesis Report. Scoping Of The IPCC *Sixth Assessment Report (AR6)*. IPCC XLVI Doc 6: Pp. 1-57. IPCC Montreal Canada.
- Juneng, L. Et. Al. (2016). Sensitivity Of Southeast Asia Rainfall Simulations To Cumulus And Air-Sea Flux Parameterizations In Regcm4. *Climate Research*, 69, 59-77. Doi: 10.3354/Cr01386.
- Kusumo, I., Septiadi, Deni. (2016). Proyeksi Tipe Iklim Oldeman 2011-2100 Berdasarkan Skenario RCP 4.5 dan RCP 8.5 Di Wilayah Sumatra Selatan. *Jurnal Meteorologi, Klimatologi and Geofisika*, 3, 26-36.
- Moss, R., Edmonds, J., Hibbard, K. et al. (2010). The next generation of scenarios for climate change. *Research and Assessment. Nature* 463, 747-756. <https://doi.org/10.1038/nature08823>.
- Noor, R.A., Ruslan, M., Rusmayadi, G., Baddarudin. (2016). Pemanfaatan Data Satelit Tropical Measuring Mission (TRMM) Untuk Pemetaan Zona Agroklimat Oldeman Di Kalimantan Selatan. *EnviroScienteeae*, 3, 267-281.
- Oldeman, R.L., Irsal Las., and Muladi. (1980). The agro-climatic maps of Kalimantan, Maluku, Irian Jaya, and Bali West and East Nusa Tenggara Contrib. Centr. Res. *Inst.Agrc. Bogor*.
- Permana, D. S., et. al. (2019). Disappearance Of The Last Tropical Glaciers In The Western Pacific Warm Pool (Papua, Indonesia) Appears Imminent. *PNAS*, 16, 26382-26388.
- Setiawan, B. I., Ma'mun, M.I. (2021). Climate Trends And Rainfall Pattern In The Ciliwung Watershed, West Java. IOP Conf. Series: *Earth And Environmental Science*. Doi: 10.1088/1755-1315/622/1/012047.
- Siswanto.. Van Oldenborgh, G, J., Van Der Schrier, G., Jilderda, R., Van Den Hurk, Bart. (2015). Temperature, Extreme Precipitation, And Diurnal Rainfall Changes In The Urbanized Jakarta City During The Past 130 Years. *International Journal Of Climatology*. DOI: 10.1002/Joc.4548.
- Supari., Tangang, F., Juneng, L., Aldrian, E. (2016). Observed Changes In Extreme Temperature And Precipitation Over Indonesia. *International Journal Of Climatology*. DOI: 10.1002/Joc.4829.
- Supratono, D., Razie, F., Aryadi, M., Baddarudin. (2016). Pendugaan Potensi Kekeringan Meteorologis Terhadap Kebakaran Hutan dan Lahan Dengan Metode Inseks Presipitasi Terstandarisasi Di Kabupaten Banjar. *EnviroScienteeae*, 12, 197-206.
- Suryadi, Y., Sugianto, D. N., Hadiyanto. (2018). Climate Change In Indonesia (Case Study: Medan, Palembang, Semarang). *E3S Web Conf*, 31, 1-6. <https://doi.org/10.1051/E3sconf/20120183109>.
- Ulfi, H.T., Khusrizal., Rusdi, M. (2018), Distribusi Tipe Iklim Oldeman dan Proyeksinya Berdasarkan RCP 4.5 di Kabupaten Aceh Utara *Jurnal. Agrium*, 15, 128-134.

World Meteorological Organization.
(2021). *Press Release: 2020 Was One
Of Three Warmest Years On Record.*
Switzerland.

Zhang, L., Chen, Z., & Zhou, T. (2021).
Human Influence on the increasing

drought risk over Southeast Asian
monsoon region. *Geophysical
Research Letters*, 48,
e2021GL093777. [https://doi.org/10.1
029/2021GL093777](https://doi.org/10.1029/2021GL093777) of adult life.