

Penentuan jadwal tanam padi berdasarkan skenario representative concentration pathways (RCP) 4.5 periode 2021-2040

Aditya Mulya^{a,1,*}, Novia Dewi Ismawardani^{a,2}, Mulyono Rahadi Prabowo^{b,3}, Nuryadi^{a,4},
Munawar^{a,5}

^a Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl Perhubungan I No. 5 Komplek Meteo, Pondok Betung, Pondok Aren, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15421, Indonesia

^b Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Angkasa I No.2 Kemayoran Jakarta Pusat, DKI Jakarta, 10610, Indonesia

¹aditya.mulya@stmkg.ac.id*

*Correspondent Author

KEYWORDS

Ketersediaan Air Tanah
Skenario RCP 4.5
Proyeksi
Jadwal Tanam Padi

ABSTRAK

Bali merupakan daerah beriklim tropis yang juga rentan terhadap dampak perubahan iklim. Perubahan iklim menyebabkan kemarau panjang sehingga banyak sawah di Provinsi Bali mengalami kekurangan air dan gagal panen. Upaya adaptasi dan mitigasi jangka panjang terhadap perubahan iklim diperlukan untuk mencegah dampak negatif tersebut. Salah satu upaya pencegahan dengan membuat informasi mengenai ketersediaan air tanah bagi tanaman serta memberikan gambaran jadwal tanam yang sesuai dengan kondisi iklim di masa yang akan datang. Representative Concentration Pathways (RCP) 4.5 merupakan skenario yang menggambarkan perubahan iklim di masa mendatang. Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui perubahan jadwal tanam padi Provinsi Bali berdasarkan skenario RCP 4.5 dengan model MIROC 5. Data model yang digunakan berisi data parameter suhu udara dan curah hujan periode 2006-2040. Data observasi yang digunakan adalah data curah hujan dan suhu udara periode 1991-2010 serta data ketinggian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di wilayah Bali bagian tengah, pada periode proyeksi 2021-2030 terjadi peningkatan ketersediaan air tanah sehingga jadwal tanam dimulai lebih awal dari periode 1991-2010 yaitu dari Oktober menjadi September. Sedangkan pada periode proyeksi 2031-2040, tingkat ketersediaan air tanah hampir sama dengan periode 1991-2010, sehingga jadwal tanam pertama kembali dimulai pada bulan Oktober.

Penentuan jadwal tanam padi berdasarkan skenario representative orientation pathways (RCP) 4.5 periode 2021-2040

KEYWORDS

Planting schedule
Scenario RCP 4.5
Projection
Groundwater Availability

This Bali has a tropical climate which is also vulnerable to the impacts of climate change. Climate change has caused long droughts so that many rice fields in Bali Province experience water shortages and crop failures. Long-term adaptation and mitigation efforts to climate change are needed to prevent these negative impacts. One of the prevention efforts is by making information about the availability of groundwater for plants and providing an overview of the planting schedule that is suitable for future climatic conditions. Representative Concentration Pathways (RCP) 4.5 is a scenario that describes future climate change.

The purpose of this study was to determine changes in the rice planting schedule of Bali Province based on the RCP 4.5 scenario with the MIROC 5 model. The model data used contains data on parameters of air temperature and rainfall for the period 2006-2040. The observational data used are rainfall and air temperature data for the 1991-2010 period and altitude data. The results showed that in the central part of Bali, in the projection period of 2021-2030 there was an increase in groundwater availability so that the planting schedule started earlier than the 1991-2010 period, from October to September. Whereas in the projection period of 2031-2040, the level of groundwater availability is almost the same as the 1991-2010 period, so the first planting schedule starts again in October.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) license.



Pendahuluan

Perubahan iklim terjadi secara perlahan dalam jangka waktu yang sangat panjang. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) melalui Assessment Report ke-5 melaporkan bahwa perubahan iklim memang sudah terjadi. Suhu bumi meningkat sekitar $0,8^{\circ}\text{C}$ selama abad terakhir. Tiga dekade terakhir ini secara berturut-turut kondisinya lebih hangat daripada dekade sebelumnya [1]. Perubahan iklim tersebut memiliki efek negatif di berbagai sektor, salah satunya adalah sektor pertanian. Perubahan iklim mempengaruhi produksi tanaman serta mengurangi hasil panen, khususnya untuk tanaman pangan.

Indonesia merupakan negara yang rentan terhadap perubahan iklim karena terdiri dari beberapa pulau besar dan pulau kecil. Bali merupakan salah satu pulau kecil di Indonesia yang secara umum telah mengalami perubahan. Hal tersebut dapat dilihat dari berubahnya tipe iklim Schmidt-Ferguson dari relative basah menjadi agak kering, suhu udara dan curah hujan bulanan serta tahunan yang cenderung meningkat serta bergesernya bulan basah dan bulan kering [2]. Perubahan iklim menyebabkan kemarau panjang sehingga banyak sawah di Provinsi Bali mengalami kekurangan air dan gagal panen [3]. Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya upaya adaptasi dan mitigasi jangka panjang terhadap perubahan iklim untuk mencegah kerugian yang besar. Salah satu upaya tersebut adalah dengan membuat informasi mengenai ketersediaan air tanah bagi tanaman serta memberikan gambaran kedepannya (proyeksi) jadwal tanam yang sesuai dengan kondisi iklim di masa yang akan datang.

Metode proyeksi Representative Concentration Pathways (RCP) merupakan skenario yang menggambarkan perubahan iklim di masa mendatang. RCP memproyeksikan perubahan iklim dalam jangka waktu yang lebih sempit karena tidak hanya menjelaskan konsentrasi emisi jangka panjang tetapi juga dapat menunjukkan trayektori atau jejak dari emisi tersebut [4] [5]. Penelitian ini menggunakan skenario RCP 4.5 dari model MIROC 5 dengan resolusi 20 Km untuk memproyeksikan parameter iklim di masa yang akan datang [6]. RCP 4.5 menjelaskan bahwa radiative forcing akan stabil sekitar $4,5 \text{ Wm}^{-2}$ setelah tahun 2100. Data model tersebut berisi data parameter iklim yaitu curah hujan dan suhu udara yang kemudian digunakan sebagai masukan dalam menghitung ketersediaan air tanah untuk tanaman padi sehingga dapat ditentukan jadwal tanamnya di masa yang akan datang. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran jadwal tanam di masa yang akan datang sehingga dapat diketahui perubahannya dan dapat dijadikan acuan dalam menyusun skema adaptasi dan mitigasi guna mengantisipasi gagal panen akibat perubahan iklim [7][8].

Metode

Mengumpulkan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data observasi curah hujan bulanan tahun 1991-2010 yang diperoleh dari stasiun pengamatan dan 50 titik pos hujan Kerjasama di Provinsi Bali. Selain data observasi, penelitian ini juga menggunakan data model MIROC 5 dengan resolusi 20 km [9][10]. Model tersebut berisi data skenario RCP 4.5 untuk parameter suhu udara dan curah hujan, yang kemudian dibagi menjadi periode 1991-2010 sebagai data baseline dan data proyeksi masa depan yaitu periode 2021-2030 dan 2031-2040.

Menentukan Suhu Udara

Penentuan suhu udara dilakukan berdasarkan ketinggian tempat dengan menggunakan rumus Braak [11-13] :

$$T_h = T_{h0} - \left(\frac{0,6}{100} h \right)$$

dimana:

T_h = Suhu pos hujan ($^{\circ}\text{C}$)

T_{h0} = Suhu udara stasiun referensi ($^{\circ}\text{C}$)

h = Selisih ketinggian pos hujan dpl (meter)

Dengan Stasiun Meteorologi Ngurah Rai sebagai stasiun referensi.

Mengoreksi data Model

Koreksi data model untuk parameter curah hujan dapat dihitung dengan persamaan berikut (Weiland dkk, 2010):

$$CH_{model_kor} = CH_{mod} \times \frac{\overline{CH}_{obs}}{\overline{CH}_{mod}} \quad (1)$$

Dimana,

CH_{model_kor} = curah hujan bulanan model yang telah dikoreksi

CH_{mod} = curah hujan model sebelum di koreksi

CH_{obs} = rata-rata curah hujan periode *baseline* data pengamatan

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

Sedangkan untuk parameter suhu udara dapat dihitung dengan persamaan berikut (Weiland dkk, 2010):

$$T_{model_kor} = T_{mod} + (\bar{T}_{obs} - \bar{T}_{mod})$$

Dimana,

T_{model_kor} = suhu udara bulanan model setelah koreksi

T_{mod} = suhu udara bulanan model sebelum koreksi

T_{obs} = rata-rata suhu udara bulanan periode *baseline* data pengamatan

T_{mod} = rata-rata suhu udara bulanan periode *baseline* data model.

Menentukan Tipe Iklim

Penentuan tipe iklim Oldeman didasarkan pada jumlah bulan basah dan bulan kering berturut-turut dengan kriteria ada pada [tabel 1](#):

Table.1 KRITERIA KLASIFIKASI TIPE IKLIM OLDEMAN

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

SUMBER : OLDEMAN (1982)

Penentuan jadwal tanam dilihat dari tingkat ketersediaan air tanahnya. Ketersediaan air tanah yang dapat memenuhi kebutuhan tanaman selama masa pertumbuhannya merupakan masa tanam yang baik. Dalam menentukan ketersediaan air bagi tanaman perlu diketahui nilai evapotranspirasinya yang dapat dihitung dengan metode Thornthwaite dan Matter.

Ketersediaan air tanah dihitung menggunakan metode neraca air lahan Thornthwaite dan Matter yang disusun dalam skala bulanan. [Table 2](#) data yang diperlukan dalam perhitungan menggunakan metode ini adalah data curah hujan, kandungan air pada tingkat kapasitas lapang (KL) dan kandungan air pada tingkat titik layu permanen (TLP).

Table.2 NILAI KL DAN TLP PROVINSI BALI

<i>Provinsi</i>	<i>Kabupaten</i>	<i>TLP</i>	<i>KL</i>
Bali	Jembrana	210	350
	Tabanan	210	350
	Badung	210	350
	Gianyar	210	350
	Klungkung	210	350
	Bangli	210	350
	Karangasem	210	350
	Buleleng	150	300

SUMBER : PAWITAN DKK, 1996

Hasil dan Pembahasan

Data model skenario RCP4.5 perlu dilakukan koreksi karena memiliki error yang signifikan. Koreksi dilakukan dengan menggunakan uji statistik Root Mean Square Error (RMSE). Jika nilai RMSE semakin kecil, maka performa dan akurasi data model tersebut semakin baik dan sudah bagus untuk digunakan dalam perhitungan suatu penelitian. Hasil koreksi menunjukkan bahwa nilai RMSE data model setelah koreksi lebih rendah dibandingkan dengan data model sebelum koreksi. Hal tersebut dapat dilihat pada [Tabel 3](#) dan [Tabel 4](#).

Table.3 NILAI RMSE DATA MODEL CURAH HUJAN

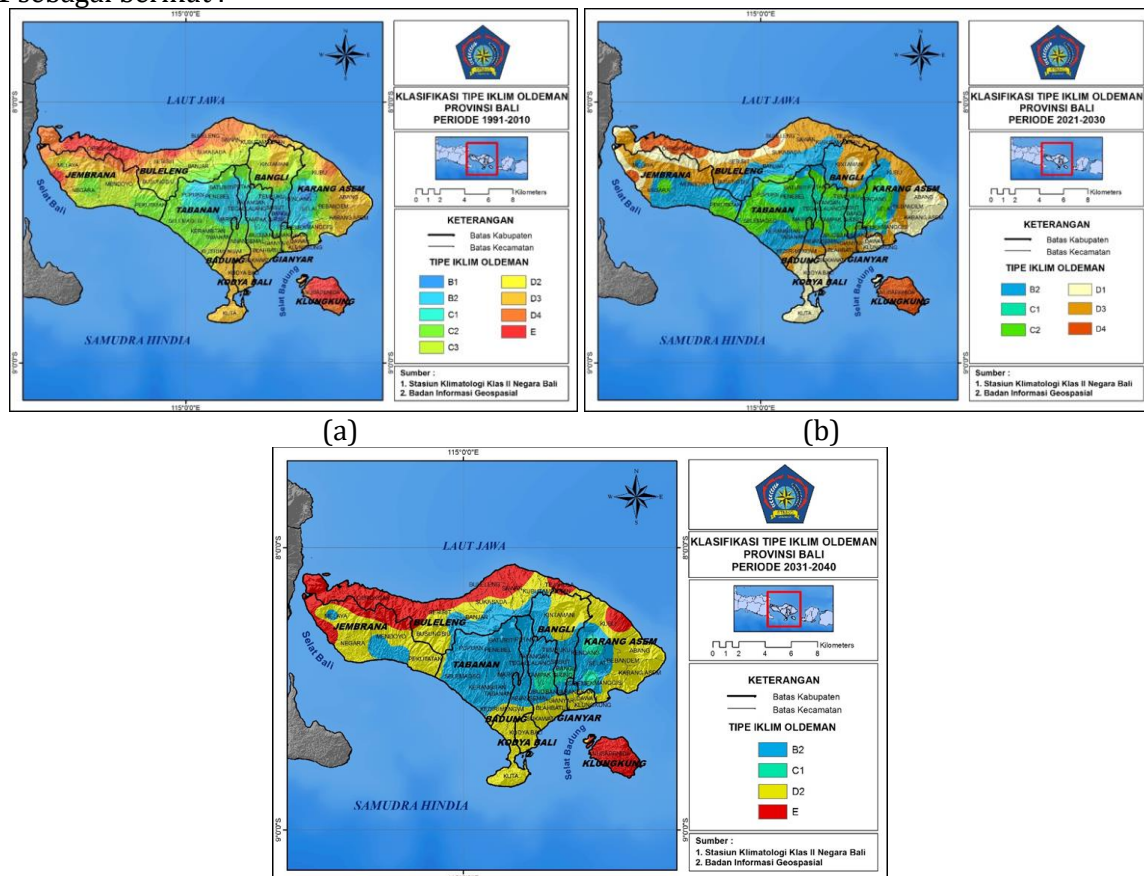
<i>No</i>	<i>Pos Hujan</i>	<i>RMSE Sebelum Koreksi</i>	<i>RMSE Sesudah Koreksi</i>
1	Sidemen	230.60	189.44
2	Buruan	227.27	155.21
3	Tampak siring	237.29	188.46
4	Staklim Negara	200.87	109.45
5	Candikuning	276.99	240.07
6	Gianyar	433.94	173.28
7	Kapal	331.44	154.88
8	Sukasada	587.01	117.43
9	Tanguwisia	246.50	89.43

Table.4 NILAI RMSE DATA MODEL SUHU UDARA

No	Pos Hujan	RMSE Sebelum Koreksi	RMSE Sesudah Koreksi
1	Sidemen	1.53	0.20
2	Buruan	1.91	0.25
3	Tampak siring	2.64	1.49
4	Staklim Negara	1.51	0.19
5	Candikuning	1.72	0.27
6	Gianyar	1.33	0.29
7	Kapal	0.97	0.27
8	Sukasada	0.61	0.34
9	Tangguwisia	3.13	0.25

Perubahan Klasifikasi Iklim Oldeman

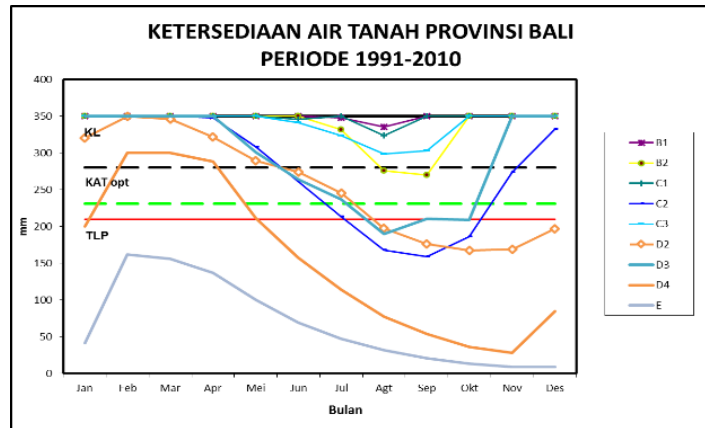
Berdasarkan hasil dari penentuan klasifikasi iklim Oldeman, menunjukkan bahwa terjadi perubahan pada setiap periode. Pada periode 1991-2010 Provinsi Bali terdiri dari 9 tipe iklim yaitu B1, B2, C1, C2, C3, D2, D3, D4 dan E. Pada periode 2021-2030 tipe iklim menjadi B2, C1, C2, D1, D3 dan D4. Sedangkan pada periode 2031-2040 hanya terdiri 4 tipe iklim yaitu B2, C1, D2 dan E. Tipe iklim basah seperti B1 hingga C1 dominan berada di wilayah Bali bagian tengah, sedangkan tipe iklim kering seperti C3 hingga E cenderung berada di wilayah pesisir pulau Bali. Sebaran tipe iklim Oldeman Provinsi Bali pada setiap periode dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Tipe iklim Oldeman periode 1991-2010 (a), periode 2021-2030 (b), periode 2031-2040 (c).

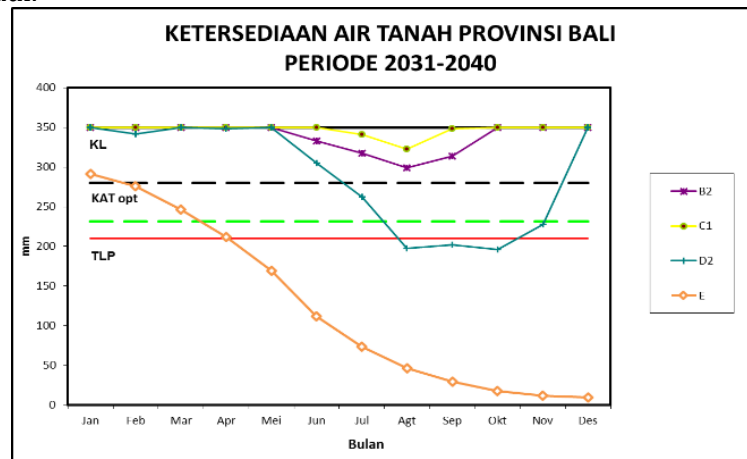
Tingkat Ketersediaan Air Tanah

Pada setiap klasifikasi iklim Oldeman, ditentukan tingkat ketersediaan air tanahnya. Data suhu udara dan curah hujan baik pengamatan langsung maupun data model proyeksi digunakan sebagai masukan dalam perhitungan ketersediaan air tanah.



Gambar 2. Ketersediaan air tanah Provinsi Bali periode 1991-2010

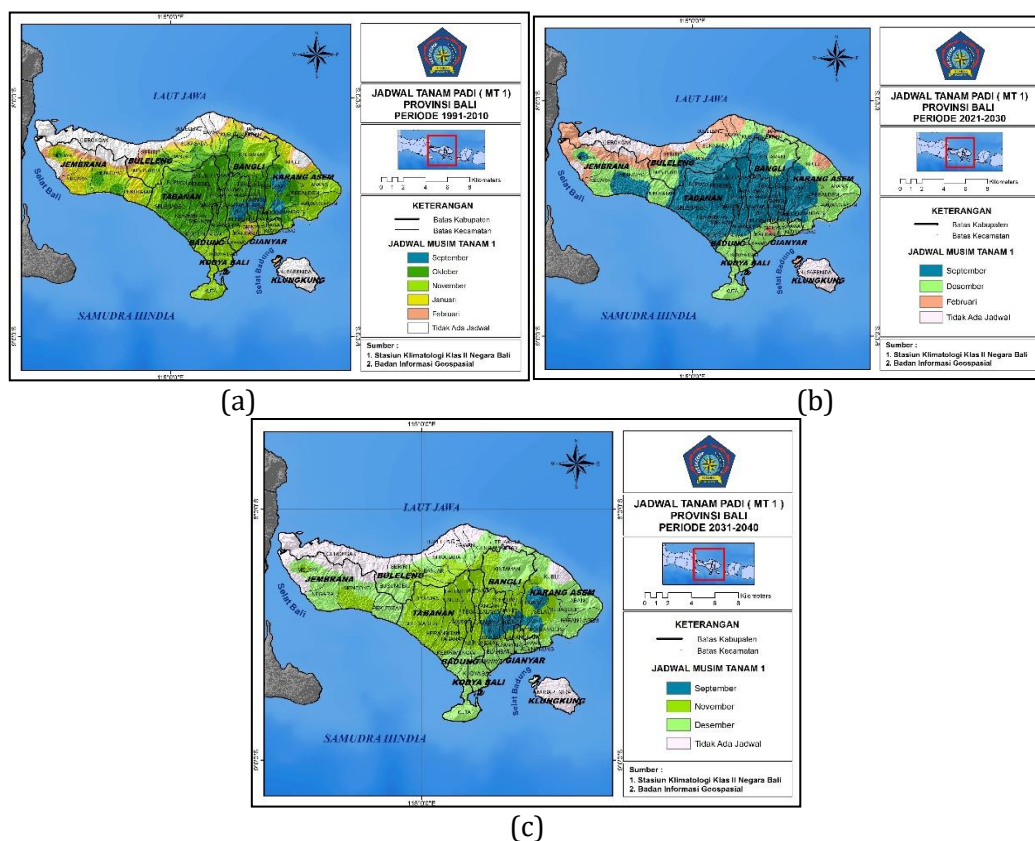
Gambar 2 menunjukkan kondisi ketersediaan air tanah pada periode 1991-2010. Pada periode tersebut tipe iklim B1 dan C1 hampir mencapai kapasitas lapang pada seluruh bulan, hanya pada bulan Agustus mengalami penurunan sehingga berada di bawah kapasitas lapang. Namun tingkat ketersediaan air tanah pada bulan Agustus tersebut masih berada di atas titik layu permanen sehingga masih mencukupi kebutuhan air untuk tanaman padi. Sedangkan untuk tipe iklim lainnya mengalami penurunan tingkat ketersediaan air tanah pada bulan-bulan kering. Bahkan untuk tipe iklim E, tingkat ketersediaan air tanahnya berada di bawah titik layu permanen sepanjang tahun, sehingga pada wilayah dengan tipe iklim E tidak cocok untuk ditanami padi.



Gambar 4. Ketersediaan air tanah Provinsi Bali periode 2031-2040

Perubahan Jadwal Tanam Padi

Perhitungan ketersediaan air tanah dengan menggunakan data periode 1991-2010 dan periode proyeksi, menghasilkan jadwal tanam padi pertama, jadwal tanam padi kedua, dan jadwal tanam padi ketiga untuk masing-masing periode tersebut.



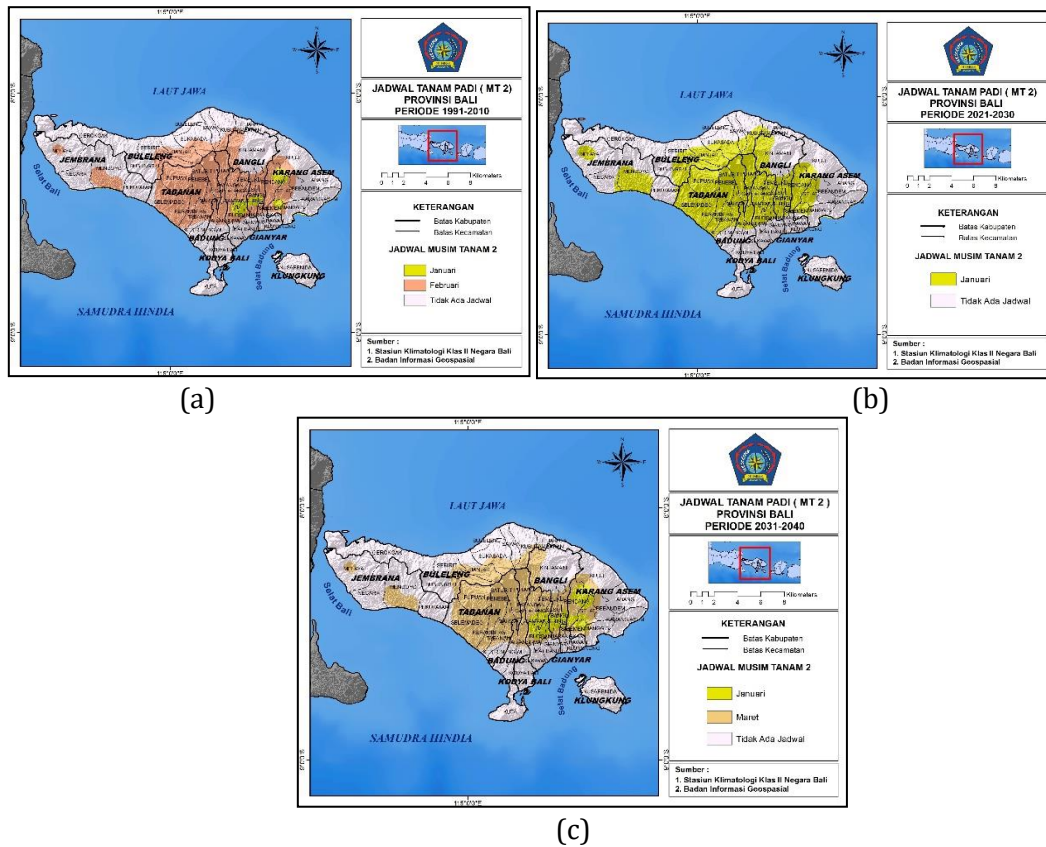
Gambar 5. Jadwal tanam padi pertama periode 1991-2010 (a), periode 2021-2030 (b), periode 2021-2030 (c)

Secara spasial jadwal tanam padi pertama periode 1991-2010 di Provinsi Bali dapat dilihat pada Gambar 5 (a). Berdasarkan gambar tersebut, pada periode 1991-2010 sebagian besar wilayah Bali bagian tengah mulai menanam padi pada bulan Oktober, hanya sebagian kecil di wilayah Bangli, Gianyar dan Karangasem yang menanam padi pada bulan September. Sedangkan untuk wilayah pesisir utara dan Pulau Nusa Penida tidak memiliki jadwal tanam pertama karena wilayah tersebut tidak mencukupi ketersediaan air tanahnya.

Gambar 5 (b) merupakan jadwal tanam padi pertama periode 2021-2030. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat adanya perubahan jadwal tanam pertama di wilayah Bali bagian tengah. Pada periode 2021-2030 jadwal tanam padi pertama di wilayah Bali bagian tengah cenderung dimulai pada bulan September, mengalami kemajuan dari periode 1991-2010. Wilayah yang tidak memiliki jadwal tanam di pesisir utara Bali mengalami penyempitan, sehingga sebagian wilayahnya dapat ditanam padi pada bulan Februari. Pada Gambar 5 (c) menunjukkan bahwa jadwal tanam padi pertama periode 2031-2040, kembali seperti periode baseline (1991-2010) dimana pada sebagian besar wilayah Bali bagian tengah memulai tanam padi pertama pada bulan Oktober.

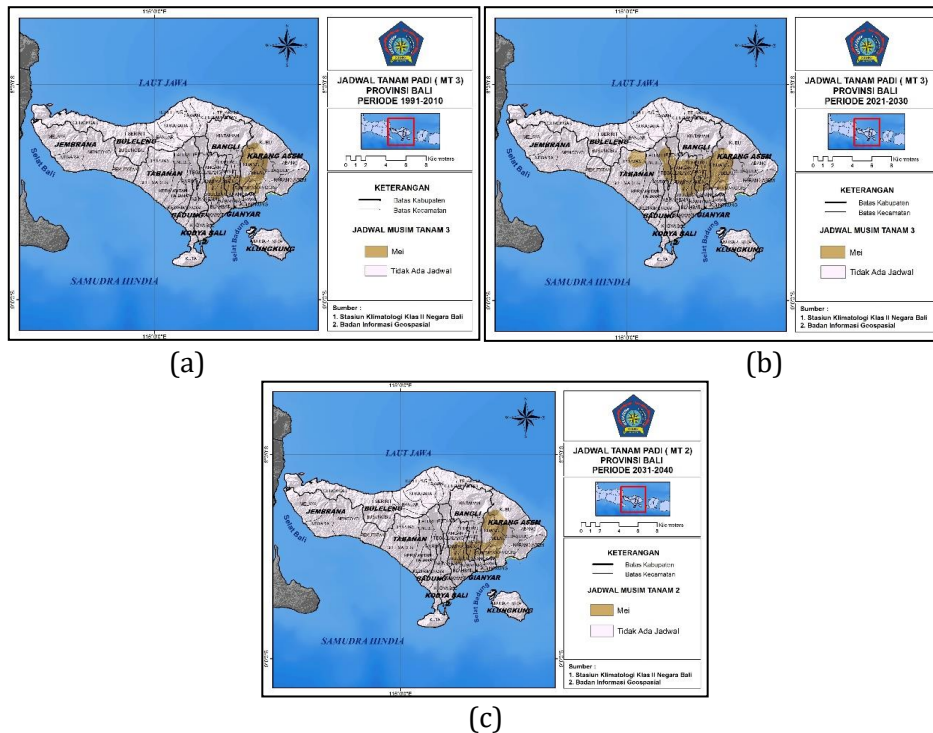
Perubahan jadwal tanam padi kedua

Perubahan jadwal tanam kedua terlihat pada wilayah Bali bagian tengah. Pada periode 1991-2010, wilayah Bali bagian tengah mulai menanam padi kedua pada bulan Februari dan sebagian kecil bulan Januari. Pada periode 2021-2030, wilayah Bali bagian tengah mulai menanam padi pada bulan September, lebih awal dibandingkan dengan periode 1991-2010. Periode 2021-2030 ini hanya terbagi menjadi 2 wilayah yaitu wilayah dengan jadwal tanam bulan September dan wilayah yang tidak memiliki jadwal tanam. Pada periode 2031-2040 kembali seperti periode 1991-2010, yaitu memulai tanam padi pada bulan Februari di wilayah Bali bagian tengah. Secara spasial, jadwal tanam padi kedua dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Jadwal tanam padi kedua periode 1991-2010 (a), periode 2021-2030 (b), periode 2031-2040 (c)

Perubahan jadwal tanam padi ketiga



Gambar 7. Jadwal tanam padi ketiga periode 1991-2010 (a), periode 2021-2030 (b), periode 2021-2030

Simpulan

Perubahan parameter suhu udara dan curah hujan proyeksi terhadap periode normal (1991-2010) menyebabkan terjadinya perubahan tipe iklim Oldeman dan kondisi ketersediaan air tanah. Hal tersebut berimplikasi terhadap perubahan jadwal tanam padi Provinsi Bali. Perubahan jadwal tanam pertama terlihat pada wilayah Bali bagian tengah dan wilayah pesisir timur hingga selatan. Pada musim tanam periode 1991-2010, secara umum mulai tanam padi pada bulan Oktober di bagian tengah dan November di pesisir timur hingga selatan. Pada periode 2021-2030, awal tanam Oktober maju menjadi September, sedangkan awal tanam November mundur menjadi Desember.

Pada periode 2031-2040, awal tanam pertama wilayah Bali bagian tengah kembali dimulai bulan Oktober seperti periode 1991-2010 dan dimulai bulan Desember untuk wilayah pesisir timur hingga selatan. Perubahan awal tanam kedua pada ketiga periode mengikuti perubahan awal tanam pertama. Di wilayah Bali bagian tengah pada periode 1991-2010 umumnya Februari, periode 2021-2030 umumnya Januari dan periode 2031-2040 sama seperti periode 1991-2010 yaitu Februari. Awal tanam ketiga hanya ada di sebagian wilayah Kabupaten Gianyar, Bangli dan Karangasem yaitu pada bulan Mei.

Perlu adanya perbandingan antara hasil proyeksi skenario yang digunakan dengan skenario lainnya dalam melihat kondisi iklim masa depan. Sehingga dapat mengetahui seluruh gambaran kondisi iklim di masa yang akan datang pada setiap skenario dan dampak terhadap jadwal tanam yang mungkin terjadi. Peningkatan resolusi data model juga perlu dilakukan agar lebih merepresentasikan wilayah penelitian.rna yang dihasilkan.

References

- [1] BMKG. (2021). "Tingkat Ketersediaan Air Bagi Tanaman - Januari 2021", dalam <https://www.bmkg.go.id/berita/?p=tingkat-ketersediaan-air-bagi-tanaman-januari-2021&lang=ID&tag=ketersediaan-air-tanah>, diakses 12 Februari 2021
- [2] IPCC. Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Cambridge University Press. New York, 2013.
- [3] FAO. Crop Evaporation. FAO Irrigation and Drainage Paper. Food and Agricultural Organization of the United Nation, 1998.
- [4] 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. B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S. J., Stouffer, R. J., Thomson, A. M., Weyant, J. P., dan Wilbanks, T. J. "The next generation of scenarios for climate change of informed decisions for adaptation". WCDMP-No. 72. research and assessment. Nature, Vol 463:747-756, 2010.
- [5] Oldeman, L. R., dan Frere, M. A. "Study of the Agrometeorology of the Humid Tropic of South East Asia". WMO No. 597, Technical Note No.197, 1982.
- [6] P3-TISDA. "Paket Modul Pelatihan Iklim Untuk Pertanian di Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar". Teknologi Informasi Iklim. Jakarta, 2005.
- [7] Pawitan, H., Irsal, L., Heny, S., Rizaldi, B., Handoko dan Justika S. B.. "Implementasi Pendekatan Strategis dan Taktis Gerakan Hemat Air". Seminar Nasional Pemantapan Gerakan Hemat Air Untuk Mengoptimalkan Pemanfaatan Sumberdaya Air. Jakarta, 1996.
- [8] REPUBLIKA "Kekeringan Ancam Produktivitas Petani ", dalam <https://www.republika.co.id/berita/dunia-islam/khazanah/12/07/04/ekonomi/makro/17/09/13/ow7ed8-kekeringan-ancam-produktivitas-petani>, diakses 12 Februari 2021
- [9] Rusdiana, O., dan Amalia, R. F. "Kesesuaian Lahan Pinus merkusii Jungh et de Vriese pada Areal Bekas Tegakan Tectona grandis Linn. F.". Jurnal Silvikultur Tropika. Vol. 03 No. 03. Hal 174-181, 2012.

-
- [10] Setiawan, O. "Analisis Varaibilitas Curah Hujan dan Suhu di Bali. Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan". Vol. 9 No. 1. 66-79, 2012.
 - [11] Vuuren, D P van., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G. C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J. F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S. J., dan Rose, S. K. "The Repercentative Concentration Pathways : an Overview. Climatic Change" 109. 5-31, 2011.
 - [12] Weiland, F. C., L. P. H Van Beek, J. C. J. Kwadijk, dan M. F. P. Bierkens. "The Ability of A GCM-Forced Hydrological Model to Reproduce Global Discharge Variability". Hydrology and Earth System Science Journal. 14, p. 1595-1621produce Global Discharge, 2010.
 - [13] WMO. "The Role of Climatological Normals in A Changing Climate". World Meteorological Organization. Geneva, 2007.