

Bab III

Pengaruh Kondisi Iklim terhadap Pertanian Padi dan Jagung di Nusa Tenggara Timur

Bayu Dwi Apri Nugroho

Pada Bab II telah diuraikan dampak perubahan iklim secara umum terhadap ketahanan pangan. Bab III ini akan menjelaskan secara rinci contoh kasus di Nusa Tenggara Timur, menguraikan bagaimana iklim dan cuaca ekstrem sangat memengaruhi produktivitas pertanian, serta pentingnya prediksi iklim pada masa depan dalam menentukan hasil pertanian.

A. Kondisi Iklim, Curah Hujan, serta Produktivitas Padi dan Jagung di Nusa Tenggara Timur

Indonesia termasuk negara terdampak anomali iklim global yang ditandai peningkatan $0,3^{\circ}\text{C}$ suhu udara dalam satu abad. Anomali iklim global berdampak pada penurunan 2%–3% curah hujan di

B. D. A. Nugroho

Badan Riset dan Inovasi Nasional, *e-mail*: bayu.tep@ugm.ac.id

© 2024 Editor & Penulis

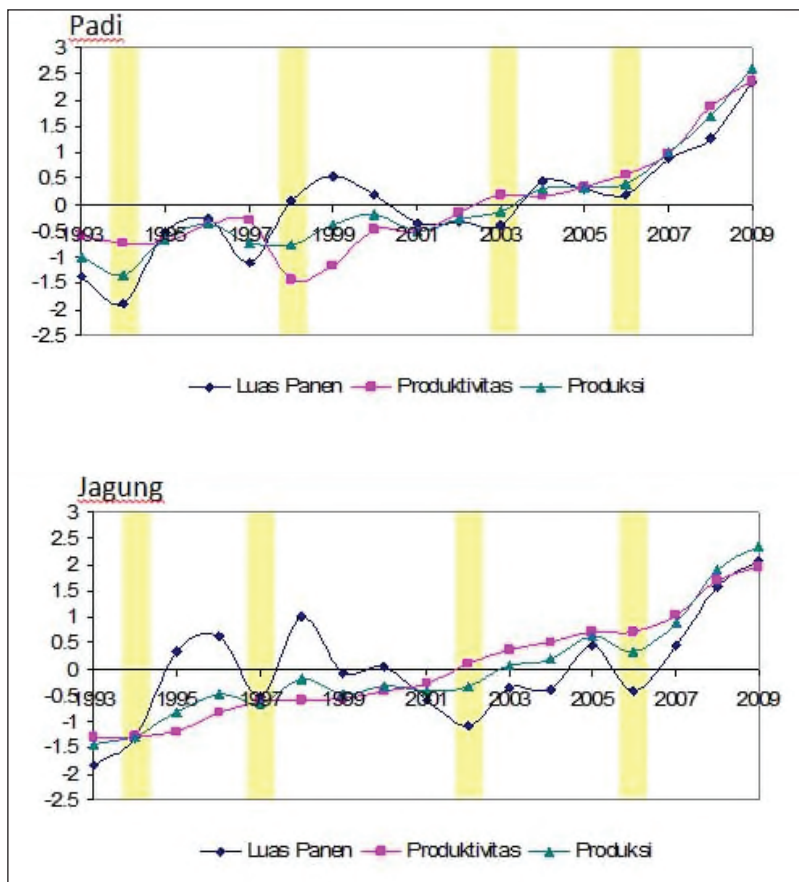
Nugroho, B. D. A. (2024). Pengaruh kondisi iklim terhadap pertanian padi dan jagung di Nusa Tenggara Timur. Dalam D. E. Nuryanto & I. Fathrio (Ed.), *Prediksi iklim untuk ketahanan pangan* (59–88). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.1244.c1387. E-ISBN: 978-602-6303-49-3.

Indonesia (Hulme & Sheard, 1999). Peningkatan suhu udara diperkuat besarnya penggunaan bahan bakar fosil di Indonesia dengan menyebabkan peningkatan produksi CO₂. Di sisi lain, Indonesia merupakan negara agraris dengan sektor unggulan dan mata pencaharian utama dari sektor pertanian. Pengairan dan iklim mikro pertanian Indonesia masih tergantung dengan curah hujan sehingga anomali iklim global membawa dampak besar (Yohe & Tol, 2002). Kecenderungan besaran perubahan suhu dan curah hujan di Indonesia pada dasarnya tidak menunjukkan keseragaman di setiap daerah. Beberapa daerah justru mengalami peningkatan jumlah curah hujan tahunan. Dengan demikian, pengaruh perubahan iklim perlu ditinjau secara spesifik di daerah-daerah tertentu sehingga dapat dilakukan proses adaptasi dan mitigasinya secara efektif dan efisien. Hal ini penting untuk mendukung ketahanan pangan di daerah.

Nusa Tenggara Timur (NTT) terletak di selatan garis khatulistiwa, tepatnya pada posisi 8°–12°LS dan 118°–125°BT. Provinsi NTT di utara berbatasan langsung dengan Laut Flores, di selatan dengan Samudra Hindia, sebelah timur dengan Negara Timor Leste, dan sebelah barat berbatasan dengan Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan wilayah kepulauan yang terdiri dari 566 pulau, 432 pulau di antaranya sudah mempunyai nama dan sisanya sampai saat ini belum mempunyai nama. Nusa Tenggara Timur (NTT) memiliki berbagai macam kekayaan alam di sektor peternakan, kelautan, pariwisata, serta sektor pertanian (Kondisi geografis, 2016). Nusa Tenggara Timur (NTT) secara geografis berdekatan dengan Australia dan Samudra Pasifik sehingga curah hujan di NTT sangat dipengaruhi oleh dinamika iklim dan atmosfer yang terjadi di Australia dan Samudra Pasifik. Peristiwa ekstrem, seperti El Niño dan La Niña di Pasifik, sering kali berdampak negatif terhadap curah hujan dan produktivitas pertanian di Provinsi NTT (Karuniasa & Pambudi, 2023). Untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan ketahanan pangan di NTT, perlu didukung oleh analisis perubahan kondisi iklim dan lingkungannya.

Kondisi iklim di wilayah NTT menyebabkan curah hujan di daerah tersebut memiliki karakteristik yang khas dibandingkan daerah lain. Menurut Sopiana (2017), secara geografis NTT merupakan daerah yang memiliki iklim sabana yang ditandai dengan adanya padang rumput yang luas. Hal ini dibuktikan dari data curah hujan historis di Provinsi NTT memiliki bulan kering yang cukup panjang, kurang lebih delapan bulan kering berturut-turut. Data BMKG yang tersedia untuk NTT cukup panjang yang memungkinkan untuk melakukan analisis historis dalam analisis pola iklimnya. Data tersebut menunjukkan bahwa pola rata-rata perbedaan curah hujan di musim hujan (Desember–Maret) dan musim kemarau (April–November) cukup signifikan.

Kondisi iklim NTT yang cenderung kering ini, sering kali diperparah oleh kejadian El Niño. Fenomena El Niño pada kurun waktu 20 tahun terakhir terjadi pada tahun 1994, 1997, 2001, 2003, 2004, dan 2006. Tahun El Niño tersebut berdampak kuat terhadap produktivitas tanaman padi dan jagung di Indonesia, khususnya NTT. Pada Gambar 3.1 terlihat dengan jelas bahwa produktivitas dan produksi tanaman padi dan jagung mengalami penurunan yang sangat signifikan (Ruminta, 2016) dan ditunjukkan dengan nilai persentase. Dampak perubahan iklim terhadap produksi padi dari sawah beririgasi disebabkan oleh kenaikan suhu dan curah hujan dihitung berdasarkan penurunan hasil dan luas panen setelah terjadi perubahan iklim (Abbas & Mayo, 2020).



Catatan: Garis kuning menunjukkan tahun kejadian El Niño
Sumber: Ruminta dan Handoko (2012) dalam Ruminta (2016)

Gambar 3.1 Luas Panen dan Produksi Tanaman Pangan Utama (Padi dan Jagung) di Indonesia (1993–2009)

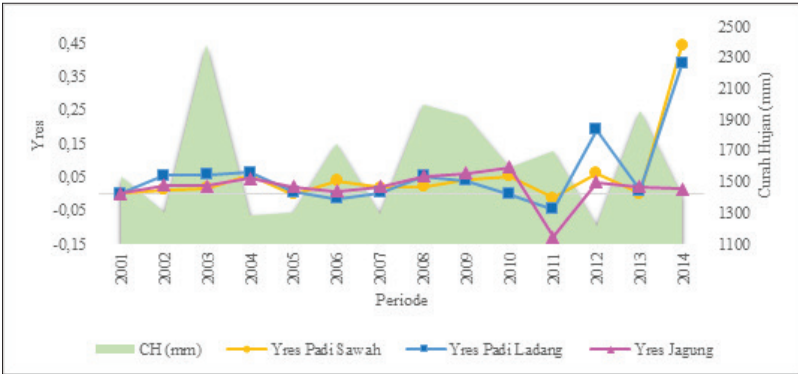
B. Korelasi Indeks Iklim Global, Curah Hujan, dan Produktivitas Padi serta Jagung di Nusa Tenggara Timur

Perubahan iklim global akan berdampak terhadap curah hujan yang akan berpengaruh terhadap produktivitas padi dan jagung (Adhikari et al., 2015). Provinsi Nusa Tenggara Timur yang memiliki komoditas unggulan padi dan jagung, secara tidak langsung akan terdampak produktivitasnya (Nugroho & Maftukhah, 2018). Keterkaitan antara perubahan iklim global, curah hujan, dan produktivitas, dapat dilihat dengan penelitian yang memerlukan berbagai data dari tahun 1995–2015 atau selama 20 tahun, di antaranya data curah hujan Provinsi Nusa Tenggara Timur, data Southern Oscillation Index (SOI), data Anomaly of Sea Surface Temperature (ASST) yang terdiri dari Niño 3, Niño West, dan Niño 3.4. Selain itu, dibutuhkan data produktivitas tanaman padi sawah, padi ladang, dan jagung tahun 2001–2014. Data-data tersebut kemudian digunakan untuk mencari korelasinya dengan curah hujan wilayah, dalam periode tahunan, 6 bulan, dan 3 bulan. Selain itu juga dilakukan analisis korelasi data produktivitas dengan curah hujan wilayah periode tahunan.

Potensi hasil tanaman padi erat hubungannya dengan jaminan ketersediaan air selama musim tanam (Taslim & Fagi, 1988). Nilai korelasi menunjukkan seberapa erat hubungan antara indeks iklim global dengan curah hujan. Jika nilai makin positif atau makin negatif maka hubungan akan makin erat. ASST Nino West memiliki nilai korelasi dengan tingkat hubungan paling tidak erat jika dibandingkan yang lain (Boonwichai et al., 2018). Korelasi dengan tingkat hubungan tererat terjadi pada periode Januari–Maret (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Nilai Korelasi Iklim Global dan Curah Hujan

	Tahunan	Periode					
		per 6 Bulan		per 3 Bulan			
		Okt–Mar	Apr–Sep	Okt–Des	Jan–Mar	Apr–Jun	Jul–Sep
ASST Niño 3	-0,4278	-0,4993	-0,3805	-0,1915	-0,561	-0,2173	-0,1893
ASST Niño West	0,3018	0,2485	0,271	0,0718	0,3652	0,1632	0,2958
ASST Niño 3.4	-0,4564	-0,4374	-0,5004	-0,1373	-0,5387	-0,3638	-0,2665
SOI	0,5051	0,3651	0,553	0,0734	0,488	0,5174	0,3348



Gambar 3.2 Hubungan Curah Hujan dan Produktivitas (Yres) Skala Provinsi

Gambar 3.2 menunjukkan hubungan curah hujan dengan produktivitas yang telah diolah datanya menjadi Yresidual pada komoditas padi sawah, padi ladang, dan jagung dalam skala provinsi. Yresidual merupakan selisih data tercatat dengan data yang terkoreksi (*smoothing*). Pada tahun 2001–2010 perubahan tidak terjadi secara signifikan atau dengan kata lain cenderung stabil pada ketiga komoditas. Perubahan mulai terlihat pada tahun 2011–2014. Secara grafis terlihat hubungan yang berbanding terbalik antara curah hujan dan produktivitas, yaitu jika curah hujan makin tinggi maka produktivitas makin rendah dan begitu pula sebaliknya dengan perubahan yang signifikan terjadi pada tahun 2013 ke 2014 pada padi sawah dan padi ladang dari yang mulanya mendekati 0,00 menjadi 0,44 dan 0,39.

Tabel 3.2 Nilai Korelasi Curah Hujan dan Produktivitas

No.	Kabupaten	Padi Sawah	Padi Ladang	Jagung
1	Sumba Barat	-0,3382	-0,1886	-0,0753
2	Sumba Timur	-0,2211	-0,1925	-0,2087
3	Kupang	-0,3562	-0,1178	-0,0451
4	Timor Tengah Selatan	-0,0808	-0,1913	-0,1591
5	Timor Tengah Utara	-0,1752	-0,2083	-0,0334
6	Belu	-0,2579	0,0975	0,0368
7	Alor	0,0228	-0,2271	0,1854
8	Lembata	0,1284	-0,1948	0,1723
9	Flores timur	-0,0652	-0,3974	0,0649
10	Sikka	0,1107	-0,2298	0,1176
11	Ende	-0,0737	-0,1902	0,2827
12	Ngada	-0,1015	-0,1482	0,1875
13	Manggarai	-0,1204	-0,1999	0,4049
14	Rote Ndao	-0,1350	-0,0150	0,2415
15	Manggarai Barat	-0,3167	-0,4187	0,7234
16	Sumba Barat Daya	-0,6918	-0,7385	-0,4630
17	Sumba Tengah	0,2218	-0,7028	0,2946
18	Nagekeo	-0,4022	-0,6248	-0,2529
19	Manggarai Timur	-0,5727	-0,4435	-0,3302
20	Sabu Raijua	-0,6279	-0,5473	0,5408
21	Malaka	-	-	-
22	Kota Kupang	-0,1436	-0,2107	0,6088
	Secara Provinsi	-0,2107	-0,2520	-0,0074

Dari Tabel 3.2 dapat dilihat nilai korelasi secara provinsi yang dihasilkan untuk komoditas padi sawah, padi ladang, dan jagung, yaitu -0,2107; -0,2520; dan -0,0074. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa secara provinsi curah hujan dengan produktivitas berbanding terbalik, apabila dilihat dalam skala kabupaten, komoditas padi sawah dan padi ladang cenderung memiliki korelasi negatif, sedangkan pada komoditas jagung sebaliknya, yaitu lebih dari sebagian kabupaten-nya memiliki korelasi positif meskipun nilai korelasinya cenderung rendah. Hubungan tererat pada padi (sawah maupun ladang) terjadi di Kabupaten Sumba Barat Daya dengan nilai korelasi, yaitu sebesar

-0,6918 dan -0,7385, sedangkan hubungan tererat pada jagung di Kabupaten Manggarai Barat sebesar 0,7234.

C. Pola Curah Hujan dan Indeks Kekeringan, serta Klasifikasi Iklim di Nusa Tenggara Timur

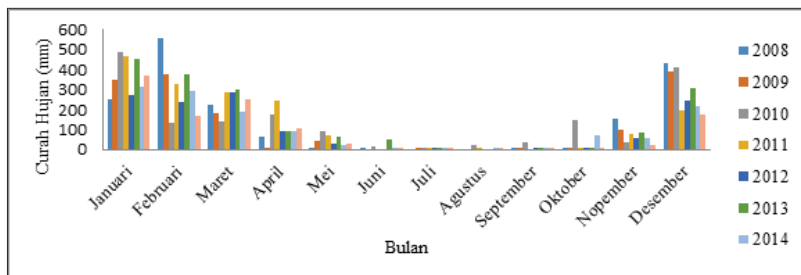
Selain berpengaruh langsung terhadap tingkat produksi tanaman pangan, perubahan iklim juga memiliki pengaruh tidak langsung yang dapat menurunkan produktivitas tanaman pangan dengan meningkatnya serangan hama dan penyakit. Pada musim hujan, berkembang penyakit tanaman, yaitu kresak dan blas pada tanaman padi, antranoksa pada cabai, dan sebagainya. Pada musim kemarau berkembang hama penggerek batang padi, hama belalang kembara, dan *thrips* pada cabai (Wiyono, 2007). Terdapat hubungan erat antara perubahan iklim dan produksi pertanian (Winarto et al., 2013). Pengaruh perubahan iklim terhadap pertanian bersifat multidimensional, mulai dari sumber daya, infrastruktur pertanian, dan sistem produksi, hingga ketahanan pangan, kesejahteraan petani dan masyarakat pada umumnya (Jolánkai et al., 2019).

Komoditas unggulan di Provinsi NTT adalah padi dan jagung yang tergolong sensitif terhadap perubahan iklim. La Niña dapat mengakibatkan banjir (*flooded*), sedangkan El Niño dapat menyebabkan kekeringan. Gagal panen total yang terjadi akibat kekeringan tahun 2016 mencapai 59,7 ribu hektare dengan pertanaman padi sekitar 20 ribu hektare (Rachmawati, 2016). Sementara itu, analisis kekeringan dengan menggunakan nilai indeks kekeringan digunakan untuk mempelajari interaksi iklim terkait dengan pola hujan atau debit yang pernah terjadi sebelumnya sehingga dapat melakukan manajemen dengan baik terhadap pemanfaatan air hujan dalam hal ini untuk kebutuhan air suatu daerah (Vicenter-Serrano et al., 2012).

Selain itu, kekeringan juga dapat memberikan dampak buruk kepada masyarakat berupa kekurangan pangan bahkan hilangnya pekerjaan bagi masyarakat petani. Ketiadaan curah hujan dalam kurun waktu yang lama bahkan melebihi waktu musim kemarau bisa memengaruhi semua sektor kehidupan. Selain itu kekeringan

tidak hanya berdampak pada daerah yang mengalami kekeringan saja, tetapi dapat meluas ke daerah lainnya karena memengaruhi sektor ekonomi, pangan, dan sumber daya yang dibutuhkan orang banyak (Ziolkowska, 2016).

Ditinjau dari kondisi nilai curah hujan dari Provinsi NTT, dapat diprediksi bahwa pola curah hujan yang terjadi di Provinsi NTT adalah pola curah hujan monsun. Pola monsun dicirikan oleh distribusi curah hujan bulanan berbentuk V dengan jumlah curah hujan musiman rendah pada bulan Juni, Juli, atau Agustus. Pada kondisi normal, saat monsun barat akan mendapat curah hujan yang berlimpah (musim hujan), sedangkan pada saat monsun timur jumlah curah hujannya sangat sedikit (musim kemarau). Pada pola hujan monsun wilayahnya memiliki perbedaan yang jelas antara periode musim hujan dan periode musim kemarau (Gunarsih, 1988).



Sumber: Kondisi geografis (2016)

Gambar 3.3 Grafik Curah Hujan (mm/Bulan) Versus Waktu (Bulan)

Gambar 3.3 menunjukkan tren grafik curah hujan vs. waktu menggunakan data rata-rata curah hujan di semua regional. Terlihat bahwa tren yang terjadi di semua tahun menunjukkan hal yang relatif sama, yakni memiliki satu puncak musim hujan yang muncul di sekitar bulan Desember hingga Februari. Hal ini menunjukkan bahwa di NTT memiliki pola curah hujan monsun yang memiliki ciri berbentuk V dan hanya memiliki satu puncak musim hujan.

Analisis pola curah hujan wilayah dibagi dalam dua kelompok analisis, yaitu analisis pola curah hujan pada saat musim hujan dan analisis pola curah hujan pada saat musim kemarau. Musim hujan yang ditinjau dari bulan Desember–Maret di Provinsi NTT dari periode tahun 2008–2015 diketahui memiliki curah hujan yang cukup tinggi. Hal ini dibuktikan pada data curah hujan yang hampir di setiap tahunnya nilai akumulasi curah hujan pada periode musim hujan berkisar di angka 1000–2000 mm/musim hujan. Fenomena La Niña juga memengaruhi pola curah hujan di Provinsi NTT.

Selain itu, La Niña juga memengaruhi pola distribusi hujan di wilayah Provinsi NTT. Berdasarkan data yang diperoleh La Niña terjadi pada musim hujan tahun 2008, 2009, dan 2010–2011, sedangkan El Niño terjadi pada musim hujan tahun 2010 dan musim kemarau tahun 2015. Perbedaan pola hujan ini disebabkan karena pada periode La Niña kumulatif curah hujan akan meningkat, sedangkan pada saat terjadi El Niño, kumulatif curah hujan akan berkurang seperti yang telah dikemukakan sebelumnya.

Pada musim kemarau pola hujan wilayah Provinsi NTT berbeda dengan pola hujan pada saat musim hujan. Musim kemarau di NTT memiliki karakteristik yang khas dikarenakan dalam bulan-bulan tertentu, nilai curah hujan yang tercatat di stasiun penakar hujan dapat mencapai nilai nol (0) tanpa hujan sama sekali. Hal ini sangat berbeda ketika bulan-bulan basah di musim hujan NTT, nilai curah hujan dapat mencapai 300 mm/bulan. Sebaran curah hujan yang cukup tinggi hampir merata di setiap regional. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh dari perubahan fenomena La Niña yang sangat dominan sehingga terjadi hujan sepanjang tahun di Provinsi NTT. Pola curah hujan Provinsi NTT selalu berubah seiring berjalannya waktu. Pola curah hujan di Provinsi NTT ini selalu berubah selain dipengaruhi oleh La Niña dan El Niño, juga dipengaruhi oleh kondisi geografis dan keadaan unsur iklim yang lainnya dari Provinsi NTT.

Setiap bulan, nilai curah hujan yang terjadi di setiap regional memiliki perbedaan. Perbedaan nilai curah hujan tersebut mengakibatkan terjadinya perbedaan nilai indeks kekeringan dengan metode

SPI (Blain et al., 2022). Nilai indeks kekeringan yang tersaji. Kemudian, diklasifikasikan ke dalam lima penggolongan seperti pada Tabel 3.3. Penggolongan ini dilakukan sebagai upaya untuk mengkualitatifkan nilai indeks kekeringan dalam suatu kelompok dengan kondisi relatif sama untuk mempermudah proses analisis selanjutnya.

Tabel 3.3 Nilai Indeks Kekeringan (SPI) Regional 2 (2008–2015)

Bulan	Tahun							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Januari	0,1	-0,8	0,1	1,9	0,1	0,5	-0,5	-1,5
Februari	1,7	0,1	-1,2	1,1	-0,5	0,4	-0,8	-0,9
Maret	-0,4	-0,7	-0,5	1,0	1,6	0,8	-1,1	-0,7
April	-0,6	-1,0	1,0	2,0	-0,4	-0,1	-0,6	-0,3
Mei	-1,2	0,5	-0,2	-0,2	-0,7	2,1	-0,4	0,0
Juni	0,0	-0,6	-0,3	-0,6	-0,6	2,4	-0,2	-0,2
Juli	-0,6	-0,6	2,0	-0,6	-0,6	1,2	-0,4	-0,5
Agustus	-0,5	-0,5	2,4	-0,3	-0,5	-0,5	0,4	-0,5
September	-0,6	0,0	2,3	-0,6	-0,6	-0,6	0,5	-0,4
Oktober	-0,5	-0,5	2,2	-0,4	-0,5	-0,5	0,8	-0,5
November	2,3	-0,4	-0,3	0,0	-1,0	0,1	-0,2	-0,5
Desember	1,1	0,1	1,8	-1,3	0,1	-0,5	-0,6	-0,6
Rerata	0,1	-0,4	0,8	0,2	-0,3	0,4	-0,3	-0,5

Terlihat bahwa nilai SPI pada bulan Juni, Juli, dan Agustus pada stasiun David Constantijn Saudale relatif lebih stabil daripada bulan-bulan lainnya karena curah hujan yang terjadi dari tahun ke tahun tidak begitu mengalami perubahan dan pada bulan-bulan tersebut sedang mengalami musim kemarau, sedangkan pada bulan-bulan lainnya nilai SPI rata-rata selalu mengalami perubahan, hal ini karena perubahan jumlah curah hujan dari tahun ke tahun yang tidak menentu. Pada tahun-tahun tertentu, nilai SPI mengalami lompatan data. Seperti pada tahun 2010 di bulan kemarau (Juli–Oktober), nilai SPI menunjukkan kategori basah. Hal ini terjadi karena nilai curah

hujan pada bulan tersebut di tahun 2010 tercatat memiliki nilai yang cukup tinggi. Hal ini menjadi faktor yang membuat nilai SPI pada bulan tersebut mengalami fluktuasi yang cukup tinggi.

Penyebaran indeks kekeringan maksimum Provinsi NTT dari tahun ke tahun dalam periode 2008–2015 terus berubah. Seperti pada tahun 2009–2010 di regional 1 kondisi kekeringan parah serta di regional 2 dan 4 mengalami kekeringan sedang, sedangkan pada regional 3 mengalami perubahan di tahun 2009 kekeringan sedang kemudian di tahun 2010 mengalami kondisi hampir normal. Pada tahun 2008 dan 2012, seluruh regional mengalami kekeringan sedang, sedangkan pada tahun 2013, semua regional mengalami kondisi hampir normal. Hal ini menunjukkan bahwa di tahun tersebut terjadi pemerataan curah hujan di regional 1–regional 4. Pada tiga tahun terakhir (2013–2015) terjadi kenaikan nilai indeks kekeringan dari klasifikasi hampir normal hingga pada regional 1 terlihat berubah menjadi kekeringan parah.

Nilai SPI maksimum yang didapat tidak selalu berada dalam bulan-bulan kering, hal ini dapat terjadi pada bulan-bulan basah. Ketika terjadi El Niño, nilai SPI menjadi rendah yang berarti kekeringan meningkat, di mana seperti pada tahun 2010 hampir di seluruh stasiun nilai kekeringan maksimum terjadi pada bulan Februari, hal ini karena jumlah curah hujan pada bulan Januari tahun 2010 jauh di bawah jumlah curah hujan rata-rata bulan Januari di stasiun-stasiun tersebut. Fenomena La Niña menyebabkan curah hujan di sebagian besar wilayah Indonesia bertambah. Hal ini dapat terlihat juga pada data curah hujan yang lebih tinggi serta nilai SPI bulanan dan rata-rata tahunan yang lebih tinggi pula (keadaan minimum), tetapi nilai SPI maksimum tidak terlalu berpengaruh pada kondisi La Niña. Pada tahun 2010 saat kondisi La Niña rata-rata nilai hujan lebih tinggi dibandingkan tahun-tahun lainnya, bahkan saat bulan-bulan kering malah terjadi hujan yang lebih besar dibandingkan tahun-tahun lainnya. Perbedaan nilai hujan dengan kondisi normalnya sangat memengaruhi nilai SPI itu sendiri.

Dalam bab ini, klasifikasi iklim menggunakan metode klasifikasi iklim menurut Oldeman, di mana di dalam pembagian iklim Oldeman lebih menitikberatkan pada banyaknya bulan basah dan bulan kering secara berturut-turut yang dikaitkan dengan sistem pertanian untuk daerah-daerah tertentu. Oldeman membuat sistem baru dalam klasifikasi iklim yang dihubungkan dengan pertanian menggunakan unsur iklim hujan. Ia membuat dan menggolongkan tipe-tipe iklim di Indonesia berdasarkan pada kriteria bulan-bulan basah dan bulan-bulan kering secara berturut-turut pada Tabel 3.4. Kriteria dalam klasifikasi iklim didasarkan pada perhitungan masa bulan basah (BB), masa bulan lembap (BL), dan masa bulan kering (BK). Setelah didapat hasil perhitungannya, dikelompokkan ke dalam zona yang telah dibagikan menurut Oldeman.

Tabel 3.4 Data Klasifikasi Sifat Hujan Provinsi NTT (2008–2015)

No	Bulan	Curah Hujan (mm)							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Januari	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BL
2	Februari	BB	BB	BL	BB	BB	BB	BL	BL
3	Maret	BL	BL	BL	BB	BB	BB	BL	BL
4	April	BK	BK	BB	BB	BK	BL	BK	BK
5	Mei	BK	BL	BK	BK	BK	BB	BK	BK
6	Juni	BK	BK	BK	BK	BK	BL	BK	BK
7	Juli	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK
8	Agustus	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK
9	September	BK	BK	BL	BK	BK	BK	BK	BK
10	Oktober	BK	BK	BL	BK	BK	BK	BK	BK
11	November	BB	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK
12	Desember	BB	BB	BB	BK	BB	BB	BL	BL

Pada Tabel 3.4 didapatkan hasil pengklasifikasian iklim Provinsi NTT termasuk ke dalam klasifikasi iklim tipe D-4. Hal ini diketahui dari nilai data klasifikasi sifat curah hujan di Provinsi NTT pada periode tahun 2008–2015 yang menunjukkan bahwa rerata sifat curah hujan di Provinsi NTT mengalami bulan basah 3–4 bulan

(Tabel 3.5) secara berurutan setiap tahunnya. Nilai yang didapatkan dapat dikategorikan dalam kategori iklim D-4 menurut Oldeman, sedangkan penggolongan iklim terhadap sistem budi daya pertanian di setiap zona, masuk zona D-4, yakni wilayah pertaniannya hanya dapat menanam satu kali palawija dan satu kali padi sawah (Tabel 3.6).

Tabel 3.5 Curah Hujan Rerata Bulanan Periode Tahun 2008–2015 Stasiun Curah Hujan David Constantijn Saudale

Bulan	CH (mm)	Keterangan
Januari	349	Bulan Basah
Februari	300	Bulan Basah
Maret	219	Bulan Basah
April	118	Bulan Lembap
Mei	84	Bulan Kering
Juni	25	Bulan Kering
Juli	7	Bulan Kering
Agustus	8	Bulan Kering
September	21	Bulan Kering
Oktober	23	Bulan Kering
November	85	Bulan Kering
Desember	295	Bulan Basah

Tabel 3.6 Hubungan Sistem Bercocok Tanam di Tiap Zona

Tipe Iklim	Penjabaran
A1, A2	Sesuai untuk padi terus menerus, tetapi produksi kurang karena pada umumnya kerapatan fluks radiasi surya rendah sepanjang tahun.
B1	Sesuai untuk padi terus menerus dengan perencanaan awal musim tanam yang baik. Produksi tinggi bila panen musim kemarau.
B2	Dapat tanam padi dua kali setahun dengan varitas umur pendek dan musim kering yang pendek cukup untuk tanaman palawija
C1	Tanam Padi dapat sekali dan palawija dua kali setahun
C2, C3, C4	Tanam Padi dapat sekali dan palawija dua kali setahun, tetapi penanaman palawija yang kedua harus hati-hati jangan jatuh pada bulan kering

Tipe Iklim	Penjabaran
D1	Tanam padi umur pendek satu kali dan biasanya produksi bisa tinggi karena kerapatan fluks radiasi tinggi. Waktu tanam palawija.
D2, D-3, D-4	Hanya mungkin satu kali padi atau satu kali palawija setahun tergantung pada adanya persediaan air irigasi.
E	Daerah ini umumnya terlalu kering, mungkin hanya dapat satu kali palawija, itupun tergantung adanya hujan.

D. Analisis Neraca Air untuk Menentukan Kalender Tanam Pertanian Padi dan Jagung di Nusa Tenggara Timur

Perubahan iklim yang terjadi dapat berpengaruh pada produktivitas tanaman jagung. Salah satu upaya adaptasi yang paling jitu dalam menghadapi dampak perubahan iklim, seperti kondisi iklim yang tidak menentu dan pergeseran musim, adalah melakukan penetapan pola tanam dan kalender tanam dengan mempertimbangkan kondisi iklim (Runtunuwu et al., 2013). Menurut Kedang dan Haruna (2008), hasil analisis neraca air menunjukkan bahwa surplus air di wilayah NTT terjadi pada bulan Desember–April, sedangkan defisit air terjadi pada bulan Mei–November. Periode saat terjadi surplus air pada bulan Desember–April sangat menguntungkan untuk membudidayakan tanaman padi, sedangkan periode saat terjadi defisit air pada bulan Mei–November sangat menguntungkan untuk membudidayakan tanaman jagung. Mawardi (2012) menjelaskan bahwa jika laju evapotranspirasi ini lebih besar dari laju penyerapan air oleh akar tanaman, tanaman akan mengalami kelayuan.

Padi membutuhkan air yang cukup untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Kebutuhan air dimaksud merupakan jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman untuk melakukan proses pertumbuhannya mulai dari tanam hingga panen yang dapat diketahui melalui kehilangan air akibat evapotranspirasi (Dash et al., 2020). Meskipun padi, khususnya padi sawah lazim, ditanam dengan metode penggenangan, tetapi padi bukanlah merupakan tanaman air (hidrofit). Padi mampu hidup dalam kondisi tergenang karena me-

memiliki kemampuan mengoksidasi lingkungan perakarannya sendiri. Kemampuan mengoksidasi ini berbeda-beda tergantung daya adaptasi masing-masing jenis atau varietas padi. Secara prinsip padi sawah lebih toleran genangan dibandingkan padi gogo dan padi sawah rawa lebak atau sawah pasang surut lebih toleran terhadap genangan dibandingkan padi sawah biasa. Kemampuan adaptasi varietas padi sawah terhadap kelebihan air juga bervariasi, tergantung sifat genetik varietas bersangkutan. Secara umum, padi sawah dapat bertahan dalam kondisi kelebihan air karena memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kelebihan air. Terdapat beragam pendapat tentang kemampuan adaptasi padi sawah terhadap kelebihan air, seperti perbedaan kemampuan morfologis (Suwignyo, 2007), kemampuan fisiologis (Suwignyo, 2007; Liao & Lin, 2001; Hairmansis et al., 2012; Mahmud et al., 2014) karena pengaruh level ABA dan IAA endogenous (Mapelli et al., 1995), akibat kinerja etilen (Dai et al., 2012), dan berbagai mekanisme adaptasi lainnya. Toleransi tanaman padi sawah terhadap kelebihan air dapat diamati dari perbedaan mekanisme fisiologis ataupun molekuler.

Kondisi tanaman yang mengalami kelayuan dapat diatasi dengan menghitung prediksi neraca air tiap masa tanam. Prediksi neraca air diperoleh dari hasil prediksi curah hujan (Apriyana et al., 2021). Untuk memprediksi curah hujan, penelitian ini menggunakan metode Thomas-Fiering. Cara pembangkitan data dengan analisis stokastik akan memperoleh hasil prediksi curah hujan. Prediksi curah hujan dan neraca air dapat digunakan untuk menentukan kalender tanam atau masa tanam. Kalender tanam dilihat dari ketersediaan air tanaman tiap fase dan simpangan minimum antara curah hujan efektif dengan kebutuhan air tanaman (Siddiqi, 1992).

Hasil dari penentuan curah hujan dan analisis neraca air bermanfaat untuk menetapkan kalender tanam di suatu wilayah yang berkaitan dengan jenis tanaman yang sesuai pada wilayah dan waktu tertentu agar diperoleh hasil panen yang maksimal. Selain itu, neraca air juga dapat bermanfaat untuk menentukan debit irigasi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tanaman pertanian. Menurut

Wairata (2012), masa tanam di Kabupaten Kupang dibagi menjadi tiga masa tanam. Bulan November–bulan Februari adalah masa tanam 1, bulan Maret–Juni adalah masa tanam 2, dan bulan Juli–Oktober adalah masa tanam 3. Padi termasuk tanaman dengan masa budi daya kurang lebih 4 bulan, sedangkan jagung kurang lebih 3 bulan. Secara umum, padi yang ditanam di Kabupaten Kupang masuk pada masa tanam 1 di mana curah hujan yang tersedia sekitar 200 mm/bulan (Tabel 3.7). Pada masa tanam 2 di Kabupaten Kupang jagung mulai ditanam dengan curah hujan yang dibutuhkan berkisar 100 mm/bulan (Tabel 3.8). Selain itu, klasifikasi iklim di Kabupaten Kupang termasuk ke dalam zona D-4, artinya hanya mampu ditanami padi dan palawija sekali selama satu musim. Kalender tanam diperoleh berdasarkan selisih antara curah hujan efektif dengan kebutuhan air tanaman (padi dan jagung). Apabila nilai simpangan tersebut makin kecil, makin baik kualitas tanaman padi dan jagung tersebut.

Tabel 3.7 Neraca Air Padi di Kabupaten Kupang

Periode	Padi	
	Defisit (mm/tahun)	Surplus (mm/tahun)
Januari 2016–April 2016	28,96	-
Desember 2016–Maret 2017	-	61,37
Desember 2017–Maret 2018	-	42,57
Januari 2019–April 2019	-	8,34
Desember 2019–Maret 2020	-	27,57

Tabel 3.8 Neraca Air Jagung di Kabupaten Kupang

Periode	Jagung	
	Defisit (mm/tahun)	Surplus (mm/tahun)
Desember 2016–Februari 2017	-	185,01
Januari 2017–Maret 2017	-	163,42
Desember 2017–Februari 2018	-	142,41
Januari 2019–Maret 2019	-	171,42
Januari 2020–Maret 2020	-	134,42

Berdasarkan analisis neraca air selama lima tahun (2016–2020) pada penelitian ini, terjadi pergeseran kalender tanam untuk padi dan jagung sehingga penelitian ini menggunakan empat variasi masa tanam untuk lima tahun ke depan. Keempat variasi masa tanam tersebut untuk dua tanaman, yakni padi dan jagung. Setiap tanaman mempunyai dua variasi masa tanam selama lima tahun mendatang. Tanaman padi memulai masa tanam pada bulan Desember–Maret dan bulan Januari–April. Tanaman jagung memulai masa tanam pada bulan Desember–Februari dan bulan Januari–Maret.

Padi												Padi				
												Jagung				
Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar		

Gambar 3.4 Kalender Tanam Padi dan Jagung di Kabupaten Kupang Tahun 2016–2017

												Padi		
Jagung												Jagung		
Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar

Gambar 3.5 Kalender Tanam Padi dan Jagung di Kabupaten Kupang Tahun 2017–2018

Padi												Padi		
Jagung												Jagung		
Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar

Gambar 3.6 Kalender Tanam Padi dan Jagung di Kabupaten Kupang Tahun 2019–2020

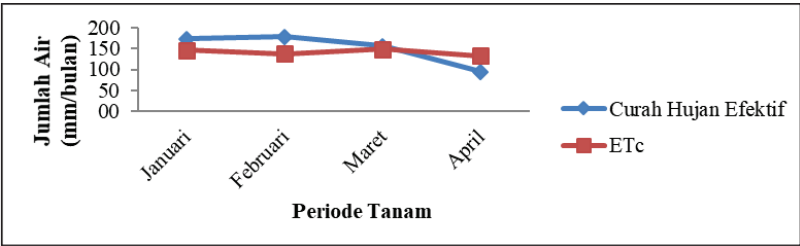
Hasil analisis neraca air membuktikan bahwa terjadi defisit dan surplus air terhadap kedua tanaman baik padi dan jagung. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, simpangan terkecil antara kebutuhan air tanaman (ETc) dan curah hujan efektif, yaitu periode tanam

yang jatuh pada bulan Desember dan Januari untuk tanaman padi dan jagung. Penentuan kebutuhan air tanaman (ETc) dilakukan sebelum menentukan kalender tanam padi dan jagung. Hasil kali antara nilai evapotranspirasi potensial (ETo) dengan koefisien masing-masing tanaman (Kc) pada tiap fase pertumbuhan adalah nilai kebutuhan air tanaman (ETc). Nilai koefisien tanaman padi dan jagung pada tiap fase pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 3.9.

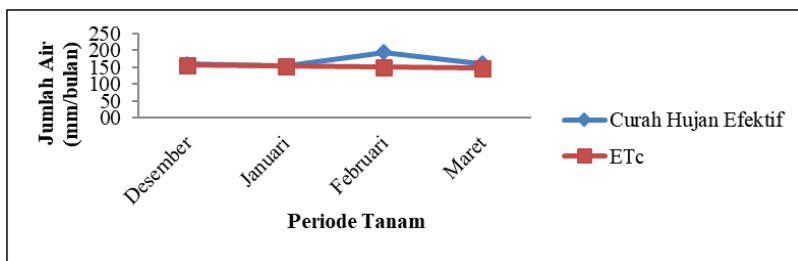
Tabel 3.9 Nilai Koefisien Tanaman Padi dan Jagung Berdasarkan Umur Tanaman

Umur Tanaman (Bulan)	Koefisien Tanaman (Kc)	
	Padi	Jagung
0,5	1,05	0,5
1	1,05	0,59
1,5	1,1	0,96
2	1,1	0,96
2,5	1,1	1,05
3	1,2	1,02
3,5	1,2	-
4	1,05	-

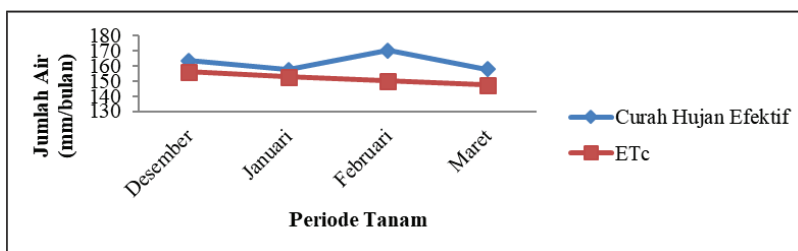
Nilai kebutuhan air tanaman (ETc) yang telah didapat dari hasil perhitungan digunakan untuk menentukan bentuk neraca air setiap tahun pada masing-masing masa tanam (padi dan jagung). Bulan-bulan defisit maupun surplus diketahui berdasarkan hasil perhitungan tersebut. Grafik neraca air untuk rencana kalender tanam padi dan jagung selama lima tahun ke depan ditunjukkan pada Gambar 3.7 hingga Gambar 3.16.



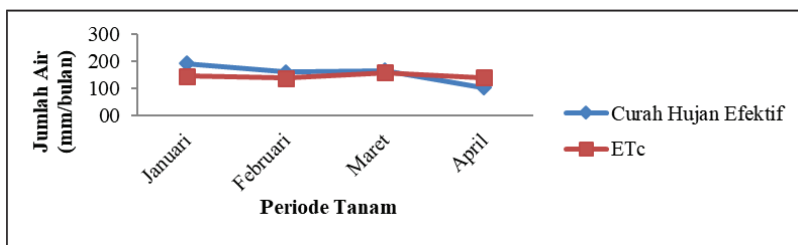
Gambar 3.7 Grafik Neraca Air Tanaman Padi Periode Januari 2016–April 2016



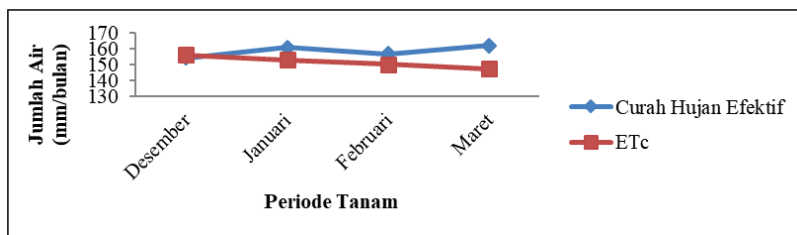
Gambar 3.8 Grafik Neraca Air Tanaman Padi Periode Desember 2016–Maret 2017



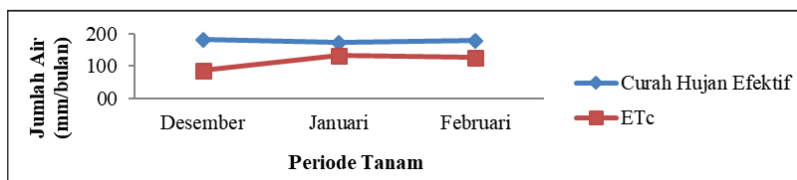
Gambar 3.9 Grafik Neraca Air Tanaman Padi Periode Desember 2017–Maret 2018



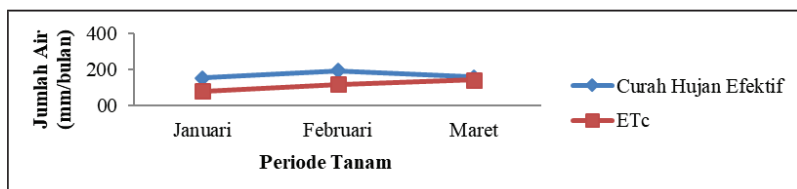
Gambar 3.10 Grafik Neraca Air Tanaman Padi Periode Januari 2019–April 2019



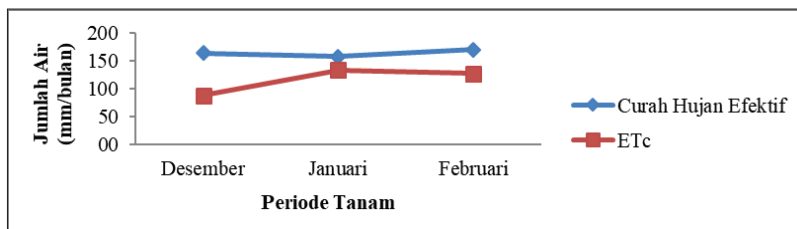
Gambar 3.11 Grafik Neraca Air Tanaman Padi Periode Desember 2019–Maret 2020



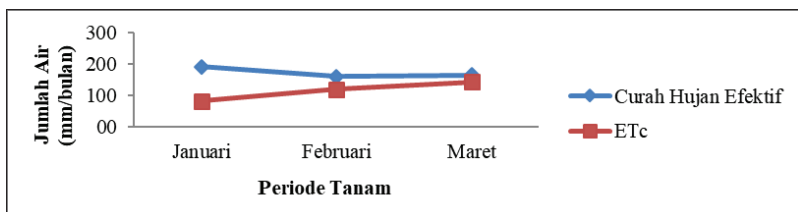
Gambar 3.12 Grafik neraca air tanaman jagung periode Desember 2016–Februari 2017



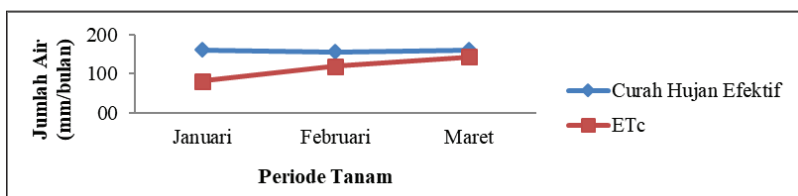
Gambar 3.13 Grafik Neraca Air Tanaman Padi Periode Januari 2017–Maret 2017



Gambar 3.14 Grafik Neraca Air Tanaman Padi Periode Desember 2017–Februari 2018



Gambar 3.15 Grafik Neraca Air Tanaman Padi Periode Januari 2019–Maret 2019



Gambar 3.16 Grafik Neraca Air Tanaman Padi Periode Januari 2020–Maret 2020

Prediksi curah hujan selama tahun 2016–2020 hampir sama apabila ditinjau berdasarkan grafik neraca air di atas. Hal ini membuktikan bahwa curah hujan tidak mengalami perubahan yang ekstrem selama lima tahun mendatang. Pada analisis sebelumnya telah dijelaskan mengenai kebutuhan air tanaman untuk padi dan jagung. Tabel 3.10 sampai dengan Tabel 3.12 berikut ini adalah nilai kebutuhan air tanaman pada setiap masa tanam untuk masing-masing tanaman.

Tabel 3.10 Nilai Kebutuhan Air Padi pada Masa Tanam Bulan Desember

Rencana Kalender Tanam Padi	ETo (mm/bulan)	Kc	ETc (mm/bulan)	Jumlah
*Desember	148,55	1,05	155,98	605,73
Januari	138,81	1,1	152,69	
Februari	124,9	1,2	149,88	
Maret	140,17	1,05	147,18	

Keterangan: *) Mulai Tanam

Tabel 3.11 Nilai Kebutuhan Air Padi pada Masa Tanam Bulan Januari

Rencana Kalender Tanam Padi	ETo (mm/bulan)	Kc	ETc (mm/bulan)	Jumlah
* Januari	138,81	1,05	145,75	611,56
Februari	124,9	1,1	137,39	
Maret	140,17	1,2	168,20	
April	152,59	1,05	160,22	

Keterangan: *) Mulai Tanam

Tabel 3.12 Nilai Kebutuhan Air Padi pada Masa Tanam Bulan Desember

Rencana Kalender Tanam Jagung	ETo (mm/bulan)	Kc	ETc (mm/bulan)	Jumlah
* Desember	148,37	0,59	87,54	348,19
Januari	138,81	0,96	133,26	
Februari	124,9	1,02	127,40	

Keterangan: *) Mulai Tanam

Tabel 3.13 Nilai Kebutuhan Air Padi pada Masa Tanam Bulan Januari

Rencana Kalender Tanam Jagung	ETo (mm/bulan)	Kc	ETc (mm/bulan)	Jumlah
* Januari	138,81	0,59	81,90	344,78
Februari	124,9	0,96	119,90	
Maret	140,17	1,02	142,97	

Keterangan: *) Mulai Tanam

Proses tanam padi di Kabupaten Kupang umumnya dilakukan pada masa tanam 1, yakni bulan November, tetapi berdasarkan prediksi neraca air pada penelitian ini terjadi pergeseran kalender tanam. Kalender tanam padi dimulai pada bulan Desember dan Januari. Sementara itu, jagung umumnya ditanam pada bulan Maret karena bulan tersebut masuk ke dalam masa tanam 2, tetapi prediksi neraca air pada penelitian ini membuktikan bahwa terjadi pergeseran masa tanam. Kalender tanam jagung dimulai pada bulan Desember dan Januari. Kalender tanam sangat diperlukan untuk menghasilkan

produksi padi dan jagung yang sesuai harapan mengingat perubahan iklim yang tidak menentu dapat menyebabkan gagal panen, serangan hama, dan sebagainya.

E. Penutup

Pengaruh iklim global yang diwakili oleh ASST Niño 3, Niño West, Niño 3.4, dan SOI terhadap curah hujan di Provinsi Nusa Tenggara Timur secara periode tahunan dan enam bulan tergolong lemah hingga sedang. Sementara itu, pada periode tiga bulan, untuk periode Oktober–Desember tergolong berkorelasi sangat lemah, periode Januari–Maret tergolong lemah hingga sedang, periode April–Juni tergolong sangat lemah hingga sedang, dan periode Juli–September tergolong sangat lemah hingga lemah.

Korelasi pada ASST Niño 3 dan Niño 3.4 cenderung berbanding terbalik terhadap curah hujan, sedangkan pada ASST Niño West dan SOI terjadi korelasi yang cenderung berbanding lurus. Korelasi dengan hubungan yang sangat erat berada pada bulan Januari–Maret. Hubungan curah hujan dan perubahan produktivitas pada tanaman padi sawah, padi ladang, dan jagung pada skala provinsi berturut-turut memiliki nilai korelasi sebesar -0,2107; -0,252; dan -0,0074 yang tergolong sangat lemah hingga lemah; pada skala kabupaten hubungan tererat antara curah hujan dan perubahan produktivitas pada tanaman padi sawah dan padi ladang terjadi di Kabupaten Sumba Barat Daya dengan nilai korelasi, yaitu sebesar -0,6918 dan -0,7385; sedangkan pada tanaman jagung di Kabupaten Manggarai Barat sebesar 0,7234.

Perlu dilakukan prediksi potensi air hujan yang dapat dimanfaatkan untuk menentukan kalender tanam atau masa tanam. Kalender tanam dilihat dari ketersediaan air tanaman tiap fase dan simpangan minimum antara curah hujan efektif dengan kebutuhan air tanaman. Selain itu, dengan menggunakan metode klasifikasi iklim Oldeman, iklim di wilayah Provinsi NTT termasuk zona D-4. Zona tersebut mempunyai sistem bercocok tanam satu kali tanam padi dan satu kali tanam palawija.

Penggunaan varietas jagung tidak dilakukan secara selektif oleh petani karena petani hanya mementingkan hasil yang didapatkan dibandingkan varietas jagung yang digunakan. Varietas jagung yang ditanam adalah varietas yang mudah didapatkan di daerah tersebut dan berpotensi memiliki hasil panen yang tinggi. Penggunaan varietas unggul yang sesuai dengan lingkungan perlu dilakukan untuk menunjang pertumbuhan dan hasil tanaman. Menurut Bunyamin dan Aqil (2010), penggunaan varietas unggul terutama varietas yang dapat menekan seminimal mungkin pengaruh akibat interaksi intraspesies maupun interspesies, merupakan langkah intensifikasi untuk tetap mempertahankan serta meningkatkan produksi tanaman jagung dengan model penanaman sisipan, terutama varietas yang dapat mengoptimalkan penggunaan cahaya. Selain itu, perlu juga dilakukan pemilihan varietas yang memiliki umur pendek agar panen yang dilakukan lebih cepat dan tidak terpengaruh oleh perubahan iklim. Perakitan varietas unggul jagung umur pendek (80–90 hari) dan super pendek (70–80 hari) merupakan salah satu upaya untuk mengurangi kegagalan panen akibat dampak perubahan iklim, seperti periode hujan yang pendek. Penggunaan varietas unggul jagung berumur pendek diperlukan oleh petani, terutama untuk menyesuaikan pola tanam dengan ketersediaan air. Di lahan sawah, tanaman jagung biasanya diusahakan setelah panen padi sehingga diperlukan varietas jagung berumur genjah. Varietas jagung berumur genjah umumnya cukup tangguh terhadap kekeringan (Aqil et al., 2013).

Menurut Rejekiningrum dan Kartiwa (2015), pemberian air irigasi dan waktu pemberian sangat penting untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan memaksimalkan produksi. Tanaman jagung lebih toleran terhadap kekurangan air pada fase vegetatif dan fase pematangan/masak. Penurunan hasil terbesar terjadi apabila tanaman mengalami kekurangan air pada fase pembungaan, bunga jantan dan bunga betina muncul, dan pada saat terjadi proses penyerbukan. Penurunan hasil tersebut disebabkan oleh kekurangan air yang mengakibatkan penghambatan proses pengisian biji karena bunga betina/tongkol mengering sehingga jumlah biji dalam tongkol

berkurang. Petani melakukan rotasi tanam apabila perubahan iklim terjadi, yaitu dengan melakukan penanaman padi pada awal musim hujan dan pada saat pergantian musim hujan ke musim kemarau petani melakukan penanaman jagung karena masa peralihan musim hujan ke musim kemarau sesuai untuk pertumbuhan tanaman jagung.

Prediksi cuaca dan iklim ke depan akan memengaruhi produktivitas komoditas pertanian pada masa depan. Contoh kasus di Provinsi Nusa Tenggara Timur memperlihatkan bagaimana pengaruh cuaca dan iklim terhadap produktivitas padi dan jagung dan tentunya pada masa mendatang, prediksi cuaca dan iklim akan menjadi penentu dalam ketersediaan pangan di Indonesia.

Referensi

- Abbas, S., & Mayo, Z. (2020). Impact of temperature and rainfall on rice production in Punjab, Pakistan. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 1706–1728. <https://doi.org/10.1007/S-10668-020-00647-8>.
- Adhikari, U., Nejadhashemi, A., & Woznicki, S. (2015). Climate change and eastern Africa: a review of impact on major crops. *Food and Energy Security*, 4, 110–132. <https://doi.org/10.1002/FES-3.61>.
- Kondisi geografis. (2016). NTTPROV.GO.ID. Diakses pada ____ dari <http://nttprov.go.id/ntt2016/index.php/profildaerah1/kondisi-geografis>
- Apriyana, Y., Pramudia, A., Koswara, M. R. S., & Misnawati. (2021). Adjusting planting time using water balance and rainfall prediction approaches. Dalam *IOP conference series: Earth and environmental science* (Vol. 648, Artikel 012108). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/648/1/012108>.
- Aqil, M., Bunyamin, Z., & Andayani, N. N. (2013). Inovasi teknologi adaptasi tanaman jagung terhadap perubahan iklim. Dalam *Seminar nasional inovasi teknologi pertanian* (39–48). https://www.academia.edu/10237128/INOVASI_TEKNOLOGI_ADAPTASI_TANAMAN_JAGUNG_TERHADAP_PERUBAHAN_IKLIM
- Arifin. (2019). *Metode klasifikasi iklim di Indonesia*. UB Press.
- Blain, G., Sobierajski, G., Weight, E., Martins, L., & Xavier, A. (2022). Improving the interpretation of standardized precipitation index estimates to capture drought characteristics in changing climate

- conditions. *International Journal of Climatology*, 42, 5586–5608. <https://doi.org/10.1002/joc.7550>.
- Boonwichai, S., Shrestha, S., Babel, M., Weesakul, S., & Datta, A. (2018). Climate change impacts on irrigation water requirement, crop water productivity and rice yield in the Songkhram River Basin, Thailand. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.07.146>.
- Bunyamin, Z. D., & Aqil, M. (2010). Analisis iklim mikro tanaman jagung (*Zea mays* L) pada sistem tanaman sisip. *Pekan Serealia Nasional. Maros: Kementan*. https://www.academia.edu/7038026/ANALISIS_IKLIM_MIKRO_TANAMAN_JAGUNG_Zea_Mays_L_PADA_SISTEM_TANAM_SISIP.
- Dai, F., Zhang, C., Jiang, X., Kang, M., Yin, X., Lü, P., Zhang, X., Zheng, Y., & Gao, J. (2012). RhNAC2 and RhEXPA4 are involved in the regulation of dehydration tolerance during the expansion of rose petals. *PLANT PHYSIOLOGY*, 160(4), 2064–2082. <https://doi.org/10.1104/pp.112.207720>
- Dash, S., Debnath, S., & Behera, M. (2020). Evaluation of evapotranspiration methods for rice yield simulation in a tropical river basin. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9, 2560–2566. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.292>.
- Doorenbos, J. & W.O. Pruitt. (1977). *Crop water requirements* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24) Food and Agric. Organiz. of the U.N <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a60d6c27-3fe1-4eab-8b0f-679312c70a57/content>
- Gunarsih, A. (1988). *Klimatologi*. Bina Aksara.
- Hairmansis, A., Supartono, Kustianto, B., Suwarno, & Pane, H., (2012). Perakitan dan pengembangan varietas unggul baru padi toleran rendaman air Inpara 4 dan Inpara 5 untuk daerah rawan banjir. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 31(1–7). <https://dx.doi.org/10.21082/jp3.v31n1.2012.p%p>
- Hulme, M. & Sheard, N. (1999). *Climate change scenarios for Indonesia*. Climatic Research Unit.
- Jolánkai, M., Birkás, M., Tarnawa, Á., & Kassai, K. (2019). Agriculture and climate change. *International Climate Protection*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03816-8_10.

- Karuniasa, M., & Pambudi, P. (2023). The analysis of the El Niño phenomenon in the East Nusa Tenggara Province, Indonesia. *Journal of Water and Land Development*. <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.140388>.
- Kedang, A. & Haruna. (2008). *Pengkajian waktu tanam dan pola tanam pada agroekosistem lahan kering dan sawah tadah hujan di NTT* [Laporan akhir tahun 2008]. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Liao, C. T., & Lin, C. H. (2001). Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. *Proceedings of the National Science Council, Republic of China. Part B, Life Sciences*, 25(3), 148–157.
- Mahmod, I.F, Barakbah, S. S., Osman, N., & Omar, O. (2014). Physiological response of local rice varieties to aerobic condition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 16, 738–744.
- Mapelli, S., Locatelli, F., & Bertani, A. (1995). Effect of anaerobic environment on germination and growth of rice and wheat: Endogenous levels of ABA and IAA. *Bulg J Plant Physiol*, 21(2–3), 33–41.
- Mawardi, M. (2012). *Rekayasa konservasi tanah dan air*. Bursa Ilmu.
- Nugroho, B., Arif, C., & Maftukhah, R. (2018). Cropping calendar scenario based on climate projections against regional climate change in the southern part of Indonesia. Dalam A. Sukartiko, T. Nuringtyas, S. Marliana, A. Isnansetyo, (Ed.), *Proceeding of the 2nd international conference on tropical agriculture* (15–23). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97553-5_2.
- Rachmawati, Y. (2016, 27 Mei). Lahan pertanian 59,7 ribu hektare di NTT alami gagal panen. *Tribun News*. <http://www.tribunnews.com/regional/2016/05/27/lahan-pertanian-597-ribu-hektar-di-ntt-alami-gagal-panen>
- Rejekiningrum, P. & Kartiwa, B. (2015). Upaya meningkatkan produksi tanaman jagung menggunakan teknik irigasi otomatis di lahan kering Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Dalam *Prosiding seminar nasional masyarakat biodiversitas Indonesia* (Vol. 1, No. 8, 2027–2033). Smujo International. <https://smujo.id/psnmmbi/article/download/1386/1341/1333>
- Ruminta, R. (2016). Analisis penurunan produksi tanaman padi akibat perubahan iklim di Kabupaten Bandung Jawa Barat. *Kultivasi*, 15(1). <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v15i1.12006>

- Ruminta., & Handoko. (2012). *Kajian risiko dan adaptasi perubahan iklim pada sektor perikanan di Sumatera Selatan* [Laporan penelitian]. KLHJakarta.
- Runtuwu, E., Syahbuddin, H., & Ramadhani, F. (2013). Kalender tanam sebagai instrumen adaptasi perubahan iklim. Dalam H. Soeparno, E. Pasandaran, M. Syarwani, A. Dariah, S. M. Pasaribu, N. S. Saad (Ed.), *Politik pembangunan pertanian menghadapi perubahan iklim* (271–297). IAARD Press..
- Siddiqi, M. (1992). Analysis of daily rainfall data to know the best planting dates of summer and winter season crops in Islamabad. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11 (1).
- Sopiana., & Angga. (2017). 5 Klasifikasi iklim menurut Koppen. Diakses pada tanggal 14 Mei, 2023, dari <http://www.sridianti.com/klasifikasiiklim-menurut-koppen.html>
- Suwignyo, R. A. (2007). Ketahanan tanaman padi terhadap kondisi terendam: Pemahaman terhadap karakter fisiologis untuk mendapatkan kultivar padi yang toleran di lahan rawa lebak. Dalam *Kongres ilmu pengetahuan wilayah Indonesia bagian barat*.
- Taslim, H., & Fagi, A. M. (1988). **Ragam budi daya padi dalam padi Buku 1**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 319.
- Vicente-Serrano, S., Beguerí'a, S., Lorenzo-Lacruz, J., , J., Camarero, J., Lo'pez-Moreno, J., Azorín-Molina, C., Revuelto, J., Mora 'n-Tejeda, E., & Sanchez-Lorenzo, A. (2012). Performance of drought indices for ecological, agricultural, and hydrological applications. *Earth Interactions*, 16, 1–27. <https://doi.org/10.1175/2012EI000434.1>.
- Wairata, E. J. (2012). Sistem penentuan prioritas tanaman di Kota Kupan berbasis analytical hierarchy process (AHP) [Disertasi]. Magister Sistem Informasi Program Pascasarjana FTI-UKSW.
- Winarto, Y. T., Stigter, K., Dwisatrio, B., Nurhaga, M., & Bowolaksono, A. (2013). Agrometeorological learning increasing farmers' knowledge in coping with climate change and unusual risks. *Southeast Asian Studies*, 2(2), 323-349. https://englishkyoto-seas.org/wp-content/uploads/SEAS_0202_Winarto-et-al..pdf
- Wiyono, S. (2007, 28 Juni 2007). *Tantangan masa depan Indonesia: Perubahan iklim dan ledakan hama penyakit tanaman* [Presentasi makalah]. Seminar Sehari tentang Keanekaragaman Hayati di Tengah Perubahan Iklim, Indonesia.

- Yohe, G., & Tol, R. S. (2002). Indicators for social and economic coping capacity—moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 12(1), 25–40. [https://doi.org/10.1016/s0959-3780\(01\)00026-7](https://doi.org/10.1016/s0959-3780(01)00026-7)
- Ziolkowska, J. (2016). Socio-economic implications of drought in the agricultural sector and the state economy. *Economies*, 4, 19. <https://doi.org/10.3390/ECONOMIES4030019>.