

Meningkatnya Ketersediaan Air Akibat Perubahan Iklim dan Pengaruhnya Terhadap Produktivitas Sorgum (*Sorghum bicolor* L.)

Increasing Water Availability Due to Climate Change and Its Effect on Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Productivity

Teuku Azkia Rizwan*, Mushoffan Prasetianto, dan Ariffin

Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145 Jawa Timur
)Email : teukuazkiar@student.ub.ac.id

ABSTRAK

Perubahan iklim seperti peningkatan curah hujan dan suhu menimbulkan ancaman dalam sektor pertanian, karena dapat mengganggu sebaran neraca air. Pemenuhan kebutuhan pangan dapat teratasi dengan pembudidayaan tanaman sorgum. Sorgum merupakan tanaman pangan alternatif yang adaptif terhadap perubahan iklim. Tujuan dari penelitian ini adalah memelajari dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan air dan produktivitas tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* L.). Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Juli hingga September 2022 di Kecamatan Demon Pagong, Kabupaten Flores Timur. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah thermometer maksimum, thermometer minimum, penangkar hujan observatorium, dan Microsoft Excel. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan dan suhu selama 30 tahun (1992-2021) yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi Gewayanta Larantuka dengan pengelompokan data selama 10 tahun serta data produktivitas tanaman sorgum selama 10 tahun terakhir (2012-2021). Penelitian ini merupakan penelitian survei dengan analisis data sekunder tentang perubahan iklim, analisis neraca air, dan analisis produktivitas tanaman sorgum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan iklim memengaruhi perubahan ketersediaan air yang berdampak terhadap produktivitas tanaman sorgum.

Kata Kunci: Ketersediaan Air, Perubahan Iklim, Produktivitas, Sorgum.

ABSTRACT

Climate change such as increased rainfall and temperature poses a threat to the agricultural sector because it can disrupt the distribution of water balance. Fulfillment of food needs can be overcome by cultivating sorghum plants. Sorghum is an alternative food crop that is adaptive to climate change. The objective of this research to study the impact of climate change on the water availability and productivity of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). This research was performed from July to September 2022 in Demon Pagong District, East Flores Regency. The tools used in this study were a maximum thermometer, a minimum thermometer, an observatory rain catcher, and Microsoft Excel. The materials used in this study were rainfall and temperature data for 30 years (1992-2021) obtained from the Gewayanta Larantuka Climatology Station by grouping data for 10 years and sorghum crop productivity data for the last 10 years (2012-2021). This research is a survey research with secondary data analysis on climate change, water balance analysis, and sorghum crop productivity analysis. The results showed that climate change affected changes in water availability which had an impact on the productivity of sorghum crops.

Keywords: Climate Change, Productivity, Sorghum, Water Availability

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan salah satu permasalahan yang belum terselesaikan hingga hari ini. Perubahan iklim terjadi akibat adanya fenomena alam dan aktivitas antropogenik seperti peningkatan suhu dan konsentrasi gas rumah kaca (Malhi et al., 2021). Perubahan iklim akan berdampak negatif terhadap sektor pertanian seperti peningkatan kebutuhan air pada musim kemarau dan banjir pada musim penghujan. Terjadinya perubahan iklim akan memengaruhi perubahan musim yang lebih ekstrem dari biasanya seperti musim kemarau yang semakin panjang dan meningkatnya intensitas curah hujan pada musim penghujan (Nabilah et al., 2017). Tidak stabilnya musim kemarau dan penghujan tersebut akan menimbulkan bencana kekeringan dan banjir. Bencana tersebut akan mengganggu sebaran neraca air dan pergeseran musim yang dapat menjadi ancaman sektor pertanian (Afifah dan Prijono, 2022). Pembudidayaan tanaman sorgum merupakan salah satu solusi dalam memenuhi kebutuhan pangan, karena tanaman sorgum adalah tanaman pangan alternatif yang adaptif terhadap perubahan iklim.

Pada daerah dengan curah hujan tinggi maupun daerah kering, tanaman sorgum tumbuh dengan baik, sehingga dapat dikatakan bahwa tanaman sorgum memiliki keunggulan dalam tingkat adaptasinya (Prasetyo and Hermiyanto, 2022). Tingkat adaptasi tinggi diakibatkan oleh sistem perakaran tanaman sorgum yang berserat sehingga, tanaman sorgum mampu menyerap air lebih cepat. Tolerannya tanaman sorgum terhadap kekeringan dipengaruhi oleh karakteristik daun, perakaran, dan kontrol osmotik dalam tanaman (Andayani, 2021). Daun sorgum berwarna hijau muda yang akan bertambah gelap seiring dengan proses penuaan tanaman. Daun sorgum dilapisi lilin berkilap yang berfungsi untuk mengurangi tingkat evapotranspirasi aktual. Pada daerah dengan curah hujan tinggi, tanaman sorgum mampu berkembang dan berproduksi dengan baik pada walaupun, sorgum lebih

sesuai ditanam di daerah bersuhu panas. Perubahan iklim, kerusakan lingkungan, dan topografi akan berpengaruh negatif terhadap sumberdaya air. Produktivitas tanaman dipengaruhi oleh kurangnya air maupun air yang berlebih selama masa pertumbuhan akan berpengaruh buruk terhadap pertumbuhan tanaman (Wuisan, 2017). Penurunan curah hujan akibat variabilitas iklim dapat menurunkan jumlah ketersediaan air, sedangkan kebutuhan air tanaman cenderung meningkat, sehingga terjadi ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air dapat menyebabkan defisit air. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan air untuk meningkatkan produktivitas tanaman sorgum.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Juli hingga September 2022. Wilayah observasi berada di Kecamatan Demon Pagong, dengan ketinggian tempat 100 meter di atas permukaan laut (mdpl). Kecamatan tersebut diobservasi dengan menggunakan citra udara langsung oleh Balitklimat Kota Bogor.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode survei dengan analisis data sekunder tentang perubahan iklim, analisis neraca air, dan analisis produktivitas tanaman sorgum di Kecamatan Demon Pagong, Kabupaten Flores Timur, Nusa Tenggara Timur. Data sekunder digunakan sebagai bahan dalam penelitian ini, data sekunder yang digunakan antara lain data produktivitas tanaman sorgum, data suhu dan curah hujan (unsur iklim), dan beberapa literatur terkait dengan penelitian. Variabel *dependent* (terikat) yang digunakan dalam penelitian ini adalah produktivitas tanaman sorgum dan ketersediaan air (surplus) yang didapat dari analisis neraca air, sedangkan variabel *independent* (bebas) yang digunakan dalam penelitian ini adalah unsur iklim (curah hujan dan suhu).

Analisis perubahan iklim digunakan untuk mengetahui kondisi ketersediaan air di Kecamatan Demon Pagong, Kabupaten

Flores Timur. Data yang digunakan adalah data curah hujan dan suhu selama 30 tahun terakhir (1992-2021) dengan pengelompokan data 10 tahun. Data iklim yang sudah di dapatkan akan di golongkan menjadi 3 dekade, yakni dekade 1 (1992-2001), dekade 2 (2002-2011), dekade 3 (2012-2021). Analisis perubahan iklim dilakukan dengan uji-t, uji-t digunakan untuk menguji secara parsial masing-masing dekade.

Neraca air merupakan perincian tentang masuk (*gains, W_{in}*), keluar (*losses, W_{out}*) dan perubahan simpanan air (ΔS) yang terdapat di wilayah tertentu dalam lingkungan tertentu. Analisis neraca air yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Book Keeping* dimana basis perhitungannya menggunakan neraca air model Thornthwaite dan Mather (1957). Berikut merupakan perhitungan neraca air:

$$CH = ETP \pm \Delta S \pm Li$$

Perhitungan neraca air dilakukan menggunakan sistem *book keeping*. Sistem *book keeping* ini ditetapkan beberapa variabel, antara lain curah hujan (*CH*), evapotranspirasi potensial (*ETP*), *CH-ETP*, akumulasi kehilangan air potensial (*accumulated potential water loss, APWL*), dan berdasarkan data iklim yang tersedia, maka evaporasi potensial dihitung dari data suhu menggunakan persamaan Thornwaite dan Mather:

$$EP_i = 16 \frac{10T_i}{I^a} f_i$$

Keterangan:

EP_i = Evapotranspirasi potensial
 T_i = Suhu rerata pada bulan ke-i
 I = Indeks panas tahunan

$$I = \sum_{i=1}^{12} i_i$$

$$i_i = \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1,514}$$

$a = 0,000000675 I^3 - 0,0000771 I^2 + 0,0179 I + 0,49$

f_i = Faktor koreksi letak lintang bulan

Uji-t dilakukan untuk menguji rata-rata populasi μ tidak sama dengan μ_0 . Pengujian satu sampel pada prinsipnya ingin menguji

apakah suatu nilai berbeda nyata ataukah tidak dengan rata-rata sebuah sampel. rumus untuk menguji nilai tersebut berbeda nyata adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \mu = \mu_0 ; H_1 : \mu \neq \mu_0$$

Keterangan:

H_0 = Hipotesa awal

H_1 = Hipotesa alternatif

Metode uji korelasi digunakan untuk menentukan kuat atau tidaknya hubungan antar variabel yang digunakan, semakin kuat hubungan antar variabel, maka semakin besar angka dalam uji koefisien korelasi (Tabel 1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Iklim

Berdasarkan uji-t yang sudah dilakukan, dapat diketahui bahwa Kecamatan Demon Pagong terjadi perubahan iklim. Perubahan suhu terjadi pada setiap dekade nya (Gambar 1). Hasil uji-t pada Tabel 2, menunjukkan bahwa nilai t-hitung lebih besar dibandingkan dengan t-tabel yakni (9,97>1,81) pada dekade-1 dan dekade-2, (10,95>1,81) pada dekade-2 dan dekade-3, serta (53,71>1,81) pada dekade-3 dan 1. Kecamatan Demon Pagong juga terjadi perubahan curah hujan (Gambar 2), perubahan curah hujan yang sudah di uji-t pada Tabel 3, menunjukkan terjadinya perubahan curah hujan yang berbeda nyata pada dekade 1 dan 2 serta pada dekade 3 dan 1 (2,57>1,81 dan 3,26>1,81). Uji-t yang dilakukan pada dekade 2 dan 3 memiliki nilai t-hitung yang lebih kecil dibandingkan dengan t-hitung yakni sebesar 1,17<1,81, maka pada periode 2 dan 3 yang sudah diuji-t, dapat dinyatakan tidak berbeda nyata.

Perubahan iklim di Kecamatan Demon Pagong dicirikan dengan adanya peningkatan suhu dan peningkatan curah hujan. Menurut Pinontoan et al. (2022), terjadinya perubahan iklim dicirikan dengan adanya peningkatan suhu, jumlah CO₂ yang lebih banyak di atmosfer, penyebaran air yang tidak merata walaupun jumlah air lebih banyak, dan kenaikan permukaan air laut. Adanya peningkatan suhu akan

memengaruhi perubahan iklim yang dapat menyebabkan adanya cekaman kekeringan.

Perubahan unsur iklim utama secara ekstrem seperti suhu, angin dan kelembaban, serta musim (kemarau dan penghujan) dapat menyebabkan perubahan iklim yang menimbulkan bencana seperti banjir maupun kekeringan (Joleha et al., 2023).

Hubungan Unsur Iklim dengan Ketersediaan Air

Berdasarkan Tabel 4, curah hujan dan ketersediaan air memiliki hubungan yang sangat kuat yakni $r = 0,927$, kemudian diketahui nilai t-hitung yang lebih besar dibandingkan dengan t-tabel ($7,50 > 1,86$), sehingga uji korelasi antara curah hujan dengan ketersediaan air dinyatakan memiliki hubungan nyata. Kemudian, dapat diketahui bahwa suhu dan ketersediaan air memiliki hubungan yang sangat rendah yakni $r = 0,189$, kemudian diketahui pula bahwa nilai t-hitung antara suhu dan ketersediaan air memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan t-tabel yakni ($-1,459 < 1,86$), sehingga uji korelasi antara suhu dengan ketersediaan air dinyatakan memiliki hubungan tidak nyata dan negatif. Hubungan tidak nyata dan negatif memiliki arti bahwa semakin rendah suhu maka ketersediaan air akan tinggi, sebaliknya jika suhu yang tinggi akan menyebabkan ketersediaan air yang rendah.

Curah hujan sangat memengaruhi ketersediaan air pada suatu wilayah, jika suatu wilayah memiliki curah hujan yang rendah, maka ketersediaan air pada wilayah tersebut akan rendah, sebaliknya jika suatu wilayah memiliki curah hujan yang tinggi, maka ketersediaan air pada wilayah tersebut akan tinggi. Hal tersebut didukung dari pendapat Ayu et al. (2013), bahwa ketersediaan air tanah dipengaruhi oleh jumlah curah hujan suatu tempat. Penelitian (Rahmadini et al., 2019), yang menyatakan bahwa ketersediaan air tanah memiliki hubungan kuat dengan curah hujan yang berdasar pada distribusi temporal. Curah hujan yang lebih tinggi akan berdampak pada ketersediaan air yang berlebih dan minim terjadi defisit (kekurangan air). Berdasarkan penelitian Amalia dan Sugiri (2014) yang menyatakan bahwa, terjadinya

perubahan iklim (peningkatan suhu peningkatan curah hujan, serta naiknya permukaan air laut) akan menyebabkan krisis air pada musim kemarau, krisis air tersebut disebabkan karena tingkat evaporasi dan evapotranspirasi yang tinggi serta peningkatan permintaan konsumsi air oleh makhluk hidup.

Hubungan Unsur Iklim dan Ketersediaan Air Terhadap Produktivitas Tanaman Sorgum

Uji koefisien korelasi (r) (Tabel 4) antara suhu dengan produktivitas memiliki nilai sebesar 0,189, nilai tersebut memiliki kategori sangat rendah (0,00-1,19), serta dapat diketahui bahwa uji korelasi antara suhu dengan produktivitas dinyatakan memiliki hubungan yang tidak nyata yang ditunjukkan nilai t-hitung yang lebih kecil dibandingkan dengan t-tabel ($1,339 < 1,86$). Meningkatnya suhu selama 3 dekade terakhir bukan menjadi pengaruh utama terhadap produktivitas tanaman, selama peningkatan suhu tidak ekstrem. Uji koefisien korelasi antara curah hujan dan produktivitas memiliki nilai ($r = 0,358$) sehingga dapat dinyatakan bahwa nilai r tersebut memiliki hubungan yang rendah, selain itu tidak nyatanya hubungan antara curah hujan dengan produktivitas dapat dilihat dari nilai t-tabel lebih besar dibandingkan dengan t-hitung ($-169,5 < 1,86$). Ketersediaan air memiliki hubungan yang kuat (0,60-0,79) dengan produktivitas tanaman, nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,643$, kemudian diketahui bahwa nilai t-hitung lebih besar dibandingkan dengan nilai t-tabel ($2,378 > 1,86$), sehingga uji korelasi antara ketersediaan air dengan produktivitas dapat dinyatakan memiliki hubungan nyata.

Meningkatnya suhu selama 3 dekade terakhir bukan menjadi pengaruh utama terhadap produktivitas tanaman, selama peningkatan suhu tidak ekstrem. Jaringan tanaman akan mati jika suhu mencapai 45°C - 55°C dalam dekade 2 jam, selain itu tanaman yang memiliki karbohidat tinggi lebih tahan akan cekaman suhu ekstrem (Wiraatmaja, 2017). Peningkatan curah hujan selama 3 dekade tidak memengaruhi produktivitas tanaman sorgum, hal tersebut

dikarenakan tanaman sorgum tumbuh secara optimal pada daerah yang memiliki curah hujan tinggi maupun pada daerah yang memiliki curah hujan sebesar 50 mm/bulan - 100 mm/bulan yang diikuti dengan dekade kering, tanaman sorgum akan tetap tumbuh dengan baik (Tabri dan Zubachtirodin, 2013).

Upaya Mitigasi Terhadap Defisit Air

Terjadinya peningkatan suhu dan curah hujan menyebabkan nilai defisit air lebih besar dibandingkan dengan nilai surplus (Tabel 5), sehingga diperlukan upaya penanggulangan dalam mencegah terjadinya penurunan produktivitas tanaman. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya penurunan produktivitas tanaman sorgum adalah dengan mengaplikasikan sistem irigasi yang baik. Adanya sistem irigasi yang baik diharapkan akan meningkatkan produktivitas tanaman sorgum. Pemilihan sistem irigasi sesuai dengan kriteria dilakukan setelah mengetahui kondisi umum wilayah. Beragamnya faktor abiotik dan biotik, serta kondisi budaya setempat maupun ekonomi dan sosial merupakan faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan untuk penerapan inovasi teknologi pada komoditas unggul (Syahreza and Handayani, 2022). Berdasarkan kondisi ketersediaan air yang terbatas didukung dengan nilai defisitketersediaan air yang tinggi, dapat diketahui bahwa sistem irigasi yang tepat untuk diterapkan adalah dengan menggunakan irigasi *sprinkler* atau irigasi curah. Menurut Noerhayati dan Rahmawati (2019), sistem irigasi *sprinkler* dinilai dapat beradaptasi dengan berbagai kondisi topografi lahan tanpa memerlukan pekerjaan tanah yang berat.

Tabel 1. Interpretasi Koefisien Korelasi

Nilai r	Interpretasi
0,00-0,19	Sangat Rendah
0,20-0,39	Rendah
0,40-0,59	Sedang
0,60-0,79	Tinggi
0,80-1,00	Sangat Tinggi

Tabel 2. Uji-t Suhu Masing-Masing Dekade

Uji-t	t-hitung	t-tabel
Suhu D1-D2	9,97*	
Suhu D2-D3	10,95*	1,81
Suhu D3-D1	53,71*	

Keterangan: * = Berbeda Nyata; D1 = Dekade-1; D2 = Dekade-2; D3 = Dekade-3.

Tabel 3. Uji-t Curah Hujan Masing-Masing Dekade

Uji-t	t-hitung	t-tabel
Curah Hujan D1-D2	2,57*	
Curah Hujan D2-D3	1,17 ^{tn}	1,81
Curah Hujan D3-D1	3,26*	

Keterangan: * = Berbeda Nyata; tn = Tidak nyata; D1 = Dekade-1; D2 = Dekade-2; D3 = Dekade-3.

Tabel 4. Uji Korelasi Unsur Iklim dengan Ketersediaan Air dan Produktivitas Tanaman

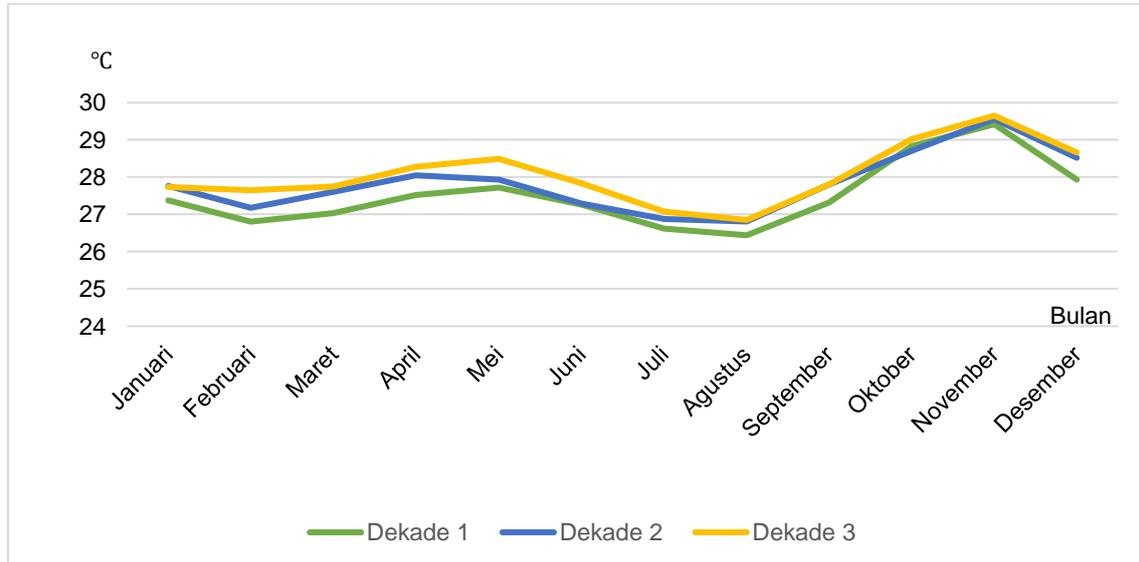
	PR		KA		t-T
	KK	t-C	KK		
PR	1				
KA	0,64*	2,38*	1		1,86
CH	0,36	0,56 ^{tn}	0,93*	7,5*	
T	0,19	1,34 ^{tn}	0,19	-1,46 ^{tn}	

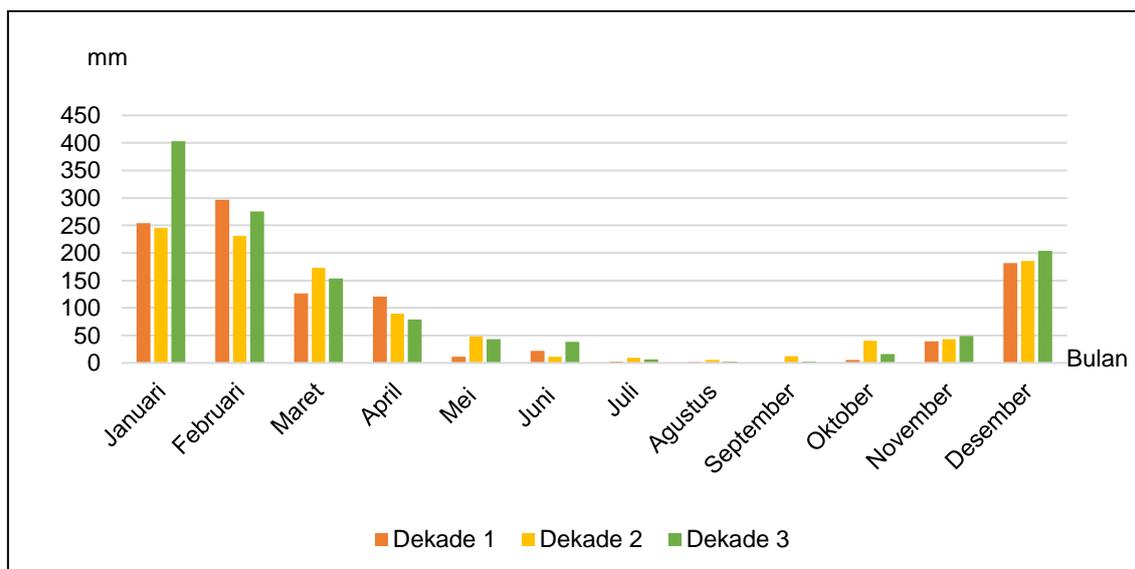
Keterangan: PR = Produksi; KA = Ketersediaan Air; CH = Curah Hujan; T = Suhu; KK = Koefisien Korelasi; t-C = t-Hitung; t-T = t

Tabel 5. Neraca Air Rata-Rata Selama 30 Tahun (dalam mm)

P/ Bln	CH	ETP	CH-ETP	APWL	KAT	DKAT	ETA	D	S	AAP
Jan	300	145	155	0	209	0	145	0	155	78
Feb	268	141	127	0	209	0	141	0	127	141
Mar	151	143	8	0	209	0	143	0	8	145
Apr	96	148	-51	-51	164	-45	141	6	0	145
Mei	34	148	-114	-165	96	-68	103	45	0	145
Jun	24	143	-119	-284	54	-41	65	78	0	145
Jul	6	138	-132	-416	29	-25	31	107	0	145
Ags	5	137	-132	-548	16	-14	18	119	0	0
Sep	5	145	-140	-688	8	-8	13	132	0	0
Okt	21	154	-133	-821	4	-4	25	129	0	0
Nov	44	159	-115	-936	2	-2	46	113	0	0
Des	190	151	39	0	209	206	151	0	0	0
Avg.	382	584	-202	-	-	-	341	243	97	314

Keterangan: P = Parameter, CH = Curah Hujan, CH-ETP = Curah Hujan-Evapotranspirasi Potensial, APWL = Accumulated Potential Water Loss (Akumulasi Kehilangan Air Potensial), KAT = Ketersediaan Air Tanah, DKAT = Selisih Ketersediaan Air Tanah, ETA = Evapotranspirasi Aktual, D = Defisit, S = Surplus, AAP = Aliran Air Permukaan

**Gambar 1.** Rata-Rata Suhu Kecamatan Demon Pagong



Gambar 2. Rata-Rata Curah Hujan Kecamatan Demon Pagong

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pada Kecamatan Demon Pagong terjadi perubahan iklim yang meliputi peningkatan suhu sebesar $0,53^{\circ}\text{C}$ serta peningkatan curah hujan sebesar $17,33\text{ mm}$. Dengan meningkatnya curah hujan dan peningkatan suhu tersebut akan meningkatkan ketersediaan air sebesar $96,63\text{ mm}$, walaupun nilai defisitnya lebih besar dibandingkan dengan nilai ketersediaan airnya. Peningkatan ketersediaan air akan meningkatkan produktivitas tanaman sorgum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Badan Penelitian Klimatologi Bogor serta Badan Penyuluhan Pertanian Kabupaten Flores Timur atas masukan, data, dan bantuan dalam tercapainya artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Afifah, A.N., and S. Priyono. 2022. Simulasi Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kemampuan Tanah Menyimpan Air Tersedia dan Potensi Produksi pada Tanaman Kakao di Kabupaten Malang.

Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 9(2): 385–394. doi: 10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.19.

Amalia, B. I. dan A. Sugiri. 2014. Ketersediaan Air Bersih dan Perubahan Iklim: Studi Krisis Air di Kedungkarang Kabupaten Demak. *Jurnal Teknik PWK.* 3(2): 295–302. doi: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/pwk>.

Andayani, R. D. 2021. Uji adaptasi sorgum (*Sorghum bicolor*) berdaya hasil tinggi di wilayah Kediri. *Jurnal Agroekoteknologi.* 14(1): 30–34. doi: 10.21107/agrovigor.v14i1.8201.

Ayu, I. W., S. Prijono, dan Soemarno. 2013. Evaluasi Ketersediaan Air Tanah Lahan Kering di Kecamatan Unter Iwes, Sumbawa Besar. *Jurnal PAL.* 4(1): 1–8.

Joleha, Bochari, A. Malik, Suprasman, dan Elianora. 2023. Adaptasi Perubahan Iklim Melalui Penerapan Drainase Berwawasan Lingkungan (Eco Drain). *Jurnal Serambi Engineering.* 8(1): 4564–4571. doi: <https://doi.org/10.32672/jse.v8i1.5210> (accessed 25 March 2023).

Malhi, G.S., M. Kaur, and P. Kaushik. 2021. Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation

Strategies: A Review. *Journal Sustainability*. 13(3): 1–21. doi: 10.3390/su13031318.

Nabilah, F., Y. Prasetyo, dan A. Sukmono. 2017. Analisis Pengaruh Fenomena El Nino dan La Nina Terhadap Curah Hujan Tahun 1998-2016 Menggunakan Indikator ONI (Oceanic Nini Index) (Studi Kasus: Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Geodesi Undip*. 6(4): 402–412. doi: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/18170> (accessed 26 March 2023).

Noerhayati, E. dan A. Rahmawati. 2020. Monograf Irigasi oleh Eko Noerhayati Sprinkler Aplikasi Hec-Ras. Rejeki Ampuh Multi. Malang.

Pinontoan, I. O. R., O. J. Sumampouw, dan J. E. Nelwan. 2022. Perubahan Iklim dan Pemanasan Global. Deepublish.

Prasetyo, M. R. B. dan B. Hermiyanto. 2022. Pengaruh Pemberian Jamur Mikoriza Arbuskular dan Batuan Fosfat Terhadap Infeksi Akar, Kadar P, Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Jurnal Berkala Ilmiah Pertanian*. 5(4): 207–214. doi: 10.19184/bip.v5i4.34751.

Rahmadini, H. N., A. A. Azani, dan H. A. Rejeki. 2019. Distribusi Temporal Curah Hujan dan Ketersediaan Air Tanah Periode 2000-2010 Studi Kasus: Stasiun Meteorologi Susilo Sintang dan Stasiun Meteorologi Maritim Bitung. *Jurnal Seminar Nasional Geomatika* 3: 473–482. doi: 10.24895/SNG.2018.3-0.988.

Syahreza, M. dan L. Handayani. 2022. Persepsi Petani Terhadap Keberadaan Irigasi dalam Upaya Meningkatkan Produksi Padi Sawah. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 10(2): 95–100. doi: <https://doi.org/10.30743/agr.v10i2.5789>

Tabri, F. dan Zubachtirodin. 2013. Budidaya Tanaman Sorgum dalam Sorgum Inovasi Teknologi dan Pengembangan (Sumarno, S. Djoko,

Damardjati, M. Syam, and Hermanto, editors). IAARD. Jakarta.

Thornthwaite, C. W. and Matter, J. P. 1957. Instruction and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. Drexel Institute of Climatology: New Jersey.

Wiratmaja, I. W. 2017. Suhu, Energi Matahari, dan Air dalam Hubungan dengan Tanaman. Bahan Ajar.

Wuisan, F. R. 2017. Pengaruh Tingkat Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Sorgum (*Sorghum Bicolor* L.) Varietas Lokal Rote Dikelurahan Mokdale Kecamatan Lobalain Kabupaten Rote Ndao.