



Neraca Air Lahan dan Tanaman Padi di Kabupaten Manokwari Selatan, Papua Barat pada Tahun 2019

Femmy Marsitha Barung^{1*}, Wendel Jan Pattipeilohy¹,

¹Stasiun Klimatologi Manokwari Selatan, Jl. Sudjarwo Conronegoro, SH, Ransiki, Manokwari Selatan, 98355

*Email: femmymarsitha@gmail.com

Naskah Masuk: 08 Februari 2020 | Naskah Diterima: 19 May 2020 | Naskah Terbit: 01 Juni 2020

Abstrak. Musim hujan tahun 2019 di Manokwari Selatan datang terlambat yang berarti periode kemarau menjadi lebih panjang. Kondisi ini menyebabkan ketersediaan sumberdaya air menjadi berkurang yang berimbas pada kurangnya ketersediaan air tanah (KAT). Kurangnya air tanah dapat menjadi kendala dalam kegiatan budi daya tanaman pangan khususnya tanaman padi pada lahan tadah hujan. Untuk mengevaluasi KAT digunakan model neraca air untuk menghitung kebutuhan air tanaman serta analisis surplus dan defisit. Penelitian ini menganalisis neraca air lahan dan tanaman padi dengan model Thornwaite and Mather di Kabupaten Manokwari Selatan selama tahun 2019. Data yang digunakan berupa data curah hujan bulanan dan penguapan panci kelas A untuk menghitung Evapotranspirasi Potensial (ETP) tahun 2019. Selain itu, data fisik tanah berupa nilai kapasitas lapang (KL) dan titik layu permanen (TLP) dengan tekstur tanah halus diperoleh secara sekunder. Analisis yang dilakukan adalah analisis ketersediaan air tanah, defisit dan surplus serta persentase air tersedia bagi tanaman (ATS). Hasil penelitian menunjukkan lahan pertanian pada umumnya masih berada pada kondisi yang optimal pada bulan Januari – Agustus, sedangkan untuk tanaman padi mulai Agustus sudah berada dibawah KAT optimum dan mencapai TLP di bulan Oktober. Surplus hanya terjadi pada Januari – Februari dan April – Juni dengan puncaknya terjadi pada bulan Juni sebesar 157.8 mm (lahan) dan 136.8 mm (padi). Air tanah mengalami defisit mulai Juli dan semakin menurun hingga akhir tahun yang ditandai dengan kondisi ATS sedang hingga sangat kurang. Periode defisit status air tanah pada awal Agustus hingga Desember mengharuskan adanya suplai air irigasi untuk kepentingan pertanian.

Kata kunci : Neraca Air, Ketersediaan Air Tanah, Tanaman Padi, Evapotranspirasi Potensial

Abstract. The rain season of 2019 in South Manokwari comes late indicating the longer dry period. This condition causes a reduction in the water resources availability resulting in a lack of ground water availability (KAT). Lack of ground water can be an obstacle in the cultivation of food crops, especially rice plants on rain-fed land. To evaluate KAT, a water balance model is used to calculate crop water needs and analyze surpluses and deficits. This study analyzes land and rice crop balance with Thornwaite and Mather models in South Manokwari Regency during 2019. Monthly rainfall data and class A pot evaporation were used to calculate Potential Evapotranspiration (ETP). Soil physical data including field capacity (KL) and permanent withering points (TLP) with fine soil texture are secondarily obtained. The analysis was conducted for KAT, deficits and surpluses as well as the percentage of water available to plants (ATS). The results showed that agricultural land was still in optimal condition in January – August, while for rice plants was below the optimum KAT since August and reached TLP in October. The surplus only occurred in January – February and April – June with a peak in June of 157.8 mm (land) and 136.8 mm (rice). Groundwater decreased since July and continued to decline until December, marked by moderate to low ATS conditions. Groundwater deficit from August - December requires the supply of irrigation water for agricultural.

Keywords : Water Balance, Groundwater Availability, Rice Plants, Potential Evapotranspiration

Pendahuluan

Musim hujan tahun 2019 di Indonesia umumnya datang terlambat dengan persentase wilayah Zona Musim (ZOM) sebesar 84% termasuk di wilayah Papua Barat. Hasil analisis dinamika atmosfer dan monitoring indeks Nino3.4 dan indeks *Indian Ocean Dipole* (IOD), penyebab utama terlambatnya musim hujan diakibatkan oleh adanya anomali positif suhu permukaan laut di Samudera Hindia, yang biasa dikenal dengan Dipole Mode Positif. Selain itu, suhu permukaan laut Indonesia yang cenderung dingin menyebabkan berkurangnya penguapan [1]. Oleh karena itu, periode kemarau menjadi lebih panjang dan pasokan air hujan di wilayah Indonesia menjadi berkurang. Kabupaten Manokwari Selatan termasuk dalam wilayah ZOM 338, yang secara klimatologi memiliki awal musim kemarau masuk pada bulan Juni dasarian I dan awal musim hujan diperkirakan masuk pada dasarian III bulan Desember [2]. Namun, akumulasi curah hujan terukur di Stasiun Klimatologi Manokwari Selatan belum menunjukkan masuknya musim hujan sampai dengan dasarian III bulan Januari 2020. Kondisi ini dapat menyebabkan pemenuhan kebutuhan air bagi kelangsungan hidup ekosistem menjadi terganggu.

Air merupakan sumberdaya yang esensial bagi kehidupan manusia dan lingkungan. Sumber utama air berasal dari curah hujan yang terdistribusi tidak selalu merata baik secara spasial maupun temporal [3]. Ketersediaan air hujan juga sangat penting bagi pertumbuhan tanaman khususnya lahan tadah hujan. Adanya gangguan iklim seperti fenomena Dipole Mode Positif pada tahun 2019 secara tidak langsung berkontribusi terhadap pertumbuhan tanaman akibat kurangnya hujan dan berdampak pada kurangnya ketersediaan atau kandungan air tanah. Jika berlangsung lama, kurangnya ketersediaan air tanah dapat menyebabkan kekeringan yang menjadi kendala bagi kegiatan budi daya tanaman khususnya pertanian terutama dalam peningkatan produksi pangan [4].

Untuk mengevaluasi ketersediaan air di dalam tanah, dapat digunakan model neraca air yang memadukan unsur iklim khususnya curah hujan, tanah berupa kandungan air tanah dan penguapan potensial yang berasal dari tanaman dan badan air terbuka. Model neraca air telah digunakan dalam pembuatan sistem otomatis untuk menghitung kebutuhan air untuk tanaman secara kuantitatif [5] sehingga dapat menentukan jadwal irigasi serta penentuan jadwal tanam bagi lahan tadah hujan. Selain itu, model neraca air juga telah secara luas digunakan untuk menilai manajemen sumber daya air secara spasial di Daerah Aliran Sungai (DAS) [6] dan ketersediaan air untuk irigasi dengan menghitung debit masukan dan keluaran [7].

Model neraca air pertama kali dikenalkan oleh Thornthwaite [8] yang mengusulkan metode empiris untuk memperkirakan evapotranspirasi potensial dari data suhu rata – rata. Metode ini kemudian dimodifikasi oleh Thornthwaite dan Mather [9] untuk menjadikannya lebih bermanfaat pada berbagai jenis tanah dan tumbuh – tumbuhan. Neraca air lahan merupakan rincian tentang masukan (*input*), keluaran (*output*) dan perubahan simpanan air yang terdapat pada suatu lingkungan tertentu selama periode waktu tertentu [10], [11]. Air tanah secara umum lebih banyak ditemukan pada lahan yang tidak bervegetasi dari pada yang ditanami tumbuhan [12]. Menurut Thornthwaite – Mather [9] kemampuan tanah menahan air sangat ditentukan oleh jenis tanah (terutama tekstur) dan jenis vegetasinya. Apabila vegetasi dengan jenis sama tumbuh pada jenis tanah yang berbeda, akan mempunyai kedalaman zona perakarannya yang berbeda [13], [14], dan kapasitas lapang tanah juga berbeda [15].

Dalam penelitian ini dilakukan analisis neraca air untuk lahan dan tanaman pangan, Padi yang merupakan komoditi utama di Kabupaten Manokwari Selatan. Berdasarkan data BPS [16], Manokwari Selatan merupakan penghasil padi terbesar kedua di Provinsi Papua Barat dengan jumlah 4.728 ton setelah Kabupaten Manokwari. Secara umum, produksi padi dari tahun ke tahun berfluktuasi jumlahnya. Neraca air lahan (pertanian) merupakan analisis dengan memperhatikan sifat dan perilaku tanah terhadap atmosfer, dan sebagai penunjangnya diperlukan data fisik tanah terutama kandungan air pada tingkat kapasitas lapang dan pada titik layu permanen. Sedangkan neraca air lahan tanaman,



ruang lingkup pemakaiannya lebih sempit, karena berlaku hanya untuk jenis tanaman tertentu selama periode pertumbuhannya [17]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ketersediaan air yang dibutuhkan lahan pertanian secara umum dan khususnya untuk tanaman padi, serta menentukan besaran defisit dan surplus air dalam rangka perencanaan irigasi. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjelaskan tingkat ketersediaan air bagi lahan pertanian tadah hujan serta jumlah air yang dibutuhkan tanaman pangan pada tahun 2019 secara kuantitatif.

Metode Penelitian

Dalam analisis neraca air di Kabupaten Manokwari Selatan, digunakan dua data masukan berupa curah hujan bulanan dan data penguapan bulanan panci kelas A selama tahun 2019 di Stasiun Klimatologi Manokwari Selatan. Data penguapan panci kelas A digunakan dalam perhitungan Evapotranspirasi Potensial (ETP), sehingga tidak perlu menduga ETP berdasarkan data suhu bulanan. Selain itu, diperlukan data fisik tanah berupa kapasitas lapang (KL) dan titik layu permanen (TLP) yang diperoleh secara sekunder dari buku Implementasi Pemanfaatan Sumberdaya Air [11], [18]. Nilai KL untuk Kabupaten Manokwari Selatan dengan tekstur tanah yang halus adalah 350 dan nilai TLP adalah 210. Berikut langkah – langkah perhitungan model neraca air lahan dan tanaman yang mengikuti sistem tata baku Thornwaite dan Mather [9] :

1. Curah hujan (CH) merupakan data curah hujan bulanan tahun 2019
2. Menghitung evapotranspirasi potensial (ETP)

Nilai ETP standar (vegetasi rumput) dengan urutan prioritas sebagai berikut: ETP lisimeter, panci evaporasi kelas A dikali tetapan 0,8, ETP hasil perhitungan/estimasi menurut rumus Penman, Thornwaite, Blaney Criddle dan seterusnya.

Setelah mendapatkan nilai ETP dengan mengalikan data penguapan panci kelas A dengan koefisien panci 0,8, dilakukan perhitungan ETP untuk lahan, yaitu dihitung dengan mengalikan nilai ETP dengan koefisien lahan yang bernilai 1,0, sedangkan untuk ETP tanaman atau ETc dihitung dengan mengalikan ETP dengan koefisien tanaman atau kc. Nilai kc untuk padi sebesar 1,13, jagung sebesar 0,79, dan legume sebesar 0,68 [19]. Selain analisis model neraca air lahan dan tanaman, dilakukan juga perhitungan kriteria air tanah tersedia (ATS) pada Tabel 1 atau persentase kebutuhan air bagi lahan dan tanaman dengan menggunakan Persamaan (1).

$$ATS = \frac{KAT - TLP}{KL - TLP} \times 100 \% \tag{1}$$

Tabel 1. Persentase Air Tanah Tersedia (BMG, 2006)

Air Tanah Tersedia (ATS)	Persentase
Sangat Kurang	<10%
Kurang	10 – 40%
Sedang	40 – 60%
Cukup	60 – 90%
Sangat Cukup	>90%

3. Menghitung nilai selisih curah hujan dan ETP (CH-ETP).
4. Menghitung akumulasi potensial kehilangan air untuk penguapan (APWL) diisi dengan penjumlahan nilai CH – ETP yang negatif secara berurutan bulan demi bulan.
5. Menghitung ketersediaan air tanah (KAT)

Pengisian kolom KAT dimulai pada bulan pertama terjadi APWL berdasarkan hitungan Persamaan (2) berikut.

$$KAT = KL \times k^{|APWL|} \tag{2}$$



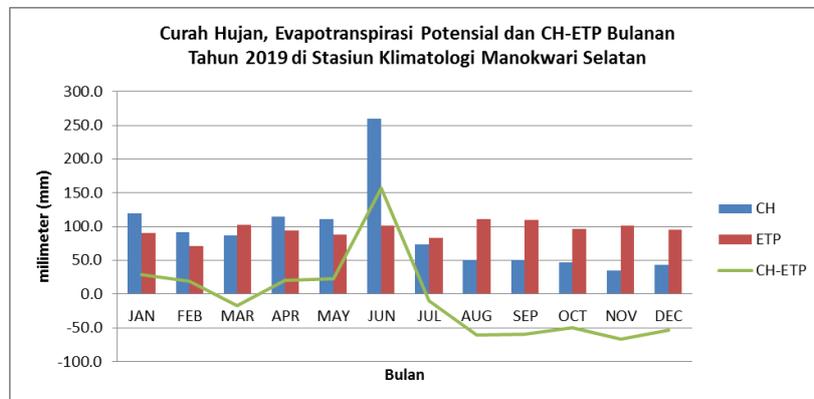
dimana, $k = (p_0 + p_1) / KL$; $p_0 = 1.000412351$, $p_1 = -1.073807306$, $KL =$ kapasitas lapang dan $|APWL|$ adalah nilai absolut APWL. Kolom KAT bulan pertama dimana $CH - ETP$ bernilai positif diisi dengan $(KAT = KAT_{\text{terakhir}} + CH - ETP)$. Begitu seterusnya hingga nilai $KAT = KL$ tercapai. Sejak bulan tersebut selama hujan masih berlebihan nilai KAT tetap konstan yaitu sama dengan KL .

6. Menghitung Perubahan KAT (dKAT)
Nilai KAT dari suatu bulan tersebut dikurangi KAT bulan sebelumnya.
7. Menghitung Evapotranspirasi Aktual (ETA)
Jika $CH > ETP$ maka $ETA = ETP$. Pada bulan terjadi APWL ($CH < ETP$) maka $ETA = CH + |dKAT|$.
8. Menghitung nilai defisit (D) dengan selisih ETP dan ETA.
9. Menghitung nilai surplus (S) saat tidak terjadi defisit, dengan formula $CH - ETP - dKAT$.

Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Neraca Air Lahan

Besaran curah hujan bulanan, ETP bulanan untuk lahan dan selisih keduanya di lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1. Curah hujan bulanan tertinggi tahun 2019 terjadi pada bulan Juni sebesar 259 mm dan terendah pada bulan November sebesar 35 mm. Berdasarkan klasifikasi iklim Oldeman [20], bulan basah (BB) yaitu bulan dengan curah hujan >200 mm/bulan, bulan kering (BK) memiliki curah hujan <100 mm/bulan dan diantaranya adalah bulan lembab (BL). Manokwari Selatan tahun 2019 memiliki hanya satu BB, yaitu bulan Juni, delapan BK (Feb – Mar dan Jul – Des), serta tiga BL (Jan, April dan Mei). Menurut Fagi dan Freddy [21] semakin banyak jumlah bulan basah, semakin tinggi intensitas tanam daerah tersebut.



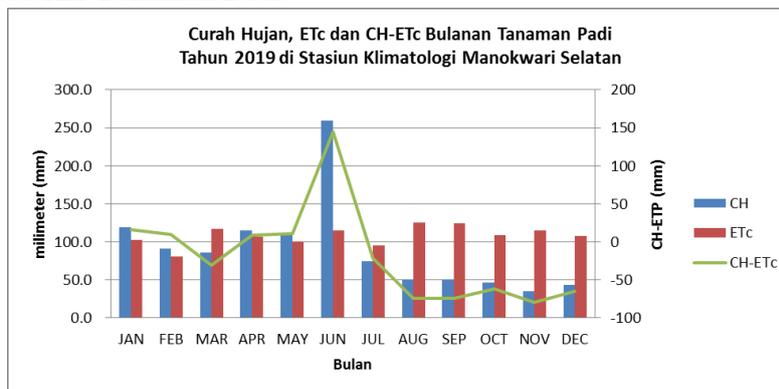
Gambar 1. Akumulasi curah hujan, ETP, serta selisih $CH - ETP$ bulanan tahun 2019 di Stasiun Klimatologi Manokwari Selatan.

Evapotranspirasi potensial bulanan tertinggi terjadi pada bulan Agustus sebesar 138 mm dan terendah pada bulan Februari sebesar 89.8 mm. Tabel 2 menunjukkan nilai defisit dan surplus bulan demi bulan untuk lahan dan tanaman padi. Nilai selisih CH dan ETP bernilai positif pada dua bulan pertama. Namun, pada bulan Maret Manokwari Selatan mengalami potensial kehilangan air untuk penguapan (APWL) karena jumlah ETP (*out*) lebih besar dari curah hujan (*in*) sehingga terjadi defisit air tanah sebesar 1.5 mm. Kondisi ini hanya berlangsung satu bulan, karena pada bulan April curah hujan sudah dapat memulihkan kondisi air tanah (KAT) atau sudah mencapai kapasitas lapang (KL) di nilai 350 mm. Bahkan terjadi surplus pada bulan April hingga Juni mencapai puncaknya sebesar 157.8 mm. Selanjutnya, pada bulan Juli – Desember curah hujan selalu lebih rendah dari ETP sehingga terjadi APWL yang menyebabkan defisit air tanah untuk lahan selama enam bulan berturut – turut.

Tabel 2. Nilai defisit dan surplus untuk lahan dan tanaman padi.

Bulan	Lahan		Tanaman Padi	
	Defisit (mm)	Surplus (mm)	Defisit (mm)	Surplus (mm)
Jan	0.0	28.5	0.0	16.7
Feb	0.0	19.7	0.0	10.3
Mar	1.5	0.0	3.2	0.0
Apr	0.0	5.4	0.0	18.6
Mei	0.0	22.4	0.0	10.8
Jun	0.0	157.8	0.0	136.8
Jul	0.8	0.0	2.0	0.0
Agt	9.7	0.0	14.9	0.0
Sep	16.9	0.0	25.3	0.0
Okt	18.9	0.0	28.1	0.0
Nov	31.1	0.0	43.4	0.0
Des	28.8	0.0	40.7	0.0

2. Analisis Neraca Air Tanaman Padi



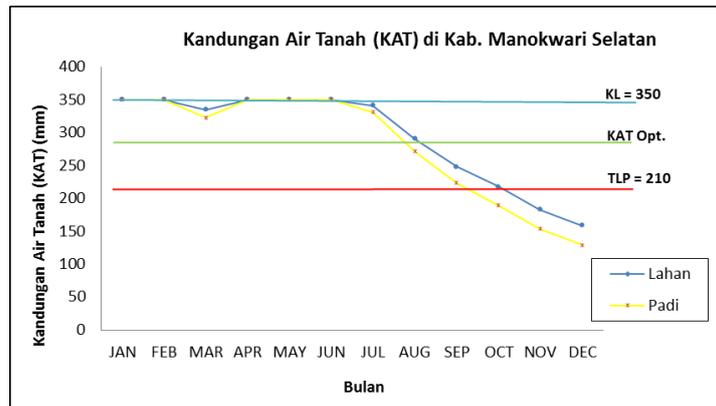
Gambar 2. Akumulasi curah hujan, ETc, serta selisih CH – ETc bulanan untuk tanaman padi tahun 2019 di Stasiun Klimatologi Manokwari Selatan

Gambar 2 menggambarkan kondisi curah hujan, evapotranspirasi potensial untuk tanaman padi dan selisihnya skala bulanan tahun 2019 di Stasiun Klimatologi Manokwari Selatan. Nilai ETc selalu lebih tinggi dari ETP pada lahan, dengan ETc tertinggi terjadi pada bulan Agustus sebesar 125 mm dan terendah pada bulan Februari sebesar 81 mm. Serupa dengan neraca air lahan, pada bulan Januari dan Februari, kondisi air tanah masih mencapai KL (Gambar 3) karena nilai curah hujan lebih besar dari ETc dan bahkan surplus air tanah. Namun, pada bulan Maret terjadi defisit air tanah sebesar 3.2 mm atau terjadi APWL. Selanjutnya, bulan April – Juni, curah hujan terukur lebih tinggi dari ETc sehingga mampu mengembalikan kondisi air tanah dan mencapai KL. Surplus terjadi selama tiga bulan tersebut dan mencapai puncak bulan Juni sebesar 136.8 mm.

Pada bulan Juli hingga Desember, nilai ETc jauh lebih tinggi dibandingkan curah hujan yang menyebabkan tanaman padi mengalami defisit air yang lebih besar dari lahan pertanian pada umumnya. Kondisi ini berlangsung selama enam bulan berturut – turut, sehingga nilai kumulatif potensi kehilangan air (AWPL) mencapai -375.4 mm. Gambar 3 menunjukkan kondisi KAT tahun 2019 di Kabupaten Manokwari Selatan. Berdasarkan kondisi KAT lahan, bulan Januari hingga Agustus masih memungkinkan untuk ditanami tanaman, namun pada bulan selanjutnya air tanah akan mencapai TLP. Sedangkan tanaman padi mengalami layu secara permanen pada bulan Oktober hingga Desember 2019 karena berada dibawah nilai TLP. Sejak Juli, terjadi defisit air tanah sehingga tanaman padi membutuhkan suplai air dari irigasi agar tidak terjadi gagal tumbuh.



Periode yang baik untuk menanam padi adalah bulan Januari hingga Juli karena masih berada pada kondisi kadar air tanah yang optimum. Menurut Kateda (1977) dalam Gita Ivana Suci Lestari Faski [22], pada kisaran KL, tanaman dapat mengabsorpsi air dengan baik, disebut sebagai kadar air efektif untuk pertumbuhan atau “kadar air optimum”. Untuk menjamin pertumbuhan tanaman yang baik, air harus ditambahkan jika 50 – 85% dari air tersedia telah habis terpakai. Berdasar hal tersebut, maka ditetapkan periode masa tanam adalah periode pada saat KAT tidak kurang dari 50% air tersedia [23].



Gambar 3. Kandungan air tanah (KAT) tahun 2019 di Kabupaten Manokwari Selatan

Tabel 3 merupakan kondisi indeks air tersedia dalam persen atau kebutuhan air bagi lahan dan tanaman padi secara kuantitatif dan kualitatif. Persentase ATS umumnya cukup hingga sangat cukup pada tujuh bulan pertama untuk lahan dan tanaman padi. Namun, pada bulan Juli air tersedia bagi lahan pertanian masih sangat cukup sedangkan untuk tanaman padi sudah mulai berkurang menjadi cukup. Pada bulan selanjutnya, ATS berkurang secara bertahap pada lahan pertanian tetapi pada tanaman padi dari bulan Agustus ke September langsung merosot dari tingkat sedang menjadi sangat kurang. Kondisi ini bersesuaian dengan analisis KAT, defisit dan surplus sebelumnya dimana apabila ATS sangat kurang dan terjadi defisit air tanah, lahan dan tanaman padi membutuhkan pasokan air lainnya seperti pengairan irigasi.

Tabel 3. Persentase Air Tersedia (ATS) bagi lahan dan tanaman padi tahun 2019

Bulan	Lahan		Tanaman Padi	
	% ATS	Ket	% ATS	Ket
Jan	100	Sangat Cukup	100	Sangat Cukup
Feb	100	Sangat Cukup	100	Sangat Cukup
Mar	89.1	Cukup	80	Cukup
Apr	100	Sangat Cukup	100	Sangat Cukup
Mei	100	Sangat Cukup	100	Sangat Cukup
Jun	100	Sangat Cukup	100	Sangat Cukup
Jul	93.6	Sangat Cukup	86.6	Cukup
Agt	57.7	Sedang	44.1	Sedang
Sep	27.4	Kurang	9.6	Sangat Kurang
Okt	5.5	Sangat Kurang	-14.7	Sangat Kurang
Nov	-19.6	Sangat Kurang	-40.5	Sangat Kurang
Des	-36.7	Sangat Kurang	-57.9	Sangat Kurang

Kesimpulan

Kondisi curah hujan tahun 2019 di Kabupaten Manokwari Selatan umumnya bersifat kering, kecuali pada bulan Juni. Sedangkan evapotranspirasi potensial baik untuk lahan maupun tanaman padi lebih tinggi dibanding curah hujan khususnya pada bulan Maret, Juli hingga Desember (6 bulan berturut – turut). Kondisi ini menyebabkan terjadinya APWL sehingga air tanah mengalami defisit. Surplus air tanah terjadi pada bulan Januari – Februari dan April – Juni, dengan surplus tertinggi terjadi pada bulan Juni sebesar 157.8 mm untuk lahan dan 136.8 mm untuk padi. Analisis KAT untuk lahan juga menunjukkan kondisi yang berseduaian dimana lahan pertanian pada umumnya masih berada pada kondisi yang optimal pada bulan Januari – Agustus. Sedangkan tanaman padi mulai bulan Agustus sudah berada dibawah kadar air optimum dan mencapai TLP dibulan Oktober. Hal ini didukung dengan analisis neraca air, yaitu air tanah mengalami defisit mulai bulan Juli dan semakin berkurang hingga akhir tahun. Persentase ATS juga menunjukkan hal serupa, pada bulan Agustus hingga Desember kebutuhan air pada lahan dan tanaman padi berada pada tingkat sedang hingga sangat kurang. Walaupun keadaan neraca air mengalami defisit, tetapi masih pada batas air tersedia bagi tanaman, sehingga dapat dilakukan penanaman tanaman pangan sepanjang tahun dengan input produksi (irigasi) pada kondisi kering.

Saran

Studi ini hanya menganalisis neraca air pada tahun 2019 sehingga perlu menggunakan data iklim rata – rata bulanan selama beberapa dekade yang dapat membantu untuk lebih memahami sifat alamiah kekeringan dan banjir.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Kepala Stasiun Klimatologi Manokwari Selatan yang memberikan motivasi dan para staf yang membantu menyiapkan data iklim.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), *Prakiraan Musim Hujan 2019/2020 di Indonesia*. 2020.
- [2] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), “Kaleidoskop Iklim 2019,” in *Bahan Ajar Online Group Discussion (OGD) ke 98 Pusdiklat BMKG. Bidang Variabilitas Iklim, Jakarta*, 2020.
- [3] I. W. Ayu, S. Prijono, dan S. Soemarno, “Evaluasi Ketersediaan Air Tanah Lahan Kering di Kecamatan Unter Iwes, Sumbawa Besar,” *Indones. J. Environ. Sustain. Dev.*, vol. 4, no. 1, 2013.
- [4] B. Tjasyono, *Klimatologi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2006.
- [5] R. J. Lascano, “A general system to measure and calculate daily crop water use,” *Agron. J.*, vol. 92, no. 5, pp. 821–832, 2000.
- [6] J. C. Latha, S. Saravanan, dan K. Palanichamy, “A semi-distributed water balance model for Amaravathi River basin using remote sensing and GIS,” *Int. J. Geomatics Geosci.*, vol. 1, no. 2, p. 252, 2010.
- [7] G. M. D. Putra, D. A. Setiawati, dan S. Sumarjan, “Water Balance Analysis In Pijenan Bantul Irrigation Area,” *J. Agrotek Ummat*, vol. 5, no. 1, pp. 37–45, 2018.
- [8] C. W. Thornthwaite, “An approach toward a rational classification of climate,” *Geogr. Rev.*, vol. 38, no. 1, pp. 55–94, 1948.
- [9] C. W. Thornthwaite, J. R. Mather, C. W. Thornthwaite, dan J. A. Mather, “Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance,” 1957.
- [10] W. E. Larson, J. B. Swan, dan M. J. Shaffer, “Soil management for semiarid regions,” *Agric.*



- Water Manag.*, vol. 7, no. 1–3, pp. 89–114, 1983.
- [11] W. G. Kurnia, “Zonasi Daerah Rawan Kekeringan Untuk Tanaman Padi Di Provinsi Sulawesi Utara,” Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2016.
- [12] G. W. Gee, P. J. Wierenga, B. J. Andraski, M. H. Young, M. J. Fayer, dan M. L. Rockhold, “Variations in water balance and recharge potential at three western desert sites,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 58, no. 1, pp. 63–72, 1994.
- [13] M. Zappa dan J. Gurtz, “Simulation of soil moisture and evapotranspiration in a soil profile during the 1999 MAP-Riviera Campaign,” 2003.
- [14] M. Tufaila, L. Mpia, dan J. Karim, “Analisis Neraca Air Lahan terhadap Jenis Tanah yang Berkembang pada Daerah Karts di Kecamatan Parigi Kabupaten Muna Sulawesi Tenggara,” *agriTECH*, vol. 37, no. 2, pp. 215–219, 2017.
- [15] M. Gilead, “Introduction to physical geography. AN Strahler, 1973. Wiley, New York/London/Sydney/Toronto, 468 pp.,£ 6.00,” *Earth Sci. Rev.*, vol. 10, pp. 140–141, 1974.
- [16] Badan Pusat Statistik (BPS), “Produksi (ton) Tanaman Padi Papua Barat (kabupaten dalam angka),” *Badan Pusat Statistik*, 2015. [Online]. Available: <https://papuabarat.bps.go.id/>. [Accessed: 27-Jan-2020].
- [17] Zulkarnaini, “Penentuan pola tanam berdasarkan neraca air pada beberapa daerah kering di DI Aceh.” Institut Pertanian Bogor, 1995.
- [18] Pawitan dkk, *Lokalkarya Pemanfaatan Sumberdaya Air*. PERHIMPI IPB Bogor, 1996.
- [19] Seeman et al, “The Hydrology Cycle,” in *Bahan Ajar Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 1979.
- [20] Oldeman dan L. R, *The Use of Agronometeorological Data do Asses The Potensial for Agricultural Land, Its hazards and Potensial with Reference to Indonesia*, Paper pres. Los Banos, Laguna, Philipppnes: Paper presented at WHO/FAO/Unesco Conference on Agroclimatological Study of Humid Tropics of Southeast Asia, 24 - Oktober 2008, 1983.
- [21] T. Fagi, A.M. dan Freddy, “Pengelolaan air untuk tanaman kedelai,” Bogor, 1996.
- [22] G. I. S. L. Faski, “Analisis Perbandingan Neraca Air Lahan Tahun 1997 Terhadap Normalnya Di Provinsi Bengkulu Diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan Oleh :,” 2014.
- [23] N. C. Brady, R. R. Weil, dan R. R. Weil, *The nature and properties of soils*, vol. 13. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 2008.

