

PENGARUH KOMPONEN NERACA AIR TERHADAP PRODUKTIVITAS KELAPA SAWIT PADA BERBAGAI JENIS TANAH: STUDI KASUS DI KALIMANTAN TENGAH DAN BARAT

A WATER BALANCE'S EFFECT ON OIL PALM PRODUCTIVITY UNDER VARYING SOIL TYPES: CASE STUDY IN CENTRAL AND WEST KALIMANTAN

Adhy Ardiyanto^{1*}, Kukuh Murtilaksono², Enni Dwi Wahjunie² dan Atang Sutandi²

Abstrak Perbedaan jenis tanah dan letak geografis kebun kelapa sawit menyebabkan variasi sifat fisik tanah (terutama tekstur dan porositasnya). Perbedaan letak geografis juga menyebabkan variasi jumlah curah hujan yang mempengaruhi neraca air lahan. Respons fluktuasi produksi kelapa sawit yang berbeda akibat variasi jenis tanah dan neraca air lahan dapat dikaji dengan analisis hubungan neraca air lahan dan produktivitas kelapa sawit antar jenis tanah dan antar wilayah. Pada penelitian ini, analisis neraca air lahan dilakukan pada tiga lokasi area perkebunan kelapa sawit PT Bumitama Gunajaya Agro yang berada di Provinsi Kalimantan Tengah dan Kalimantan Barat, menggunakan metode Thornthwaite-Mather. Analisis hubungan komponen neraca air dengan produksi TBS kelapa sawit dihitung berdasarkan data bulanan selama 8 tahun (2012–2019) menggunakan *time series analysis* dan untuk mencari model regresi terbaik digunakan *stepwise regression*. Komponen neraca air yang paling mempengaruhi produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit (ton/ha/bulan) adalah curah hujan 7 bulan sebelum panen, hari hujan 11 dan 28 bulan sebelum panen, dan defisit air 10 bulan sebelum panen. Penurunan produksi TBS (ton/ha/bulan) terjadi setiap ada kenaikan defisit air senilai 10

mm/bulan pada tanah Dystrudept, Paleudults dan Haplohumods di Area 3 berturut-turut adalah 11, 2, dan 3%. Pada Area 5 penurunannya adalah 12, 4, dan 5%. Pada Area 6 penurunannya adalah 5, 18, dan 3%.

Kata kunci: Jenis tanah, neraca air, produksi kelapa sawit

Abstract Different types of soil and the geographical areas of oil palm plantations generate variations in soil physical properties (e.g. texture and porosity). Differences in geographical location further result in variations in the amount of rainfall that affects the water balance. The response to diverse fluctuations in palm oil production due to variations in soil types and water balance can be assessed through correlation analysis between water balance parameters and oil palm productivity under varying soil types and regions. In this study, the water balance analysis was carried out at three locations of PT Bumitama Gunajaya Agro's oil palm plantations in Central Kalimantan and West Kalimantan provinces, using the Thornthwaite-Mather method. Analysis of the relationship between water balance components and oil palm fresh fruit bunch (FFB) yields is calculated based on monthly data for 8 years (2012 - 2019) using time series analysis and stepwise regression to find the best regression model. The water balance components that most influence the fresh fruit bunches (FFB) yield (tonnes/ha/month) are rainfall 7 months before harvest, rainy days 11 and 28 months before harvest, and water deficit 10 months before harvest. A decrease in FFB yield (tonnes/ha/month) occurs every time there is an increase in water deficit of 10

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Adhy Ardiyanto* (✉)

¹ Mahasiswa Pascasarjana Institut Pertanian Bogor
Email: adhy.riset@gmail.com

² Institut Pertanian Bogor

mm/month on Dystrudepts, Paleudults, and Haplohumods soils in Area 3, respectively 11, 2, and 3%. In Area 5 the decline is 12, 4, and 5%. In Area 6 the decline is 5, 18, and 3%.

Keywords: Oil palm yields, Soil types, Water balance

PENDAHULUAN

Fenomena penurunan produksi kelapa sawit pada tahun 2016 terjadi di hampir semua perusahaan perkebunan kelapa sawit di Kalimantan. Salah satu penyebab adalah faktor iklim yaitu rendahnya jumlah curah hujan tahunan pada tahun 2014 dan 2015. Cekaman kekeringan juga menyebabkan penurunan produktivitas semester I 2016 di Sumatera bagian selatan hingga mencapai 60% dibandingkan periode yang sama pada 2015 (Darlan, 2016).

Berdasarkan data produksi TBS (tandan buah segar) PT Bumitama Gunajaya Agro (BGA) pada kebun dengan tahun tanam 2006, 2007, dan 2008 di area 3 dan area 5 di Kalimantan Tengah serta area 6 di Kalimantan Barat, terjadi penurunan produksi pada tahun 2016 dibanding tahun 2015, sebesar 17% (dari 23,8 ton/ha/thn menjadi 19,6 ton/ha/thn). Penurunan produksi ini terjadi di semua jenis tanah: Dystrudepts, Paleudults dan Haplohumods berturut-turut sebesar 17% (dari 24,1 ton/ha/thn menjadi 19,9 ton/ha/thn), 13% (dari 25,0 ton/ha/thn menjadi 21,9 ton/ha/thn), dan 23% (dari 22,2 ton/ha/thn menjadi 17,2 ton/ha/thn).

Kebutuhan air kelapa sawit hampir sama dengan kebutuhan air untuk tebu yaitu 1.000–1.500 mm per tahun dan pisang 700–1.700 mm per tahun, tetapi tidak setinggi kebutuhan air untuk tanaman pangan berkisar 1.200–2.850 mm per tahun atau per 3 musim tanam, seperti padi, jagung, dan kedelai (Pasaribu *et al.*, 2012). Tanaman kelapa sawit umumnya dikembangkan pada daerah yang memiliki curah hujan paling sedikit 150 mm/bulan atau berkisar 1700–3000 mm/tahun atau sebesar 5 - 6 mm/hari tergantung pada umur tanaman dan iklim (Murtalaksono *et al.*, 2007).. Pembagian hujan yang merata dalam satu tahunnya berpengaruh kurang baik karena pertumbuhan vegetatif lebih dominan daripada pertumbuhan generatif, sehingga bunga atau buah yang terbentuk pun relatif sedikit (Hartanto, 2011;). Mengacu pada uraian di atas, tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji model

hubungan komponen neraca air (curah hujan, hari hujan, dan defisit air) dengan produksi kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di kebun kelapa sawit PT Bumitama Gunajaya Agro, Kabupaten Kotawaringin Timur (Area 3), Kotawaringin Barat (Area 5), Provinsi Kalimantan Tengah dan Kabupaten Ketapang (Area 6), Provinsi Kalimantan Barat.

Analisis contoh tanah dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Tanah Bogor, Laboratorium Pusat Penelitian Fisika LIPI Tangerang Selatan, Laboratorium Analitik PT BGA Kotawaringin Timur, dan Laboratorium Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia di Bogor. Penelitian dilaksanakan pada November 2018 sampai November 2019.

Bahan dan Alat

Data yang digunakan adalah data primer berupa distribusi ukuran pori dan kadar air berbagai pF. Alat yang digunakan adalah ring sampel, pisau lapang, dan meteran.

Data sekunder berupa data produksi selama periode enam tahun dari tahun 2014 sampai 2019 dan data curah hujan stasiun klimatologi Departemen Riset di Area 3, Area 5, dan Area 6 PT Bumitama Gunajaya Agro tahun 2012 sampai 2019.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksplorasi dan dirancang menggunakan *multistage random sampling*, dengan tiga tahapan, yaitu: tahap pertama mengklasifikasikan lokasi penelitian berdasarkan kondisi curah hujan (*stratified sampling*) pada tiga lokasi (Area 3, 5 dan 6). Tahap kedua berdasarkan umur tanaman yaitu tahun tanam 2006-2008. Tahap ketiga berdasarkan jenis tanah (Haplohumods, Paleudults dan Dystrudepts). Dari hasil klasifikasi lokasi penelitian, diperoleh 50 blok untuk pengambilan contoh tanah, yaitu pada Area 3 (7 blok Dystrudepts, 4 blok Paleudults, 5 blok Haplohumods), Area 5 (7 blok Dystrudepts, 5 blok Paleudults, 5 blok Haplohumods) dan Area 6 (7 blok Dystrudepts, 5 blok Paleudults, 5 blok Haplohumods).

Tabel 1. Metode analisis sifat-sifat tanah di laboratorium

Tabel 1. Soil analysis properties methods in the laboratory

No.	Parameter	Metode Analisis
1	Distribusi ukuran pori	Perhitungan rumus (BI, BJP, kurva pF) Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)
2	Kadar air berbagai pF Permeabilitas	Gravimetri (<i>pressure plate apparatus</i>) Tinggi air konstan (Klute dan Dirksen)
3	Bahan organik	Walkley dan Black

Pelaksanaan Penelitian

Metode pengambilan contoh tanah dibagi menjadi dua, yaitu contoh tanah utuh (tidak terganggu) dan contoh tanah terganggu. Contoh tanah utuh (tidak terganggu) diambil pada lapisan tanah 0-30 cm dan 30-60 menggunakan *ring sampel*, kemudian contoh tanah tersebut digunakan untuk penetapan angka berat volume (berat isi), kadar air berbagai tekanan (pF 1, pF 2, pF 2,54, dan pF 4,2) dan permeabilitas. Contoh tanah terganggu diambil dengan menggunakan cangkul dan bor tanah dari kedalaman 0-30 cm dan 30-60 cm sebanyak 1-2 kg. Contoh tanah terganggu digunakan untuk penetapan tekstur tanah dan kandungan bahan organik tanah. Metode analisis tanah di laboratorium tersaji pada Tabel 1.

Perhitungan Potensi Ketersediaan Air Tanah

Potensi ketersediaan air tanah dihitung berdasarkan data kadar air berbagai tekanan (pF 2,54 dan pF 4,20). Potensi air yang tersedia atau ruang pori air tersedia, yaitu ruang pori untuk air yang bisa diserap tanaman yang merupakan selisih antara kadar air tanah pada kapasitas lapang (pF 2,54) dengan kadar air pada titik layu permanen (pF 4,20).

Perhitungan Neraca Air (Metode Thornthwaite dan Mather)

Neraca air dianalisis dengan menggunakan metode Thornthwaite-Mather dan hasil perhitungannya tersusun atas basis data tabular dari berbagai parameter. Parameter tersebut adalah nilai curah hujan (CH), curah hujan efektif (CH_e), suhu udara (t), evapotranspirasi potensial (ET_p), evapotranspirasi tanaman (ET_c), selisih nilai CH_e-ET_c, *accumulated potential water loss* (APWL), simpanan air tanah (St), perubahan simpanan air tanah (ΔSt), evapotranspirasi aktual (ET_a), defisit air (DA), kelebihan air (S), dan aliran permukaan/*run off* (RO).

Model neraca air tanaman diperoleh dengan memodifikasi neraca air lahan Thornthwaite dan Mather (1957) dengan mengoreksi nilai ET_c menurut jenis tanaman dan varietasnya (Rusmayadi, 2011), yaitu:

$$ET_c = kc \times ET_p$$

$$ET_c = \text{evapotranspirasi tanaman}$$

$$kc = \text{koefisien tanaman (Tabel 2).}$$

$$ET_p = \text{evapotranspirasi potensial (perhitungan Thornthwaite-Mather)}$$

Tabel 2. Nilai koefisien tanaman (kc) kelapa sawit

Table 2. Plant coefficient value (kc) of oil palm

Umur (Tahun)	Indeks Luas Daun	Koefisien Tanaman (kc)
< 2	1,8	0,82
2 – 2,9	3,1	0,83
3 – 4,9	4,0	0,86
5 – 6,9	4,9	0,92
7 – 8,9	5,1	0,93
= 9	6,4	0,93

Sumber : Harahap dan Darmosarkoro (1999).

Analisis hubungan komponen neraca air dengan produksi TBS kelapa sawit dihitung berdasarkan data bulanan selama 8 tahun (2012 – 2019) menggunakan *time series analysis*. Penentuan variabel neraca air berupa CH, HH dan DA yang paling mempengaruhi produksi menggunakan cross correlation dan untuk mencari model regresi terbaik digunakan *stepwise regression*, dengan program statistik MINITAB versi 16.1.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Neraca Air Lahan di Lokasi Penelitian

Neraca air merupakan keseimbangan antara air yang masuk dan air yang keluar dalam suatu wilayah pada periode tertentu, yang dapat digunakan untuk menentukan jumlah kelebihan air atau kekurangan air (Anna *et al.*, 2016). Metode Thornthwaite-Mather digunakan untuk menghitung neraca air di lokasi penelitian.

Data iklim untuk perhitungan neraca air diperoleh dari stasiun klimatologi Departemen Riset PT BGA, berupa data curah hujan dan suhu rata-rata bulanan dari tahun 2012–2019. Berdasarkan perhitungan neraca air, nampak bahwa defisit air hampir terjadi setiap tahun di semua area penelitian (Tabel 3, 4, dan 5). Jenis tanah Haplohumods merupakan tanah dengan nilai defisit air paling tinggi dibanding tanah lainnya.

Rendahnya kapasitas menahan air (kapasitas lapang) pada Haplohumods (21,47%) yang salah satunya dikarenakan teksturnya yang didominasi pasir (86,53%), menjadikan tanah ini lebih tinggi defisit airnya (pada 2018 mencapai 532 mm/tahun). Selain itu hasil pengamatan di lapangan terhadap kedalaman lapisan perakaran pada ketiga jenis tanah, nampak bahwa Haplohumods adalah yang paling dangkal yaitu 80 cm dibanding Dystrudepts (125 cm) dan Paleudults (100 cm).

Tabel 3. Curah hujan dan defisit air berbagai jenis tanah di area 3

Table 3. Rainfall and water deficit on various soil type in area 3

Tahun	CH (mm)	Defisit Air (mm)		
		Dystrudepts	Paleudults	Haplohumods
2012	3 143	1	1	2
2013	3 150	6	7	13
2014	2 445	170	186	272
2015	2 369	135	149	224
2016	3 495	35	40	67
2017	3 377	1	1	1
2018	3 476	22	24	43
2019	2 334	124	136	202

Tabel 4. Curah hujan dan defisit air berbagai jenis tanah di area 5

Table 4. Rainfall and water deficit on various soil type in area 5

Tahun	CH (mm)	Defisit Air (mm)		
		Dystrudepts	Paleudults	Haplohumods
2012	2431	103	127	224
2013	2699	5	7	27
2014	2082	207	276	405
2015	2135	217	260	403
2016	3436	11	14	34
2017	2349	40	41	61
2018	1613	237	281	532
2019	1839	173	211	347

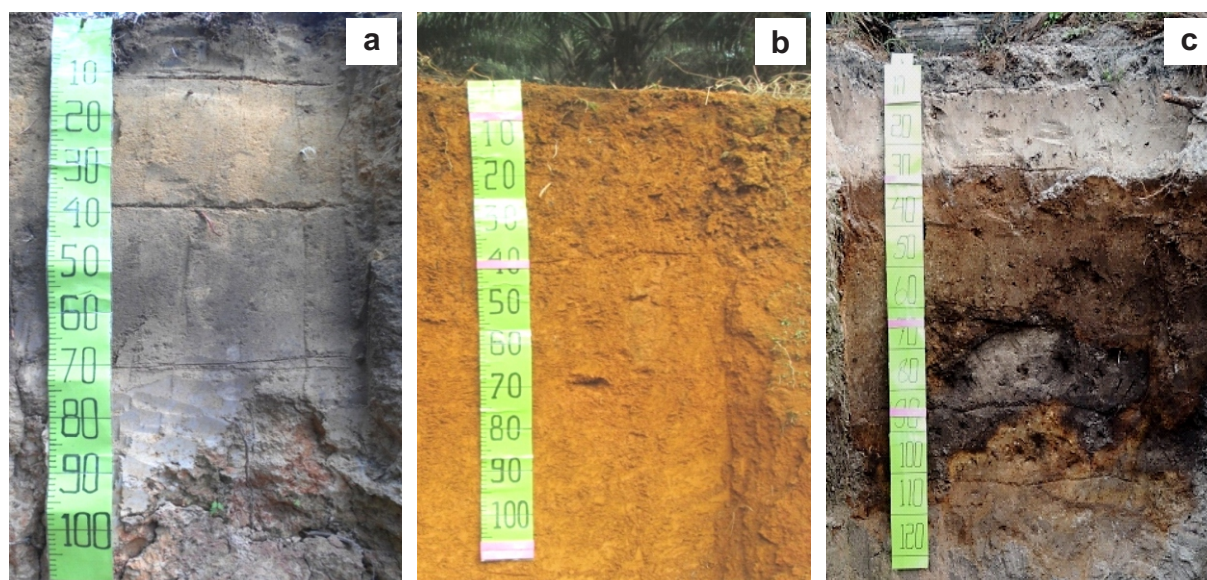
Tabel 5. Curah hujan dan defisit air berbagai jenis tanah di area 6
Table 5. Rainfall and water deficit on various soil type in area 6

Tahun	CH (mm)	Defisit Air (mm)		
		Dystrudepts	Paleudults	Haplohumods
2012	2745	178	166	248
2013	3275	4	4	7
2014	2171	167	166	215
2015	2414	230	216	304
2016	3327	73	67	109
2017	3111	11	10	17
2018	2938	74	68	112
2019	2179	178	162	227

Lapisan spodik pada Halpohumods yang dijumpai pada kedalaman 80 cm membuat akar tidak bisa tembus lebih dari lapisan tersebut (Gambar 1). Fries *et al.* (2020), menyatakan bahwa tekstur tanah menentukan kapasitas tanah menahan air, tanah berpasir menyimpan air lebih sedikit dibanding tanah klei, karena pori-pori antar partikel tanah pasir lebih lebar, sehingga meningkatkan kapasitas infiltrasi tetapi menurunkan kapasitas menahan air.

Cekaman kekeringan pada tanaman kelapa sawit akan terjadi apabila terjadi salah satu dari

kriteria berikut: curah hujan (CH) < 1250 mm/tahun, defisit air > 200 mm/tahun, bulan kering (CH < 60 mm/bulan) > 3 bulan, hari terpanjang tidak hujan (*dry spell*) > 20 hari (Siregar *et al.*, 2005). Tahun 2014 dan 2015 merupakan waktu terjadinya defisit air > 200 mm/tahun, di semua area lokasi penelitian, sehingga mempengaruhi produksi pada tahun berikutnya. Defisit air mengurangi produktivitas kelapa sawit 0-15% (Darlan *et al.*, 2016; Siregar *et al.*, 1995; Darmosarkoro, 2001).



Gambar 1. Profil tanah Dystrudepts (a), Paleudults (b) dan Haplohumods (c) di lokasi penelitian PT BGA

Figure 1. Soil profile of Dystrudepts (a), Paleudults (b) and Haplohumods (c) at the research location of PT BGA

Hubungan Komponen Neraca Air dengan Produksi Kelapa Sawit

Data produksi TBS kelapa sawit (ton/ha/thn) menunjukkan terjadi penurunan produksi pada tahun 2016 dan tahun 2019 di semua area dan semua jenis tanah (Gambar 2).

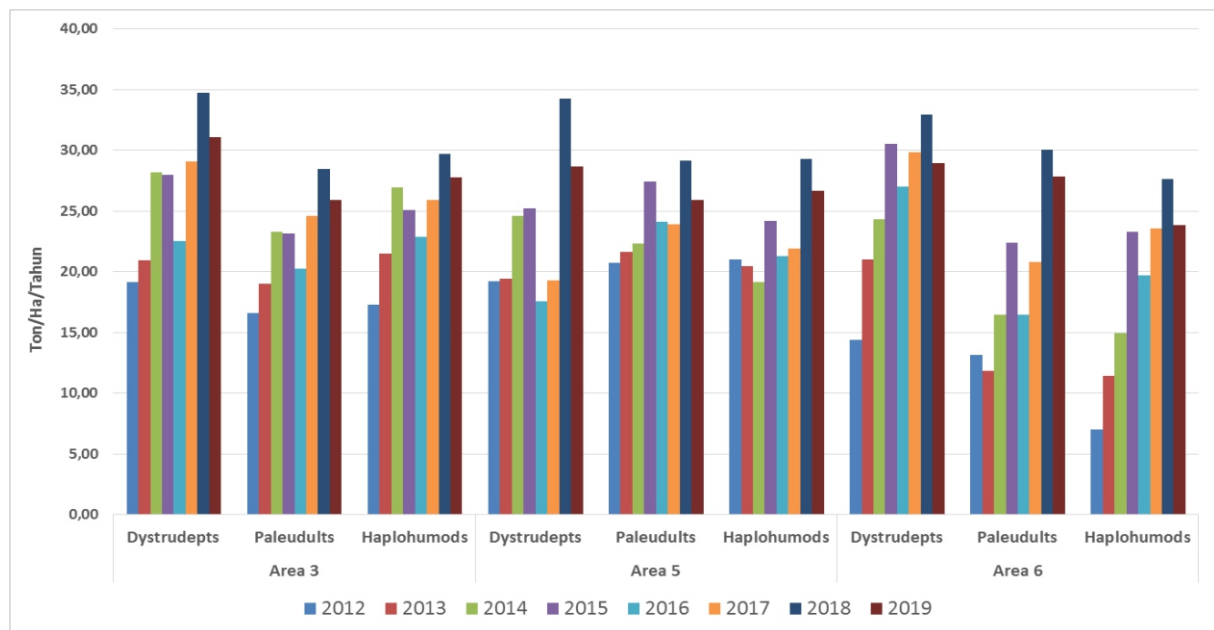
Keon dan Keng (2012), menyatakan bahwa penurunan produksi akibat cekaman air bisa disebabkan karena gugurnya pembungaan sebelum masa anthesis, yang terjadi 10-11 bulan sebelum panen. Pengaruh defisit air bervariasi tergantung tingkat cekaman air dan fenologi pembungaan kelapa sawit. Cekaman air menurunkan produksi TBS melalui pengurangan jumlah bunga betina akibat aborsi dan rendahnya nilai *sex ratio* (perbandingan antara bunga betina dengan jumlah bunga betina, bunga jantan, dan bunga hermaphrodit yang dinyatakan dalam persen) keduanya mengakibatkan rendahnya jumlah tandan per pokok (Corley dan Thinker, 2016).

Pembungaan kelapa sawit memiliki peranan vital dalam menentukan produksi kelapa sawit. Terdapat 5 fase perkembangan bunga kelapa sawit antara lain : inisiasi bunga, pembentukan perhiasan bunga, diferensiasi kelamin, peka aborsi, dan anthesis. Keadaan iklim sangat mempengaruhi proses fisiologis tanaman, seperti

proses asimilasi, pembentukan bunga, dan pematangan. Sinar matahari dan hujan dapat menstimulasi pembentukan bunga kelapa sawit. Bulan kering yang tegas dan berturut-turut selama beberapa bulan bisa mempengaruhi pembentukan bunga untuk 2 tahun berikutnya. Kondisi cekaman lingkungan yang berat akan menyebabkan meningkatnya produksi tandan bunga jantan dan tandan bunga aborsi (Hidayat *et al.*, 2012).

Shanmuganathan *et al.* (2014), menjelaskan bahwa produksi TBS kelapa sawit ditentukan sejak 36 bulan sebelum panen. Mulai dari tahapan pembentukan bunga pada 24-36 sebelum panen, penentuan jenis kelamin bunga jantan atau betina pada 18-24 bulan sebelum panen, pembukaan bunga dan masa anthesis pada 6-12 bulan sebelum panen dan tingkat kematangan bunga pada 0-6 bulan sebelum panen. Kondisi cekaman air maupun cekaman air pada masa-masa tersebut tentu akan mempengaruhi produksi TBS, dikarenakan gagal buah (aborsi), banyak munculnya bunga jantan maupun proses pengisian nutrisi pada tandan sebelum masa panen.

Komponen neraca air yang paling mempengaruhi produksi kelapa sawit berdasarkan analisa *cross correlation* yaitu curah



Gambar 2. Produktivitas TBS kelapa sawit per jenis tanah dan per area

Figure 2. Oil palm FFB productivity per soil type and per area

hujan, hari hujan dan defisit air. Model hubungan curah hujan, hari hujan dan defisit air dengan produksi bulanan kelapa sawit (ton/ha/bulan), dibuat berdasarkan area dan jenis tanah (Tabel 7).

Berdasarkan analisa statistik dengan *time series analysis* didapatkan bahwa yang mempengaruhi produksi TBS bulanan kelapa sawit (ton/ha/bulan) adalah CH 4-29 bulan sebelum panen, HH 4-28 bulan sebelum panen, dan DA 6-25 bulan sebelum panen. Mengacu pada nilai koefisien regresinya, parameter yang paling mempengaruhi produksi TBS adalah CH 7 bulan sebelum panen, HH 11 dan 28 bulan sebelum panen, dan defisit air 10 bulan sebelum panen.

Variabel curah hujan (CH) bulanan dan hari hujan (HH) bulanan berkorelasi positif terhadap produksi TBS bulanan (ton/ha/bulan), artinya semakin tinggi curah hujan dan jumlah hari hujan maka produksi TBS akan meningkat.

Pada Dystrudepts di Area 3, 5, dan 6, produksi TBS bulanan nyata dipengaruhi berturut-turut oleh CH 7 bulan sebelum panen ($p=0,009$), CH 24 bulan sebelum panen ($p=0,060$) dan CH 7 bulan sebelum panen ($p=0,007$). Pada Paleudults di Area 3, produksi TBS bulanan nyata dipengaruhi oleh CH 7 ($p=0,000$), 10 ($p=0,016$) dan 29 bulan sebelum panen ($p=0,000$). Pada Paleudult di Area 5 dan 6, produksi TBS dipengaruhi nyata oleh CH 29 ($p=0,044$) dan CH 7 bulan sebelum panen ($p=0,011$). Hal ini sesuai dengan penelitian Syafei *et al.* (2017), yang menunjukkan bahwa hubungan antara curah hujan berbanding lurus terhadap produksi kelapa sawit pada tahun yang sama, 1 tahun setelah curah hujan, maupun 2 tahun setelah curah hujan.

Variabel defisit air berkorelasi negatif dengan produksi TBS, semakin tinggi nilai defisit air maka produksi TBS akan semakin rendah. Bakoume *et al.* (2013), menjelaskan bahwa di kawasan Asia

Tabel 7. Model regresi produksi bulanan dan neraca air per area dan jenis tanah
Table 7. Regression model of monthly yields and water balance by area and soil type

Area	Tanah	Persamaan Regresi*	R ²
3	Dystrudepts	$Y = 1,13 + 0,21 CH_7 + 0,18 CH_{10} + 0,32 HH_{16} + 0,33 HH_{19} - 0,36 DA_{10}$	52%
	Paleudults	$Y = 0,56 + 0,39 CH_7 + 0,25 CH_{10} + 0,35 CH_{29} + 0,34 HH_8 + 0,15 HH_{16} - 0,28 DA_{22}$	58%
	Haplohumods	$Y = 1,19 + 0,21 CH_7 + 0,35 CH_{29} + 0,17 HH_4 + 0,29 HH_7 + 0,42 HH_{11} + 0,10 HH_{21} - 0,18 DA_{25}$	37%
5	Dystrudepts	$Y = -0,89 + 0,16 CH_{20} + 0,19 CH_{24} + 0,26 HH_{18} + 0,40 HH_{19} + 0,52 HH_{28} - 0,28 DA_{10} - 0,19 DA_{22}$	53%
	Paleudults	$Y = 1,85 + 0,22 CH_{28} + 0,24 CH_{29} + 0,17 HH_4 + 0,19 HH_8 + 0,27 HH_{19} - 0,29 DA_{10}$	32%
	Haplohumods	$Y = -0,21 + 0,31 CH_7 + 0,37 CH_{25} + 0,29 HH_{22} + 0,38 HH_{28} - 0,22 DA_{11} - 0,35 DA_{20}$	61%
6	Dystrudepts	$Y = 3,08 + 0,16 CH_4 + 0,38 CH_7 + 0,16 HH_8 + 0,34 HH_{28} - 0,29 DA_{10}$	31%
	Paleudults	$Y = 0,17 + 0,26 CH_7 + 0,36 HH_9 + 0,21 HH_{11} + 0,70 HH_{28} - 0,28 DA_6 - 0,37 DA_{24}$	63%
	Haplohumods	$Y = 0,77 + 0,37 CH_5 + 0,18 HH_7 + 0,32 HH_9 + 0,38 HH_{25} + 0,39 HH_{28} - 0,21 DA_{21}$	44%

Keterangan : * = Persamaan distandarisasi (*divide by standar deviation*); Y = ton TBS/ha/bulan; CH_n = curah hujan (mm/bulan) n bulan sebelum panen; HH_n = hari hujan n bulan sebelum panen; DA_n = defisit air (mm/bulan) n bulan sebelum panen.

Notes : * = Standardize model (*divide by standar deviation*); Y = FFB tonnes/ha/month; CH_n = rainfall (mm/month) n month before harvest; HH_n = raindays n month before harvest; DA_n = water deficit (mm/month) n month before harvest.

Tenggara, produksi TBS turun sebesar 2,88 t/ha setiap terjadi defisit air senilai 100 mm. Penelitian Caliman dan Southworth (1998), menyatakan bahwa defisit air mempengaruhi produksi pada tiga periode sebelum masa panen, yaitu: 4-5 dan 10 bulan sebelum panen, 18 dan 22 bulan sebelum panen, dan 30-33 bulan sebelum panen.

Pada penelitian ini, parameter defisit air yang nyata mempengaruhi produksi TBS bulanan (ton/ha/bulan) pada Dystrudepts di Area 3, 5 dan 6 adalah defisit air pada 10 bulan sebelum panen ($p=0,001$, $p=0,006$ dan $p=0,016$). Pada Paleudults, defisit air yang nyata mempengaruhi produksi TBS berturut-turut di Area 3, 5 dan 6 adalah defisit air pada periode 22 bulan sebelum panen ($p=0,003$), 10 bulan sebelum panen ($p=0,015$) dan 24 bulan sebelum panen ($p=0,000$). Pada Haplohumods, defisit air yang nyata mempengaruhi produksi TBS hanya terjadi di Area 5, yaitu defisit air pada periode 11 bulan sebelum panen ($p=0,014$) dan 20 bulan sebelum panen ($p=0,000$).

Perbedaan periode CH, HH, dan DA pada tiap area dalam mempengaruhi produksi TBS bulanan, salah satunya dikarenakan perbedaan sifat fisika tanah antar area. Jenis tanah yang sama namun berbeda letak geografis (beda area) akan menunjukkan perbedaan sifat fisika tanahnya. Dystrudepts di Area 6 mengandung kadar pasir yang paling tinggi (68,07%) dan berbeda nyata dengan Area 3 (47,75%) maupun area 5 (48,73%) dan memiliki kadar klei paling rendah (10,97%) dan berbeda nyata dibanding Area lainnya. Perbedaan kadar pasir dan kadar klei ini menjadikan Dystrudepts di Area 6 memiliki pori air tersedia paling tinggi (20,73%) dan berbeda nyata dibandingkan area lainnya. Pori air tersedia ini menjadikan tanaman akan lebih mudah memenuhi kebutuhan airnya. Apabila ketersediaan air tanah kurang bagi tanaman maka akibatnya air sebagai bahan baku fotosintesis, transportasi unsur hara ke daun akan terhambat sehingga akan berdampak pada produksi yang dihasilkan (Maryani, 2012).

Penurunan produksi TBS (ton/ha/bulan) terjadi setiap ada kenaikan defisit air senilai 10 mm/bulan pada tanah Dystrudept, Paleudults, dan Haplohumods di Area 3 berturut-turut adalah 11, 2, dan 3%. Pada Area 5 penurunannya adalah 12, 4, dan 5%. Pada Area 6 penurunannya adalah 5, 18 dan 3%. Dampak defisit air terhadap produksi TBS bulanan di Haplohumods yang lebih kecil

dibandingkan pada Dystrudepts maupun Paleudults, bisa dikarenakan pada Haplohumods terdapat perlakuan aplikasi tambahan bahan organik berupa tandan kosong dosis 200 kg/pokok/tahun dan pembuatan parit *discontinue* yang dibuat di setiap 2-4 baris tanaman sebagai rorak penampungan air (Ardiyanto *et al.*, 2013).

Kenaikan produktivitas TBS (ton/ha/tahun) terjadi di semua area dan semua jenis tanah pada tahun 2018 dibandingkan tahun 2017 (Tabel 6). Berdasarkan data CH dan defisit air tahun 2017, nilai defisit air adalah yang terendah (< 61 mm/thn) selama periode tahun 2012–2019. Hal ini mengindikasikan bahwa CH yang cukup disepanjang tahun 2017 menambah ketersediaan air tanah sehingga mendukung kenaikan produksi pada tahun 2018.

Penambahan tandan kosong dapat meningkatkan proliferasi akar. Kheong *et al.* (2010), menemukan bahwa aplikasi tandan kosong meningkatkan massa akar secara nyata pada kedalaman tanah 30–45 cm dibanding tanpa aplikasi tandan kosong. Hal ini akan meningkatkan kemampuan tanaman dalam mengambil air dan nutrisi. Penelitian Safitri *et al.* (2018), mengenai kepadatan akar pada kelapa sawit berumur 13 tahun menunjukkan bahwa pada spodosol memiliki kepadatan akar tertinggi, dengan kepadatan akar 0,1001, 0,0497 dan 0,0257 g/cm³. Ini diikuti oleh tanaman kelapa sawit berumur 7 tahun di spodosol, yang memiliki kepadatan akar 0,0400, 0,0262 dan 0,0270 g/cm³. Paling rendah kepadatan akar diperoleh di tanaman kelapa sawit umur 8 tahun pada inceptisol, yang memiliki kepadatan akar 0,0046, 0,0045, dan 0,0038 g/cm³. Kepadatan akar menentukan kontribusi penyerapan air akar di zona perakaran kelapa sawit.

Pori air tersedia pada Dystrudepts, Paleudults dan Haplohumods berturut-turut yaitu 16,41%, 14,29% dan 16,12%. Secara statistik persentase pori air tersedia tanah Haplohumods tidak berbeda nyata dengan Dystrudept maupun Paleudults (Tabel 8), sehingga hal ini yang menyebabkan pengaruh defisit air tidak terlalu berdampak pada Haplohumods di lokasi penelitian. Adanya lapisan spodik pada kedalaman 80 cm di Haplohumods dan pengelolaan air dengan membuat sekat-sekat air di parit jalan utama (*main road*) dan jalan koleksi (*collection road*) menjadikan kehilangan air di kawasan pasir spodik (Haplohumods) dapat diminimalisir.

Tabel 8. Karakteristik pori tanah pada Dystrudepts, Paleudults dan Haplohumods di PT BGA
Table 8. Soil pore characteristics in Dystrudepts, Paleudults and Haplohumods at PT BGA

Parameter	Unit	Jenis Tanah		
		Dystrudepts	Paleudults	Haplohumods
Ruang pori total	%	52,64 a	54,49 a	48,31 b
Pori drainase cepat	%	16,04 b	13,87 b	21,76 a
Pori drainase lambat	%	4,76 ab	4,44 b	5,07 a
Pori air tersedia	%	16,41 a	14,29 b	16,12 ab

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda dalam satu baris menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji BNJ Tukey pada taraf kepercayaan 95%.

Notes : Numbers followed by different letters in same line, show significant differences based on Tukey's BNJ test at the 95% confidence level.

KESIMPULAN

Komponen neraca air yang paling mempengaruhi produksi bulanan kelapa sawit (ton/ha/bulan) adalah CH 7 bulan sebelum panen, HH 11 dan 28 bulan sebelum panen, dan defisit air 10 bulan sebelum panen. Penurunan produksi TBS (ton/ha/bulan) terjadi setiap ada kenaikan defisit air senilai 10 mm/bulan pada tanah Dystrudept, Paleudults dan Haplohumods di Area 3 berturut-turut adalah 11, 2, dan 3%. Pada Area 5 penurunannya adalah 12, 4, dan 5%. Pada Area 6 penurunannya adalah 5, 18 dan 3%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna AN, Priyono KD, Suharjo, Priyana Y. 2016. Using Water Balance to Analyze Water Availability for Communities (A Case Study in Some Areas of Bengawan Solo Watershed). Indonesian Journal of Spatial and Regional Analysis. Forum Geografi, Vol 30 (2) Desember 2016: 166-175.
- Ardiyanto A, Lim KH, Indranto S, Ahmad M. 2013. Manajemen Tanah Pasir Spodik (Haplohumods) untuk Penanaman Kelapa Sawit di Kalimantan. Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit 2013. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Jakarta Convention Center, Mei 2013.
- Bakoume C, Shahbudin N, Shahrakbah Y, Cheah S, Nazeeb M. 2013. Improved Method for Estimating Soil Moisture Deficit in Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq.) Areas With Limited Climatic Data. Journal of Agricultural Science. 5. doi:10.5539/jas.v5n8p57.
- Barus YS, Las I, Mawarni L. 2015. Pengaruh Curah Hujan dan Hari Hujan Terhadap Produksi Kelapa Sawit Berumur 8, 16 dan 19 Tahun di Kebun Bah Jambi PT Perkebunan Nusantara IV Persero. Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara, vol. 4, no. 1, 2015.
- Caliman JP, Southworth A. 1998. Effect of drought and haze on the performance of oil palm. Di dalam: International Oil Palm Conference. IOPRI/GAPKI, Bali, Indonesia. hlm 250-274.
- Corley RHV, Tinker PB. 2016. The Oil Palm. Fifth Edition. Published 2016 by John Wiley & Sons, Ltd.
- Darlan NH, Pradiko I, Winarna, Siregar HH. 2016. Dampak El Niño 2015 terhadap Performa Tanaman Kelapa Sawit di Sumatera Bagian Tengah dan Selatan. Jurnal Tanah dan Iklim Vol. 40 No. 2 Hal. 113-120.
- Darmosarkoro W. 2001. Pengaruh Kekeringan pada Tanaman Kelapa Sawit dan Upaya Penanggulangannya. Warta PPKS. Vol. 9 (3): 83-96.
- Fries A, Silva K, Pucha-Cofrep F, Onate-Valdivieso F, Ochoa-Cueva P. 2020. Water Balance and Soil Moisture Deficit of Different Vegetation Units under Semiarid Conditions

- in the Andes of Southern Ecuador. *J. Climate* 8.30. 2020
- Harahap IY, Darnosarkoro W. 1999. Pendugaan Kebutuhan Air Untuk Pertumbuhan Kelapa Sawit di Lapang dan Aplikasinya dalam Pengembangan Sistem Irigasi. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 7(2): 87 - 104.
- Hartanto. H., 2011. Sukses besar budi daya kelapa sawit. Yogyakarta: Citra media publishing.
- Hidayat TC, Harahap IY, Pangaribuan Y, Fauzi WR, Harsanto WA. 2012. Bunga, Buah dan Produksi Kelapa Sawit. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Keon KY, Keng WM. 2012. Statistical Modeling of Weather-based Yield Forecasting for Young Mature Oil Palm. *Asia-Pacific Chemical, Biological and Environmental Engineering Society. Procedia* 4 (2012) 58 – 65.
- Kheong LV, Rahman ZA, Musa MH, Hussein A. 2010. Empty Fruit Bunch Application and Oil Palm Root Proliferation. *Journal of Oil palm Research*. Vol. 22 April 2010. p. 750-757.
- Maryani AT. 2012. Pengaruh volume pemberian air terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di pembibitan utama. *Jurnal Bioplantae*. 1(2). 64-74.
- Murti Laksono K, Siregar HH, Darnosarkoro W. 2007. Model neraca air di perkebunan kelapa sawit (Water Balance Model In Oil Palm Plantation). *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 14(2): 21-36.
- Pasaribu H, Mulyadi A, Tarumun, S. 2012. Neraca Air Di Perkebunan Kelapa Sawit Di PPKS Sub Unit Kalianta Kabun Riau. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 6(2): 99-113.
- Rusmayadi G. 2011. Dinamika Kandungan Air Tanah di Areal Perkebunan Kelapa Sawit dan Karet dengan Pendekatan Neraca Air Tanaman. *Jurnal Agroscientiae*. 18(2).
- Safitri L, Hermantoro, Purboseno S, Kautsar V, Saptomo SK, Kurniawan A. 2018. Water Footprint and Crop Water Usage of Oil Palm in Central Kalimantan: Environmental Sustainability Indicators for Different Crop Age and Soil Conditions. *Journal Water*. 11(35).
- Shanmuganathan S, Narayanan A, Mohamed M. 2014. A Hybrid Approach to Modelling The Climate Change Effects on Malaysia's Oil Palm Yield at The Regional Scale. *Recent advances on soft computing and data mining* (pp. 335–345). doi:10.1007/978-3-319-07692-8_32.
- Siregar HH, Harahap IY, Darnosarkoro W, Sutarta EE. 2005. Kultur teknis untuk musim kemarau pada perkebunan kelapa sawit. Makalah disampaikan dalam Seminar Dampak dan Antisipasi Kemarau 2005 pada Usaha Agribisnis Perkebunan.
- Siregar HH, Purba A, Syamsudin E, Poeloengan Z. 1995. Penanggulangan Kekeringan Pada Tanaman Kelapa Sawit. *Warta PPKS* 1995. Vol.3(1): 9-13.
- Syafei HG, Santosa TN, Astuti YT. 2017. Kajian Pengaruh Curah Hujan Terhadap Produktifitas Kelapa Sawit di PT Tunggal Perkasa Plantations. *Jurnal Agromast*. 2(1).
- Tao HH, Donough C, Gerendas J, Hoffman MP, Cahyo A, Sugianto H, Wandri R, Rahim GA, Fisher M, Rotter RP, Dittert K, Pardon L, Oberthur T. 2018. Fertilizer Management Effects on Oil Palm Yield and Nutrient Use Efficiency on sandy Soil with Limited Water Supply in Central Kalimantan. *Nurt Cycl Agroecosyst*. Springer Nature BV. 2018.
- Thornthwaite CW, Matter JP. 1957. Instruction and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and The Water Balance. *Drexel Institute of Climatology*. New Jersey. 401p.