

DINAMIKA AIR DAN FASE-FASE PERKEMBANGAN PEMBUNGAAN PENENTU PRODUKTIVITAS KELAPA SAWIT

WATER DYNAMICS AND FLOWERING PHASES THAT DETERMINES OIL PALM YIELD

Iman Yani Harahap dan M. Edwin S. Lubis

Abstrak Untuk mengkaji fase-fase perkembangan pembungaan yang paling menentukan produktivitas kelapa sawit dalam kaitannya dengan dinamika air pada pertanaman kelapa sawit, maka dilakukan penelitian pada areal pertanaman kelapa sawit di kebun percobaan Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Tandun, Riau. Parameter air meliputi curah hujan, muka air tanah, kadar air tanah, dan laju kenaikan air kapiler pada lapisan 0 – 200 cm. Hubungan peubah parameter air dan produktivitas kelapa sawit dianalisis dengan statistik korelasi dan model regresi linier berganda. Analisis model regresi linier ganda menggunakan teknik *stepwise regression* untuk memilih parameter yang paling kuat hubungannya antara peubah bebas dan tidak bebasnya. Pengolahan data dalam analisis korelasi dan model persamaan menggunakan piranti lunak *MATLAB R2017b*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dinamika air menentukan fluktuasi produktivitas kelapa sawit bulanan, melalui pengaruhnya terhadap fase-fase perkembangan pembungaan kelapa sawit beberapa waktu sebelum tandan buah matang fisiologis. Fase-fase kritical yang dipengaruhi oleh dinamika air adalah awal pembentukan perhiasan bunga, diferensiasi jenis kelamin, pemunculan kuncup bunga, dan pematangan buah. Fase diferensiasi jenis kelamin bunga yang terjadi pada 20 bulan sebelum tandan buah matang fisiologis adalah fase yang paling kritical dipengaruhi dinamika air dalam menentukan produktivitas bulanan kelapa sawit dibanding fase-fase perkembangan bunga yang lain.

Kata kunci: dinamika air, produktivitas, diferensiasi jenis kelamin

Abstract To identify flowering development phases that most determines oil palm yield in relation to water dynamics, a research had been conducted at Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI) experimental garden in Tandun, Riau. The variables observed were water parameters including rainfall, groundwater level, soil water content, and the rate of increase in capillary water at 0 – 200 cm soil depth. Relationship between water parameters and oil palm yield was analyzed using correlation statistics and multiple linear regression models. Analysis of multiple linear models was performed using stepwise regression techniques to select the most powerful parameters determining the relationship between independent and non-independent variables. *MATLAB R2017b* software was used for data processing. The study showed that phases of flower bunch development at certain time prior physiological maturity determined monthly oil palm yield. Critical phases affected oil palm yield were formation of flower crown, sex differentiation, appearance of flower buds, and ripening of fruit bunches. Compared to other flower developmental phases, the phase of sex differentiation of flowers that occurred 20 months before the fruit bunches were physiologically mature was the most critical phase in determining monthly yield of oil palm.

Keywords: water dynamics, flowering, productivity, sex differentiation

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

Iman Yani Harahap (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamsno No. 51 Medan, Indonesia
Email: iyh_020464@yahoo.co.id

PENDAHULUAN

Produktivitas kelapa sawit ditentukan oleh beberapa faktor yaitu, genetik tanaman, umur tanaman, kesuburan lahan, dan iklim. Produktivitas tersebut berfluktuasi menurut waktu yang dipengaruhi oleh iklim, terutama dinamika air di pertanaman kelapa sawit (Caliman dan Southworth, 1998; Corley dan Tinker, 2016). Secara kuantitatif dinamika kondisi air yang dapat terukur di pertanaman kelapa sawit, meliputi curah hujan, air kapiler, kadar air tanah, dan muka air tanah (Lubis, 2016). Kondisi air tersebut secara simultan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pembungaan kelapa sawit, yang diduga menjadi penyebab fenomena fluktuatifnya produktivitas kelapa sawit bulanan (Harahap *et al.*, 2017), sehingga terdapat periode waktu produktivitas tinggi dan periode waktu produktivitas rendah. Di wilayah sabuk tropis basah seperti di Indonesia, produktivitas rendah umumnya terjadi pada bulan Juni-Agustus, sedangkan produktivitas tinggi terjadi pada bulan Oktober-Desember. Pada beberapa tahun terakhir ini, dengan adanya fenomena *el-nino* dan *la-nina* serta *weather global change*, maka waktu periode produktivitas rendah dan tinggi relatif sulit untuk diprediksi, karena dinamika iklim, terutama dinamika air yang merupakan faktor utama penentu berfluktuasinya produktivitas juga relatif sulit untuk diprediksi. Berfluktuatifnya produktivitas tersebut akan mempengaruhi pengelolaan panen dan produksi pada usaha budidaya kelapa sawit baik di lapangan maupun di pabrik.

Pertumbuhan perkembangan pembungaan kelapa sawit dimulai sejak 36 – 40 bulan sebelum tandan buah matang fisiologis. Sepanjang periode perkembangan bunga kelapa sawit terdapat beberapa fase atau tahap pembungaan yang waktunya berbeda-beda yaitu inisiasi pembentukan bunga, pembentukan perhiasan tandan bunga, diferensiasi jenis kelamin bunga, perkembangan perhiasan bunga, antesis, pematangan tandan buah, dan matang fisiologis (Keong dan Keng, 2012; Combres *et al.*, 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji fase-fase perkembangan pembungaan yang paling menentukan produktivitas kelapa sawit dalam kaitannya dengan dinamika air pada pertanaman kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada blok areal pertanaman kelapa sawit seluas 25 ha yang berumur 20 tahun di kebun percobaan Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Tandun, Riau. Areal penelitian tersebut memiliki jenis tanah *Typic Hapludult* dan berfisiografi datar hingga berombak dengan ketinggian 30 – 70 m di atas permukaan laut. Tanah pada areal penelitian memiliki tekstur halus hingga kasar dengan konduktivitas hidrolik tergolong cepat dan air tanah berada dalam zona *unconfined aquifer* (Harahap dan Lubis, 2017). Peubah yang diamati adalah parameter air harian yang direratakan menjadi data bulanan selama 3 tahun dan produktivitas kelapa sawit bulanan. Parameter air bulanan curah hujan, muka air tanah, kadar air tanah pada lapisan 0 – 200 cm, dan laju kenaikan air kapiler. Curah hujan harian diukur dari *automatic weather station*. Muka air tanah diukur menggunakan 3 titik sumur pantau (*well*). Kadar air tanah diukur menggunakan tensiometer pada kedalaman 0 – 20 cm, 20 – 50 cm, 50 – 100 cm, 100 – 150 cm, dan 150 – 200 cm. Pengukuran tensiometer dikalibarsi dengan pengukuran secara grafimetrik. Laju kenaikan kapiler didekati dengan persamaan (1) dan (2) sebagai berikut (Dingman, 2015) :

$$CR = \{ \{ \Delta h \cdot \Delta t - (Z - h_t) \} \cdot \theta_{u,t} \} / \Delta t \quad (1)$$

dimana,

CR: laju kenaikan air kapiler (cm hari⁻¹)

Δh : perubahan kedalaman muka air tanah (cm hari⁻¹)

Δt : perubahan waktu (hari)

Z : dalam perakaran (cm), kedalaman zona perakaran adalah 50 cm.

ht : kedalaman muka air tanah pada waktu t (cm)

$\theta_{u,t}$: Kandungan udara di atas muka air tanah
(cm³ cm⁻³)

Nilai $\theta_{u,t}$ dihitung dari kadar air tanah pada kondisi aktual dan kondisi jenuh

$$\theta_u = \theta_s - \theta_a \quad (2)$$

dimana

θ_u : kandungan udara ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

θ_s : kadar air tanah pada kondisi jenuh ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

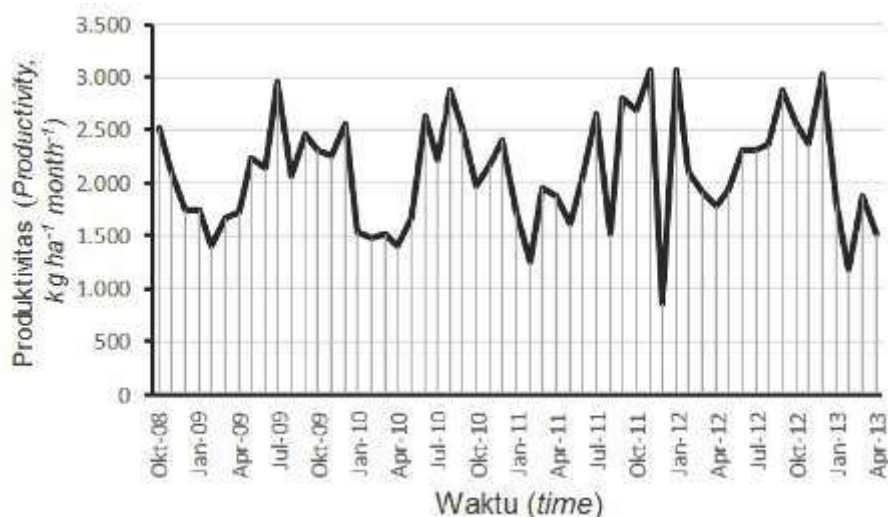
θ_a : kadar air tanah pada kondisi aktual ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

Hubungan peubah parameter air dan produktivitas kelapa sawit dianalisis dengan statistik korelasi dan model regresi linier ganda dalam selang waktu (*time lag*) antara peubah parameter air dan produktivitas. Selang waktu yang digunakan dalam analisis statistik korelasi ini adalah 0 – 37 bulan, sesuai dengan perkembangan bunga kelapa sawit. Fase-fase waktu perkembangan bunga mengacu pada hasil penelitian Adam *et al.*(2011); Breure and Menendez (1990); Henson and Jones (2005); Corley and Tinker (2016); Woittiez *et al.*(2017). Analisis model regresi linier ganda menggunakan teknik *stepwise regression* untuk memilih parameter yang paling kuat hubungannya antara peubah bebas dan peubah tidak bebas. Pengolahan data dalam analisis korelasi dan model menggunakan piranti lunak *MATLAB R2017b*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produktivitas Kelapa Sawit

Produktivitas kelapa sawit berfluktuasi dengan pola capaian saat puncak dan rendah masing-masing satu kali dalam setahun (Gambar 1). Secara umum produktivitas rendah terjadi pada bulan Februari – Maret dan produktivitas tinggi terjadi pada Juli – Agustus. Jarak waktu antara produktivitas rendah dan puncak sekitar 5 – 6 bulan, yang secara fisiologis menunjukkan waktu perkembangan tandan buah dari mulai antesis hingga matang fisiologis (Adam *et al.*, 2011). Pola produktivitas diduga terkait dengan pola hujan pada lokasi penelitian, yang umumnya puncak curah hujan tinggi terjadi pada triwulan pertama di awal tahun dan curah hujan rendah pada pertengahan tahun. Keterkaitan dinamika air di pertanaman kelapa sawit telah banyak dilaporkan para peneliti, di antaranya Caliman dan Southworth, 1998; Corley dan Tinker, 2016, dan Harahap *et al.*, 2017. Pada bagian lain dari paper ini akan menganalisis fase-fase perkembangan tandan bunga yang sensitif terhadap dinamika air pertanaman kelapa sawit, yang meliputi air kapiler tanah, curah hujan, kadar air tanah, dan muka air tanah.



Gambar 1. Fluktuasi produktivitas bulanan kelapa sawit
 Figure 1. Monthly productivity fluctuations in oil palm

Laju Kenaikan Air Kapiler

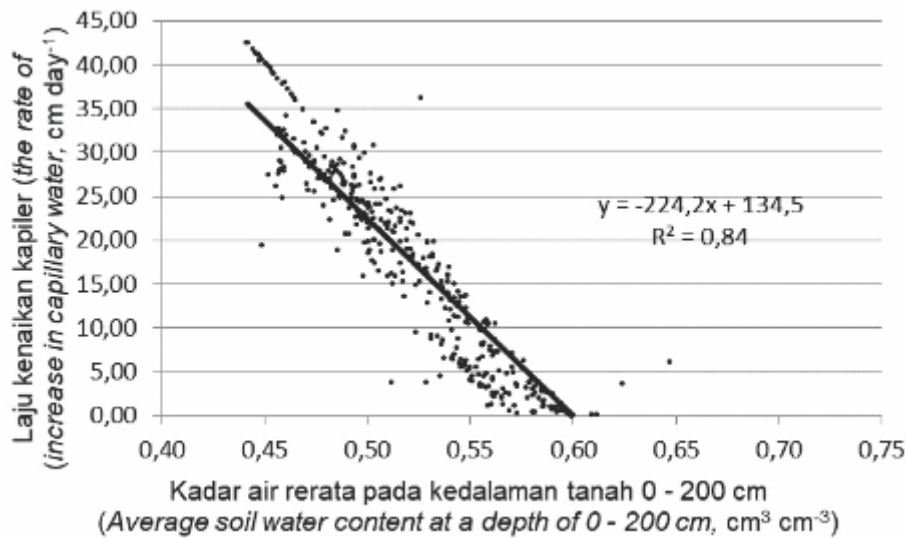
Laju kenaikan air kapiler dihitung dengan persamaan (1) di atas, dengan parameter fisik tanah pada blok pengamatan disajikan pada Tabel 1.

Laju kenaikan kapiler berkisar antara 0 – 45 cm per hari, yang ditentukan oleh kondisi kadar air tanah di atas permukaan air tanah sampai zona perakaran. Semakin rendah kadar air tanah maka semakin cepat

laju kenaikan air kapiler tanah. Hubungan antara kadar air tanah rerata pada kedalaman 0 – 200 cm di bawah permukaan tanah dengan laju kenaikan air kapiler disajikan pada Gambar 2. Di samping kadar air tanah, laju kenaikan air kapiler juga ditentukan oleh pori-pori tanah. Liu *et al.* (2014), menyebutkan bahwa semakin halus tekstur tanah makin cepat laju kenaikan air kapilernya dalam merespons perubahan kadar air tanah.

Tabel 1. Parameter fisika tanah pada lokasi pengamatan
 Table 1. Physical soil parameters in observation location

Kedalaman (cm)	Fraksi tekstur tanah (%)			Berat Volume (gr cm ⁻³)	Karakter kadar air tanah (cm ³ cm ⁻³)		
	Pasir	Debu	Liat		Titik layu permanen	Kapasitas lapang	Jenuh
0-20	36	16	48	1,18	0,29	0,37	0,43
20-50	20	16	64	1,34	0,38	0,43	0,48
50-100	8	8	84	1,26	0,48	0,49	0,56
100-150	0	12	88	1,09	0,50	0,48	0,60
150-200	8	8	84	1,05	0,48	0,49	0,56



Gambar 2. Hubungan kadar air rerata pada kedalaman tanah 0-200 cm dengan laju kenaikan air kapiler
 Figure 2. The relationship of mean water content in the soil depth of 0 – 200 cm with the rate of increase in capillary water

Dinamika Air

Dinamika curah hujan, kedalaman muka air tanah, kadar air tanah dan laju air kapiler pada kedalaman tanah 0 – 200 cm disajikan pada Gambar 3. Muka air tanah berfluktuasi yang polanya mirip dengan pola fluktuasi kadar air tanah. Kadar air tanah umumnya berada pada kondisi kapasitas lapang hingga kondisi jenuh. Bahkan kadar air tanah ini melewati kondisi jenuh, yang disebabkan karakter muka air tanah pada blok pengamatan merupakan tipe muka air tanah dangkal (*shallow water table*). Kadar air tanah pada lahan yang memiliki permukaan air yang dangkal, sangat dipengaruhi oleh kondisi fluktuasi air tanah, melalui aliran air kapiler dari muka air tanah ke zona *unsaturated* yang berada pada lapisan tanah yang berada di atas muka air tanah tersebut. Muka air tanah semakin dangkal (meningkat) dengan meningkatnya kadar air tanah pada kedalaman 0 – 200 cm. Peningkatan muka air tanah karena kadar air tanah di atas kadar air tanah pada kondisi jenuh menyebabkan pergerakan air dari lapisan atas ke lapisan tanah bagian bawah sebagai air perkolasi yang akhirnya mencapai muka air tanah.

Kadar air tanah pada lapisan zona *unsaturated* menentukan laju kenaikan kapiler dari permukaan air tanah. Semakin rendah kadar air pada zona tersebut menyebabkan semakin tinggi kenaikan air kapiler. Di samping itu, kapasitas kejenuhan kadar air tanah juga mempengaruhi laju kenaikan air kapiler. Semakin tinggi kapasitas kejenuhan kadar air tanah, maka semakin tinggi laju kenaikan air kapiler. Kenaikan air kapiler tersebut dapat mengurangi tebal muka air tanah, sehingga muka air tanah menjadi lebih dalam.

Keratan Hubungan Peubah air dan Produktivitas Kelapa Sawit

Hasil analisis korelasi peubah dinamika-air, yang terdiri dari laju air kapiler, tinggi muka air tanah, kadar air tanah, dan curah hujan dan produktivitas disajikan pada Tabel 2. Keeratan yang relatif kuat antara dinamika-air dengan produktivitas dimulai pada 33 bulan sebelum tandan buah matang fisiologis, yaitu pada fase pembentukan perhiasan bunga. Pada fase ini peningkatan laju air kapiler tanah menurunkan produktivitas kelapa sawit, dan peningkatan tinggi muka air tanah, curah hujan dan kadar air tanah meningkatkan produktivitas kelapa sawit.

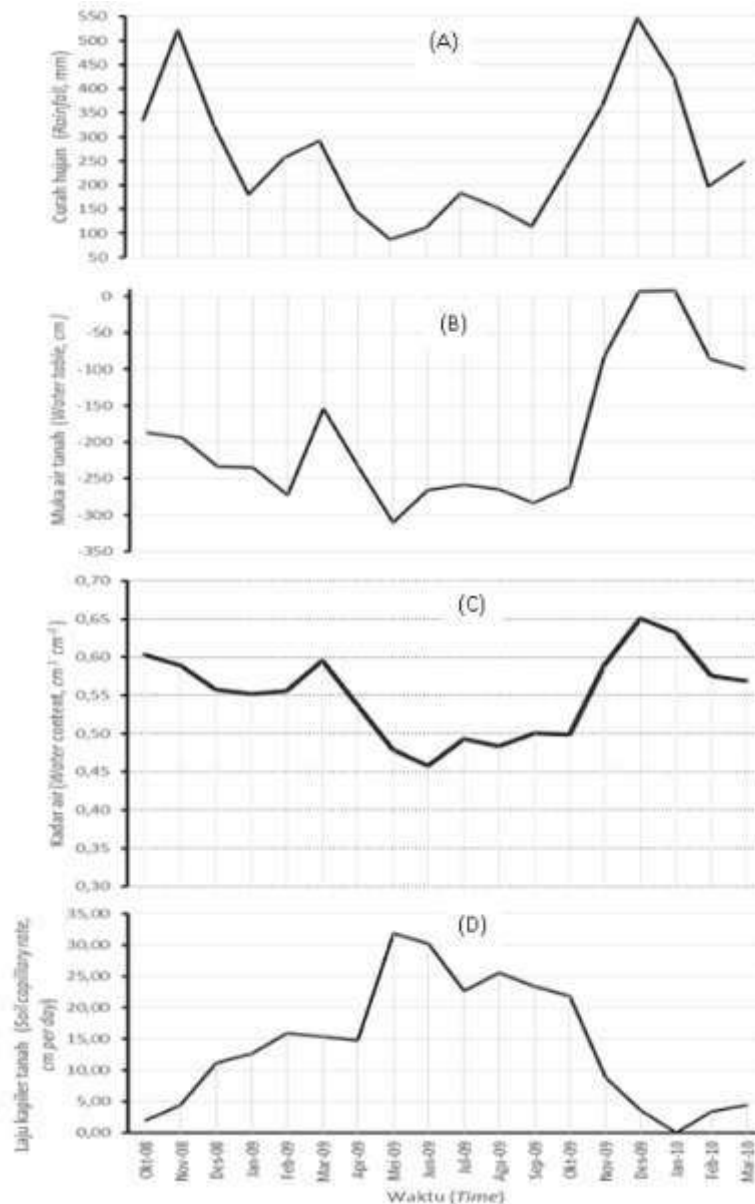
Peningkatan laju air kapiler disebabkan peningkatan kekeringan pada lapisan tanah atas, yang kondisi ini menyebabkan daerah perakaran kekurangan air sehingga terjadi cekaman kekeringan yang dapat menurunkan produktivitas kelapa sawit. Sebaliknya peningkatan muka air tanah, curah hujan dan kadar air tanah menyebabkan peningkatan kelembaban pada lapisan tanah atas sehingga perakaran dapat menyerap air dengan optimal, sehingga produktivitas kelapa sawit meningkat. Woittiez *et al.* (2017), menyebutkan bahwa 33 bulan sebelum matang fisiologis termasuk dalam fase perkembangan *floral meristem* sampai *rachila initiation* yang rentan terhadap cekaman lingkungan yang dapat menyebabkan produksi tandan bunga kelapa sawit menurun.

Kondisi peubah air berikutnya yang memiliki keeratan dengan produktivitas terjadi pada 20 bulan sebelum tandan buah matang fisiologis, yaitu pada fase diferensiasi jenis kelamin bunga. Pada fase ini, peningkatan laju air kapiler tanah menurunkan produktivitas, sedangkan peningkatan tinggi muka air tanah dan kadar air tanah meningkatkan produktivitas. Menurut Carr (2011), setiap peningkatan defisit air 100 mm per tahun menyebabkan penurunan produksi sampai 10 persen akibat menurunnya *sex ratio* (rasio produksi bunga betina terhadap total bunga). Penurunan *sex ratio*, dipicu oleh peningkatan produksi bunga jantan yang terjadi pada lingkungan yang mengalami defisit air, karena secara fisiologis kondisi defisit air, yang menyebabkan stomata konduktans menurun dan pada proses asimilasi karbohidrat menurun (Ajambang *et al.*, 2015). Lebih lanjut Ajambang *et al.* (2015), menyebutkan penurunan produksi total gula terlarut dalam proses asimilasi karbohidrat menyebabkan produksi bunga cenderung ke arah jantan. Lamanya periode kekeringan juga menyebabkan penurunan aktivitas asimilasi karbohidrat (fotosintesis), yang cukup nyata. Jazayeri *et al.* (2015), menyatakan bahwa kondisi defisit air dalam 4 dan 8 minggu dapat menurunkan aktivitas fotosintesis masing-masing 46 dan 74%.

Keeratan yang kuat antara peubah air dan produktivitas juga terjadi pada 7 - 8 bulan sebelum tandan buah matang fisiologis, yaitu pada fase pembentukan (kemunculan) kuncup tandan bunga hingga antesis (Woittiez *et al.*, 2017). Pada fase ini, peningkatan laju air kapiler tanah menurunkan produktivitas, sedangkan peningkatan tinggi muka air

tanah, curah hujan, kadar air tanah meningkatkan produktivitas. Kondisi peubah air yang paling pendek jarak waktunya dalam mempengaruhi produktivitas adalah 1 – 2 bulan sebelum matang fisiologis, yaitu pada fase pematang tandan buah. Berbeda dengan fase-fase sebelumnya, pada fase pematangan tandan buah justru peningkatan laju air kapiler tanah, yang menandai penurunan kelembaban tanah,

meningkatkan produktivitas dan sebaliknya peningkatan muka air tanah, curah hujan dan kadar air tanah, yang meningkatkan kelembaban tanah menurunkan produktivitas kelapa sawit. Pematangan tandan buah kelapa sawit memerlukan kondisi lingkungan yang lebih kering, yang menyebabkan temperatur lingkungan relatif meningkat, sehingga memacu proses pembentukan minyak.



Gambar 3. Pola rerata curah hujan (A), muka air tanah (B), kadar air tanah (C), dan laju air kapiler (D) pada areal tanaman kelapa sawit dewasa

Figure 3. Average patterns of rainfall, water table level, soil water content and capillary water rate in mature oil palm plantations

Tabel 2. Koefisien keeratan hubungan antara peubah air tanah dan curah hujan dengan produktivitas kelapa sawit pada masing-masing jarak waktu

Table 2. Coefficient of the relationship between ground water variables and rainfall with oil palm productivity at each time lag

Jarak waktu (lag, bulan)	Peubah air tanah dan curah hujan				Fase perkembangan tandan bunga tanaman dewasa*)
	Laju air kapiler	Muka air tanah	Curah hujan	Kadar air tanah	
0	0,46	-0,23	-0,03	-0,36	Matang fisiologis
- 1	0,72	-0,52	-0,45	-0,69	Pematangan tandan buah
- 2	0,86	-0,76	-0,61	-0,76	
- 3	0,43	-0,54	-0,63	-0,51	Rentan Aborsi
- 4	0,25	-0,28	-0,48	-0,25	
- 5	-0,19	0,01	-0,10	0,08	
- 6	-0,43	0,38	0,14	0,42	Antesis
- 7	-0,59	0,56	0,48	0,68	Pemunculan kuncup tandan bunga
- 8	-0,69	0,55	0,70	0,74	
- 9	-0,52	0,46	0,52	0,60	Perkembangan perhiasan bunga (kelopak dan bagian lainnya)
- 10	-0,19	0,05	0,20	0,10	
- 11	0,06	-0,06	0,08	-0,09	
- 12	0,39	-0,13	-0,01	-0,36	
- 13	0,60	-0,43	-0,42	-0,66	
- 14	0,62	-0,51	-0,61	-0,72	
- 15	0,58	-0,37	-0,40	-0,41	
- 16	0,10	-0,20	-0,28	-0,11	
- 17	-0,07	-0,06	-0,13	0,09	
- 18	-0,20	0,12	0,18	0,27	Diferensiasi jenis kelamin bunga jantan dan betina
- 19	-0,38	0,20	0,08	0,34	
- 20	-0,72	0,50	0,22	0,50	
- 21	-0,35	0,37	0,43	0,41	

- 22	-0,33	0,39	0,49	0,39	
- 23	-0,16	0,13	0,14	0,05	
- 24	-0,06	0,09	-0,04	-0,07	
- 25	0,28	-0,09	0,06	-0,20	
- 26	0,15	-0,09	-0,12	-0,11	
- 27	0,21	-0,13	-0,11	-0,32	
- 28	0,30	-0,22	-0,27	-0,26	Pembentukan perhiasan tandan
- 29	0,22	-0,22	-0,34	-0,29	bunga (calon kelopak dan bagian
- 30	-0,20	0,13	0,00	0,20	lainnya)
- 31	-0,38	0,33	0,20	0,29	
- 32	-0,19	0,25	0,28	0,34	
- 33	-0,45	0,21	0,21	0,28	
- 34	-0,35	0,42	0,24	0,38	
- 35	0,00	0,10	0,39	0,13	
- 36	0,22	-0,18	0,15	-0,09	
- 37	0,60	-0,52	-0,39	-0,58	Inisiasi pembentukan tandan bunga

*) Sumber/ Source : Adam *et al.*(2011); Breure and Menendez (1990); Henson and Jones (2005); Corley and Tinker (2016); Woittiez *et al.* (2017)

Persamaan Regresi Penduga Produktivitas

Berdasarkan analisis keamatan antara peubah dinamika-air dengan produktivitas kelapa sawit (Tabel 2), fase-fase perkembangan bunga yang sensitif dalam mempengaruhi produktivitas kelapa sawit adalah (1) insisiasi pembentukan perhiasan bunga (33 bulan sebelum matang fisiologis), (2) diferensiasi jenis kelamin bunga (20 bulan sebelum matang fisiologis), (3) pembentukan/kemunculan kuncup tandan bunga (8 bulan sebelum matang fisiologis), dan (4) pematangan tandan buah (2 bulan sebelum matang fisiologis).

Dari ke-4 fase perkembangan tandan bunga tersebut, fase diferensiasi jenis kelamin adalah fase yang paling menentukan produktivitas kelapa sawit dalam 20 bulan ke depan. Hal tersebut dapat terlihat dari analisis regresi dengan peubah prediktor terbaik yaitu laju kenaikan air kapiler tanah, tinggi muka air

tanah, curah hujan dan kadar air tanah, serta interaksi di antara peubah prediktor tersebut yang menghasilkan koefisien determinasi tertinggi ($R^2 = 92$) (Tabel 3). Keluaran model produktivitas dengan peubah prediktor laju kenaikan air kapiler, curah hujan, dan kadar air tanah dan interaksi di antara peubah tersebut pada jarak – 20 bulan sebelum tandan buah matang fisiologis menunjukkan penduga/prediktor yang paling akurat dalam prediksi produktivitas bulanan kelapa sawit (Gambar 4 dan 5).

Hormon sitokinin dan gibberellin adalah hormon tanaman yang paling utama menentukan pembentukan jenis kelamin bunga (Khryanin, 2002). Lebih lanjut Khryanin (2002), menyebutkan bahwa sitokinin menstimulasi pembentukan bunga betina. Hormon sitokinin diinduksi oleh kondisi lingkungan tanah yang lembab dan hara-hara tanah N dan K cukup tersedia. Sebaliknya pada kondisi tanah yang relatif kering akan terinduksi hormon gibberellin yang

menstimulasi pembentukan bunga jantan. Sedangkan kejadian kekeringan menyebabkan tandan bunga menjadi gugur, yang kejadiannya sangat rentan pada fase awal pembentukan bunga (33 bulan sebelum

matang fisiologis) dan pada fase kemunculan tandan bunga (8 bulan sebelum matang fisiologis) (Keong dan Keng, 2012); Adam *et al.*, 2011).

Tabel 3. Persamaan regresi berganda untuk memprediksi produktivitas kelapa sawit dengan peubah prediktor terbaik berdasar *stepwise regression*

Table 3. Multiple regression equation to predict the oil palm productivity with the best predictor variable based on *stepwise regression*

No. Persamaan	Time lag (bulan)	Persamaan Regresi Berganda	df	R ² *)
1.	- 2	Prod = 1.386 + 39,18 CR	13	0,74 ⁺⁺
2.	- 8	Prod = 1.120,9 – 49,79 CR – 5,14 WT + 3,40 CH	11	0,71 ⁺⁺
3.	- 20	Prod = -9.054,7 + 45,36 CR + 54,11 CH + 19.607 KA - 0,42 CR*CH - 87,53 CH*KA	9	0,92 ⁺⁺
5.	- 33	Prod = 7.978,2 – 105,48 CR – 13,85 WT + 9,19 CH – 13.929 KA – 0,433 CR*CH	9	0,85 ⁺⁺

*) ns : tidak beda nyata pada uji F (non significant at F-test); ++ : berbeda nyata pada jenjang uji F 1 % (significant at 1 % level of F-test)

Keterangan (Explanation):

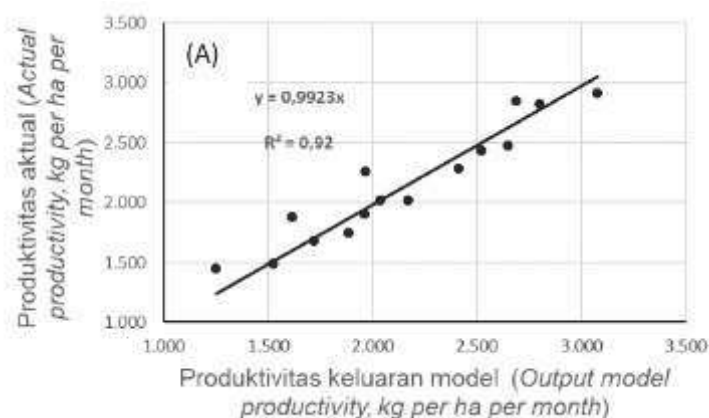
Prod : Produktivitas (Productivity, kg per ha per month)

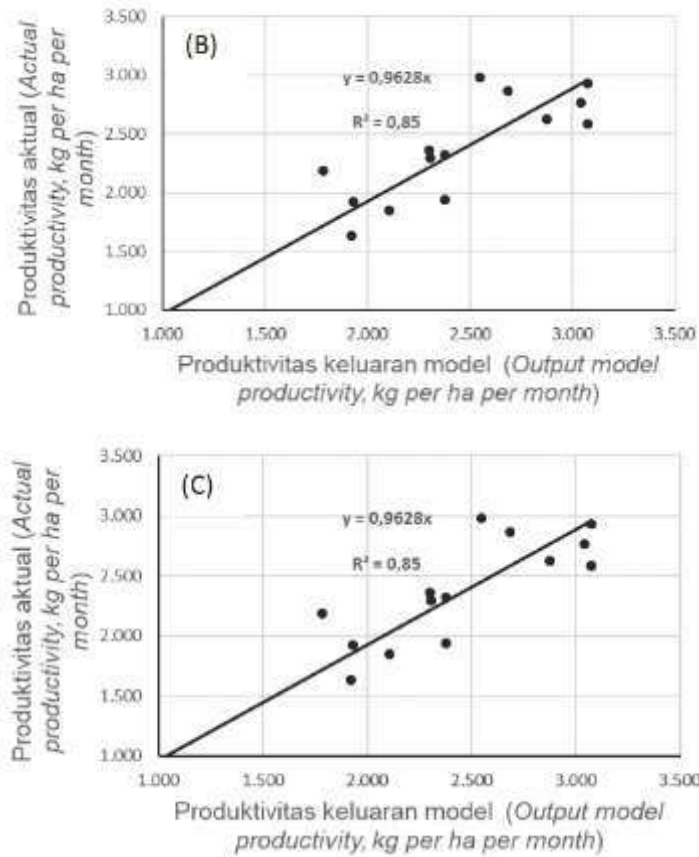
CR : Laju air kapiler tanah (Soil water capillar rise rate, cm per day)

WT : Tinggi muka air tanah (Water table, cm)

CH : Curah hujan (Rainfall, mm per month)

KA : Kadar air tanah (Soil moisture content, cm³ per cm³)





Gambar 4. Perbandingan keluaran persamaan regresi berganda dengan peubah prediktor terbaiknya terhadap produktivitas aktualnya untuk jarak waktu (time lag) - 8 bulan (A), - 20 bulan (B), dan - 33 bulan (C)

Figure 4. The output comparisons of multiple regression equations with the best predictors variables for their actual productivity for time lag of - 8 month (A), - 20 month (B), and - 33 month (C)



Gambar 5. Keragaan keluaran persamaan regresi berganda dengan peubah prediktor terbaik laju air kapiler tanah (CR), curah hujan (CH), kadar air tanah (KA), interaksi curah hujan dan laju air kapiler tanah (CH*CR), serta interaksi curah hujan dan kadar air tanah (CH*KA) untuk jarak waktu - 20 bulan

Figure 5. Output performance of multiple regression equations with the best predictor variables soil water capillar rise rate (CR), rainfall (CH), soil water content (KA), interaction of rainfall and soil water capillar rise rate (CH*CR), as well as interaction of rainfall and soil water content (CH*KA) for time lag - 20 month

Sedangkan fase pematangan tandan buah (2 bulan sebelum matang fisiologis), diduga rentan terhadap kelembaban tanah. Pematangan tandan buah memerlukan lingkungan tandan yang relatif kering, sehingga kadar air tanah di permukaan yang rendah dengan ditandai laju kenaikan kapiler yang tinggi justru dapat meningkatkan produktivitas kelapa sawit.

KESIMPULAN

Dinamika air menentukan fluktuasi produktivitas kelapa sawit bulanan, melalui pengaruhnya terhadap fase-fase perkembangan pembungaan kelapa sawit beberapa waktu sebelum tandan buah matang fisiologis. Fase-fase kritis yang dipengaruhi oleh dinamika air adalah awal pembentukan perhiasan bunga, diferensiasi jenis kelamin, pemunculan kuncup bunga, dan pematangan buah. Fase diferensiasi jenis kelamin bunga yang terjadi pada 20 bulan sebelum tandan buah matang fisiologis adalah fase yang paling kritis dipengaruhi dinamika air dalam menentukan produktivitas bulanan kelapa sawit dibanding fase-fase perkembangan bunga yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, H., M.Collin, F. Richaud, T. Beule, D. Cros, A. Omore, L. Nodichao, B. Nouy, and J.W. Tregear. 2011. Environmental regulation of sex determination in oil palm: current knowledge and insight from other species. *Annals of Botany* 108 : 1529-1573
- Ajambang W., S.W. Ardie, H. Volkaert, M. Galdima, and S. Sudarsono. 2015. Huge carbohydrate assimilates delay response to complete defoliation stress in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Emir. J. Food Agric.* 27(1): 126-137
- Breure C.J. and T. Menendez.1990. The Determination of Bunch Yield Components in the development of Inflorescences in Oil Palm (*Elaeis guineensis*). *Experimental Agriculture* 26(01):99-115
- Caliman, J.P. and A. Southworth. 1998. Effect of drought and haze on the performance of oil palm. In : International Oil Palm Conferences : Commodity of the Past, Today, and the Future, Indonesia. IOPRI, 1998: 30 p
- Carr, M.K.V. 2011. The water relations and irrigation requirements of oil palm (*Elaeis guineensis*): A Review. *Exp. Agric* 47(4): 629-652
- Combres, J.C., B. Pallas, L. Roun, I. Mialet-Serra, J.P. Caliman, S. Braconnier, J.C. Soulie, and M. Dingkuhn. 2012. Simulation of inflorescence dynamics in oil palm and estimation of environment-sensitive phenological phases: a model base analysis. *Functional Plant Biology* 40(3): 265-279
- Corley, R.H.V. and P.B.H. Tinker.2016. The Oil Palm. Fifth Edition. Wiley Blackwell. 627 p.
- Dingman, S.L. 2015. Capillary Rise in Physical Hidrology 3rd Ed. Waveland Press, Inc. Long Grave, Illinois. 643 p.
- Harahap, I.Y., Sumaryanto, T.C. Hidayat, W.R. Fauzi, dan Y. Pangaribuan. 2017. Produksi Jenis Kelamin Tandan Bunga Kelapa Sawit dan Responsnya terhadap Perlakuan Exogenous Hormone Tanaman pada Lahan yang Mengalami Kekeringan. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit.* 25(1): 31-46.
- Henson, I.E. and L.H. Jones. 2005. Modelling Flowering and Seasonal Yield Cycles of Oil Palm. Simulation Models for Teaching and Research. Technical Manual. MPOB, Bangi. 97 p
- Jazayeri, S.M., Y.D. Rivera, J.E. Camperos-Reyes, and H.M. Romero. 2015. Physiological effects of water deficit on two oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Agronomia Colombiana* 33(2): 164-173
- Keong, Y.K. and W.M. Keng. 2012. Statistical modeling of weather-based yield forecasting for yaoung mature oil palm. *APCBEE Procedia* 4:58-65
- Khryanin, V.N. 2002. Role of phytohormones in sex differentiation in plants. *Russian Journal of Plant Physiology* 49 (4):545-551
- Liu, Q., N. Yasufuku, J. Miao, and J. Ren. 2014. An approach for quick estimation of maximum height of capillary rise. *Soil and Foundations.* 54(6):1241-1245
- Lubis, M. Edwin Syahputra. 2016. Water Dynamics and Ground Water Quality Assessment in an Oil

Palm Ecosystem. Ph.D Thesis. University Putra
Malaysia, 123 p.
Woittiez, L.S., M.T. van Wijk, M. Slingerland, M. Van

Noordwijk, and K.E. Giller. 2017. Yield gaps in
oil palm : A quantitative review of contributing
factors. *European Journal of Agronomy* 83: 57-
77