

Benarkah curah hujan mempengaruhi fase pematangan tandan kelapa sawit dan meningkatkan jumlah brondolan yang jatuh?

Does rainfall affect the oil palm bunch ripening and increase the number of loose fruits?

Iput Pradiko*, Suroso Rahutomo, Nuzul Hijri Darlan, Eko Noviandi Ginting, Muhdan Syarovy, dan Fandi Hidayat

Abstrak Waktu panen tandan kelapa sawit umumnya ditentukan berdasarkan warna tandan dan jumlah brondolan yang jatuh di piringan. Pembrondolan buah secara ilmiah disebut sebagai proses absisi yang dipengaruhi kondisi endogenous tanaman dan faktor lingkungan. Pendapat umum di lapangan menyatakan bahwa tandan matang lebih cepat dan brondolan lebih banyak ketika curah hujan tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk menguji pendapat tersebut berdasarkan uji korelasi Pearson antara curah hujan harian pada lag-0 hingga lag-20 hari dengan jumlah brondolan yang jatuh per hari. Penelitian dilakukan pada tanaman umur lima tahun di Kebun Percobaan Sei Aek Pancur, Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) pada lima rotasi panen (interval panen 10 hari). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai dan sifat korelasi antara curah hujan dengan jumlah brondolan sangat bervariasi. Namun demikian, terdapat kecenderungan bahwa curah hujan optimal yang terjadi pada awal (lag-17 s.d. 20), pertengahan (lag-9 s.d. 12), dan akhir fase pematangan buah (1-3 hari menjelang tandan siap panen) dapat mempercepat pematangan tandan dan meningkatkan jumlah buah yang membrondol. Oleh karena itu, praktisi perkebunan sebaiknya mempersiapkan sarana dan prasarana panen yang memadai khususnya pada musim hujan ketika cadangan buah cukup tinggi dan peluang banyak tandan matang secara bersamaan lebih tinggi.

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

Iput Pradiko* (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigen Katamso No. 51 Medan 20158 Indonesia

Email: iputpradiko@gmail.com

Kata kunci: absisi, brondolan, curah hujan, kelapa sawit

Abstract The harvest time of oil palm bunches is generally determined based on the bunch color and the number of loose fruits on the weeding circle. The abscission process initiates fruit separation from the bunch. Endogenous plant conditions and environmental factors influence the abscission. The general opinion in the field is that bunches ripen more quickly and fruits fall out more during high rainfall periods. This study aimed to prove the opinion based on the Pearson correlation test between daily rainfall at lag-0 to lag-20 days and the number of loose fruit that fell per day. The study was conducted on five-year-old oil palm at the Sei Aek Pancur Research Station, Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI), during five harvest periods (10-day harvest interval). The results showed that the value and pattern of the correlation coefficient between rainfall and the amount of loose fruit vary greatly. However, there is a tendency for optimal precipitation (no more than 40 mm/day) that occurs at the beginning (lag-17 to 20), mid (lag-9 to 12), or the end of the fruit ripening phase (1-3 days before the bunches are ready to harvest) can accelerate the ripening of bunches and increase the number of loose fruit. Therefore, the planters should applied good harvesting management, especially during the rainy season when bunch numbers and the chance of many bunches simultaneously ripening is higher.

Keywords: abscission, loose fruit, oil palm, rainfall



PENDAHULUAN

Tandan buah kelapa sawit umumnya matang secara fisiologis 5-6 bulan setelah bunga betina *anthesis* (Henson 2012). Durasi pematangan buah kelapa sawit dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain varietas, kondisi tanah dan iklim, serta teknik budidaya yang diterapkan (Pradiko *et al.*, 2019). Selanjutnya, proses pematangan dan pengisian minyak pada brondolan kelapa sawit dipengaruhi oleh aplikasi pupuk dan kondisi iklim, khususnya pada 0-3 bulan menjelang panen (Pradiko *et al.*, 2018). Dalam praktik di lapangan, pekebun dapat menentukan waktu pemanenan tandan melalui warna dan jumlah brondolan yang jatuh di piringan pohon (Corley & Tinker 2003; Makky & Cherie 2021; Sabri *et al.*, 2018).

Dalam praktik perkebunan kelapa sawit, terdapat standar kematangan tandan buah segar kelapa sawit yang berbeda-beda. Menurut Hasibuan (2020), tandan kelapa sawit matang ditandai dengan adanya 1-3 brondolan jatuh alami di piringan pohon. Sementara itu, menurut Corley & Tinker (2016) kematangan tandan ditandai dengan adanya 3-5 brondolan di piringan pohon. Pengamatan yang kurang baik terhadap brondolan di piringan pohon dapat menyebabkan kurang tepatnya penetapan waktu panen. Pemanenan tandan mentah (*underripe*) maupun lewat matang (*overripe*) akan menurunkan kualitas minyak (Sabri *et al.*, 2018). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pabrik kelapa sawit (PKS) minimal memerlukan 90% tandan matang untuk menjaga rendemen minyak yang diperoleh pabrik tetap tinggi (Hazir *et al.*, 2012).

Pembrondolan buah pada tandan buah segar (TBS) secara ilmiah disebut sebagai proses absisi (*abscission*). Proses ini terjadi di dalam sel yang terkontrol sangat ketat dan terjadi pada fase perkembangan tertentu dari suatu tanaman untuk menggugurkan organ tanaman yang tidak lagi dibutuhkan (Olsson & Butenko 2018). Proses pengguguran organ tanaman tersebut tidak terjadi pada sembarang tempat, melainkan pada zona khusus yang dikenal dengan *abscission zone* atau AZ (Olsson & Butenko 2018; Osborne *et al.*, 1992). Proses absisi dapat terjadi akibat pengaruh kondisi cekaman biotik, abiotik, serta faktor endogenous tanaman misalnya sintesis hormon (Olsson & Butenko 2018; Sawicki *et al.*, 2015). Brondolan atau

buah kelapa sawit (*fruits*) merupakan jenis buah klimaterik. Buah klimaterik ditandai dengan adanya kenaikan respirasi, suhu buah dan peningkatan etilen yang signifikan pada saat pematangan buah dan setelah dipanen (Makky & Cherie 2021).

Dalam kaitannya dengan kondisi lingkungan abiotik, banyak praktisi perkebunan kelapa sawit umumnya berpendapat bahwa cepat atau lambatya kematangan TBS dipengaruhi oleh curah hujan. Brondolan yang jatuh, sebagai tanda kematangan tandan, dilaporkan lebih banyak terjadi pada saat curah hujan tinggi dibandingkan saat curah hujan rendah. Namun demikian, belum terdapat penjelasan ilmiah yang mendasari kondisi tersebut. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian untuk mengkaji pengaruh curah hujan terhadap lajuembrondolan buah atau pematangan tandan buah kelapa sawit.

METODOLOGI PENELITIAN

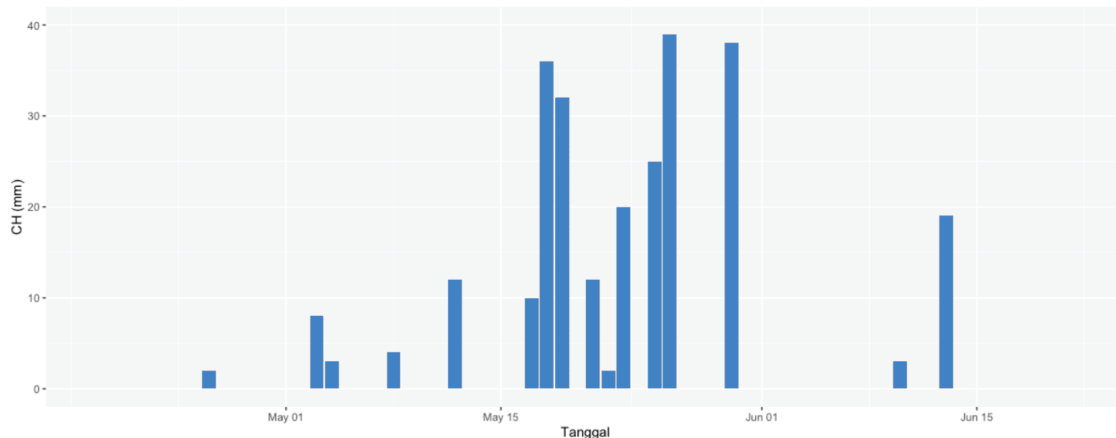
Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Sei Aek Pancur milik Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) yang terletak di Desa Sei Aek Pancur, Tanjung Morawa, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara. Penelitian dilakukan Mei-Juni 2017. Tanaman kelapa sawit yang digunakan adalah tanaman tahun tanam (TT) 2012. Sementara itu, pengolahan dan analisis data untuk penelitian ini dilakukan pada November 2021-Februari 2022. Sebagai informasi, penelitian ini merupakan bagian dari penelitian mengenai pengaruh pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT) berbahan dasar zat anti-etilen untuk meminimalkan lajuembrondolan TBS (lihat publikasi terkait dalam Pradiko *et al.*, 2018).

Kebun Percobaan Sei Aek Pancur memiliki pola curah hujan ekuatorial, dengan rerata curah hujan tahunan 2009-2021 sebesar 2298 mm/tahun. Curah hujan rendah (<60 mm/bulan) umumnya terjadi pada triwulan pertama. Curah hujan di lokasi penelitian dihitung menggunakan ombrometer. Data curah hujan harian di lokasi kajian selama penelitian ditampilkan pada Gambar 1. Sementara itu, rerata suhu udara adalah 26,84°C, rerata suhu udara maksimum dan minimum berturut-turut adalah 32,02 dan 23,90°C. Rerata kelembaban udara di lokasi kajian adalah 86,84%, sedangkan rerata lama penyinaran matahari adalah 5 jam/hari. Unsur iklim lain selain

curah hujan diukur dengan menggunakan *Automatic Weather Station (AWS)*.

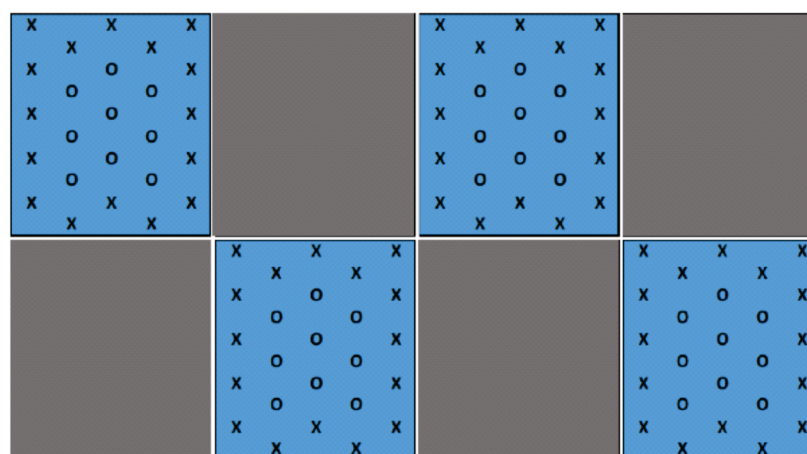
Penelitian menggunakan 4 plot percobaan, setiap plot terdiri atas 9 pohon sampel dan 16 pohon border, sehingga total pohon sampel yang diamati berjumlah 36 pohon (Gambar 2). Pohon sampel memiliki kondisi

morfologis yang homogen. Setiap tandan dari masing-masing pohon yang sudah berwarna hitam kemerahan ditandai dan jumlah brondolan yang jatuh sebelum tiba waktu panen dari masing-masing tandan diamati setiap hari mulai pukul 07.00 WIB. Penelitian dilakukan selama lima kali putaran panen, dengan interval panen 10 hari sekali.



Gambar 1. Curah hujan harian Kebun Percobaan Sei Aek Pancur. Menurut Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (2022), curah hujan harian 0,5-20 mm/hari termasuk hujan ringan, 20-50 mm/hari termasuk hujan sedang, 50-100 mm/hari termasuk hujan lebat, 100-150 mm/hari termasuk hujan sangat lebat, >150 mm/hari termasuk hujan ekstrim.

Figure 1. Daily rainfall at Sei Aek Pancur Research Station. Meteorological, Climatological, and Geophysical Agency (2022) stated that daily rainfall was classified into five categories. They were light rain (0.5-20 mm/day), moderate rain (20-50 mm/day), heavy rain (50-100 mm/day), very heavy rain (100-150 mm/day), and extreme rain (>150 mm/day).



Gambar 2. Desain plot percobaan, tanda (X) mewakili pohon border sedangkan tanda (O) mewakili pohon sampel.

Figure 2. Experimental plot design, the sign (X) represents the border palms while the symbol (O) represents the sample palms.

Selama kegiatan penelitian, terdapat total 53 tandan yang matang dan terpanen. Sebanyak 7 tandan terpanen pada rotasi panen I, 12 tandan pada rotasi II, 15 tandan pada rotasi III, 5 tandan pada rotasi IV, dan 14 tandan pada rotasi panen terakhir. Data jumlah brondolan dan curah hujan harian selanjutnya direkap dan disajikan secara deskriptif. Selain itu, dilakukan juga analisis *clustering* dengan K-Means. K-Means merupakan salah satu metode yang bersifat *unsupervised learning*. Metode berbasis *unsupervised learning* dapat mengelompokkan data-data sendiri tanpa harus mengetahui terlebih dahulu target atau label kelompok yang akan dibuat. Metode K-Means akan mengelompokkan data sebanyak “k” kelompok/*cluster* dimana setiap *cluster* terdapat titik pusat (*centroid*) yang menggambarkan kelompok-kelompok data tersebut. Secara umum, proses pengelompokkan data dengan K-Means dihitung berdasarkan jarak terdekat suatu data ke sebuah titik *centroid*. Pengolahan dan analisis *clustering* dengan K-Means dilakukan dengan R-software. Dari hasil analisis dengan K-Means ini diharapkan dapat diperoleh karakteristik laju pembrondolan di lokasi kajian.

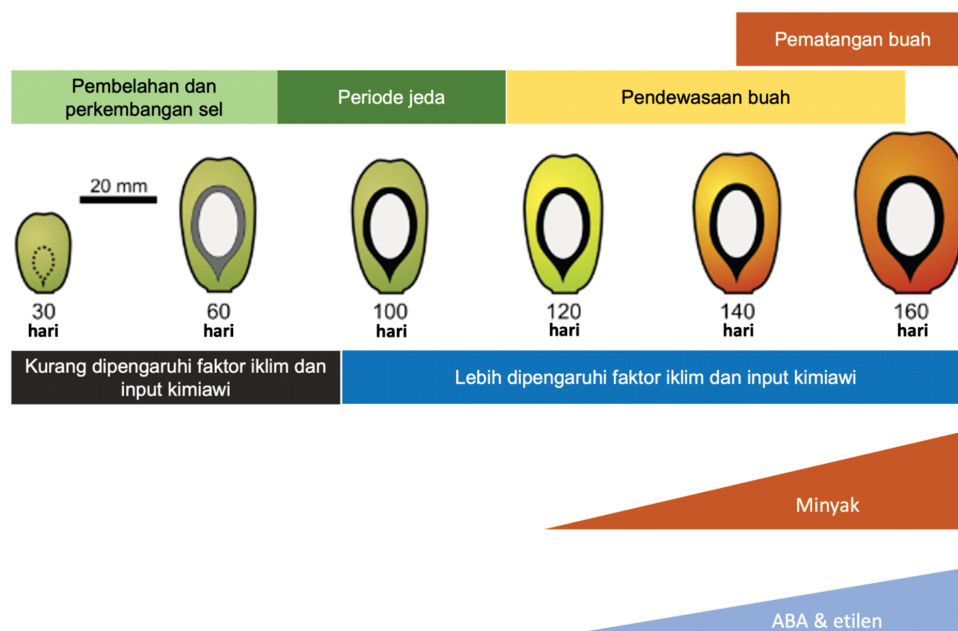
Selanjutnya data jumlah brondolan per hari dari masing-masing tandan matang yang telah terkumpul dikorelasikan dengan data curah hujan harian.

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh curah hujan terhadap pematangan buah atau laju pembrondolan tandan. Analisis korelasi dilakukan dengan Metode Pearson. Nilai $r > 0$ menunjukkan korelasi positif yang berarti semakin tinggi curah hujan maka semakin tinggi juga jumlah brondolan yang jatuh, sementara nilai $r < 0$ menunjukkan korelasi negatif yang berarti semakin tinggi curah hujan maka semakin sedikit jumlah brondolan yang jatuh. Persamaan korelasi Pearson yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Keterangan : y_i = jumlah brondolan yang jatuh pada hari ke- i ; x_i = curah hujan pada hari ke- i ; n = jumlah data.

Analisis korelasi dilakukan dari lag-0 sampai dengan lag-20 hari, artinya jumlah brondolan yang jatuh pada hari ke- n dikorelasikan dengan curah hujan pada hari yang sama (lag-0) dan juga dengan curah hujan ke- $(n-20)$ atau 20 hari sebelumnya. Penentuan *time lag* didasarkan pada fakta bahwa proses pematangan buah terjadi selama setidaknya 20 hari (Gambar 3).



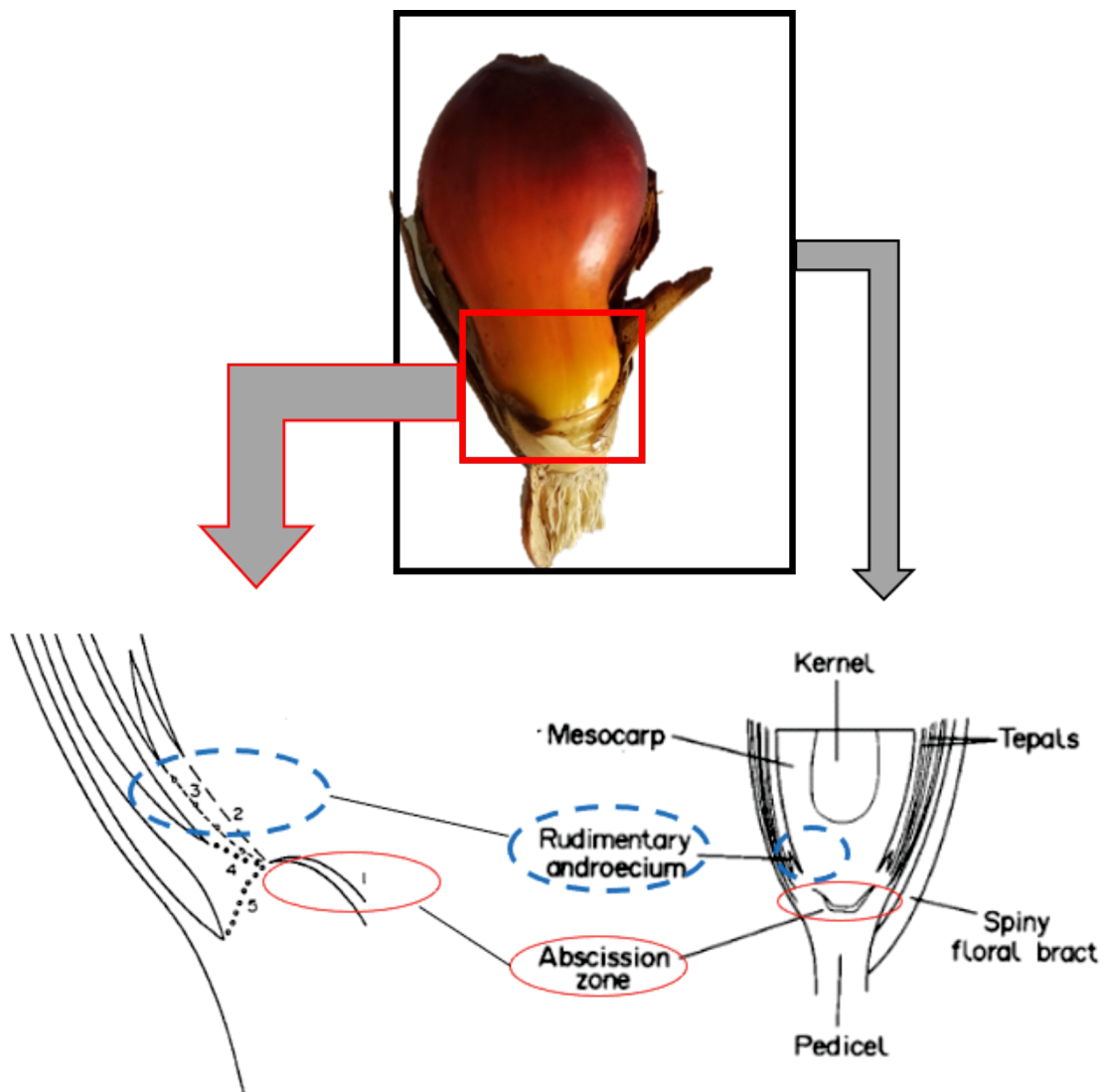
Gambar 3. Skema perkembangan buah kelapa sawit (dimodifikasi dari Tranbarga *et al.* 2011)
Figure 3. Oil palm fruit development (modified from Tranbarga *et al.* 2011)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Absisi pada Tandan Buah Segar / TBS

Sebelum disampaikan pembahasan lebih lanjut, perlu dipahami bahwa AZ / zona absisi buah kelapa sawit terletak antara buah dengan *pendicel* / tangkai buah (Gambar 4). Anatomi absisi atau pembrondolan buah (*fruits*) kelapa sawit berbeda

dengan tanaman lain. Pada tanaman lain, absisi terjadi dalam sekali proses. Sementara itu, buah kelapa sawit mengalami dua tahapan absisi yang terjadi dengan selang waktu 1-2 hari. Tahapan absisi yang pertama dimulai dengan proses absisi pada lokasi nomor 1, kemudian dilanjutkan dengan absisi pada lokasi nomor 2 dan 3 (Osborne *et al.* 1992).



Gambar 4. Bagian-bagian buah kelapa sawit dan letak zona absisinya / AZ (foto brondolan oleh Iput Pradiko; sketsa brondolan dan zona absisi dimodifikasi dari Osborne *et al.* 1992).

Figure 4. The parts of the oil palm fruit and the location of the abscission zone / AZ (loose fruit photo by Iput Pradiko; sketch of loose fruit and abscission zone modified from Osborne *et al.* 1992)

Lebih lanjut, absisi pada lokasi nomor 4 dan 5 dapat terjadi pada saat duri / *spiny floral bract* buah kelapa sawit dilepaskan secara paksa sebelum buah matang. Proses absisi secara paksa dapat terjadi akibat faktor lingkungan biotik maupun abiotik yang kurang mendukung. Namun demikian, kejadian absisi pada kedua lokasi tersebut tetap didahului dengan absisi pada lokasi nomor 1. Pada TBS kelapa sawit, brondolan tidak akan jatuh sebelum dua proses absisi terjadi, yaitu absisi primer dan pendamping (Osborne *et al.* 1992). Zona / lokasi nomor 1 disebut sebagai zona absisi primer / *primary AZ*, sedangkan lokasi nomor 2-5 disebut sebagai zona absisi pendamping / *adjacent AZ* (Osborne *et al.* 1992; Roongsattham *et al.* 2016). Tahap absisi pertama terjadi jika buah telah matang (Olsson & Butenko 2018; Osborne *et al.*, 1992). Perlu diketahui bahwa pada tandan kelapa sawit umumnya tidak terjadi absisi / pembrondolan dini. Terdapat mekanisme lain yang dilakukan dalam merespon kondisi cekaman lingkungan misalnya mengurangi *sex ratio* dan mengaborsi bunga (Pallas *et al.*, 2013).

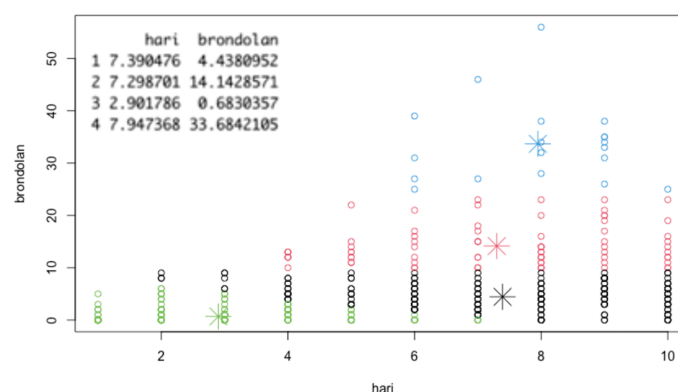
Faktor internal yang mengatur laju pembrondolan TBS adalah interaksi hormonal dan *signaling* / persinyalan di dalam buah kelapa sawit. Hormon yang teridentifikasi berperan dalam proses ini antara lain adalah etilen dan asam absisat (Nurniwalis *et al.*, 2018). Adapun proses *signaling* dalam proses absisi buah kelapa sawit belum banyak dijelaskan, tetapi diduga melibatkan produk turunan *pectin* sebagai salah satu molekul dalam rantai *signaling* (Roongsattham *et al.*, 2016).

Perlu diketahui bahwa proses pematangan dan pembrondolan buah sawit tidak diinisiasi oleh produksi etilen (Henderson J. and Osborne 1999). Akan tetapi, etilen dan asam absisat hanya akan meningkat drastis pada fase akhir pematangan buah sawit (Tranbarger *et al.*, 2011). Pembrondolan buah kelapa sawit hanya akan terjadi ketika buah sudah benar-benar matang. Namun demikian, beberapa kajian terkini menunjukkan bahwa absisi buah kelapa sawit juga merupakan proses yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (Tisné *et al.*, 2020).

Laju Pembrondolan Tandan

Secara umum, jumlah brondolan semakin meningkat hingga panen dilakukan. Hasil analisis menggunakan K-Means disajikan pada Gambar 5. Dapat dilihat bahwa laju pembrondolan pada tandan kelapa sawit dapat dibagi menjadi 4 cluster. Namun demikian jika dilihat data *trend* rerata dan akumulasi pembrondolan pada Tabel 1, maka waktu pembrondolan dapat dibagi menjadi 3 yaitu 1-3 hari, 4-6 hari, dan 7-10 hari.

Pada 1-3 hari setelah tandan matang akan terjadi pembrondolan dengan setidaknya 9 brondolan per hari. Selanjutnya pada 4-6 hari setelah tandan matang akan terjadi pembrondolan 4-7 brondolan/hari. Bahkan dari penelitian ini diketahui dapat terjadi pembrondolan hingga 39 brondolan/hari. Adapun pada 7-10 hari akan terjadi rerata pembrondolan hingga 11 brondolan/hari, dengan maksimal hingga 56 brondolan/hari.



Gambar 5. Hasil *clustering* jumlah brondolan kelapa sawit yang jatuh dari hari ke-1 hingga ke-10 selama lima rotasi panen.

Figure 5. Results of clustering analysis on the number of loose fruit from day 1 to day 10 during five harvest rotations

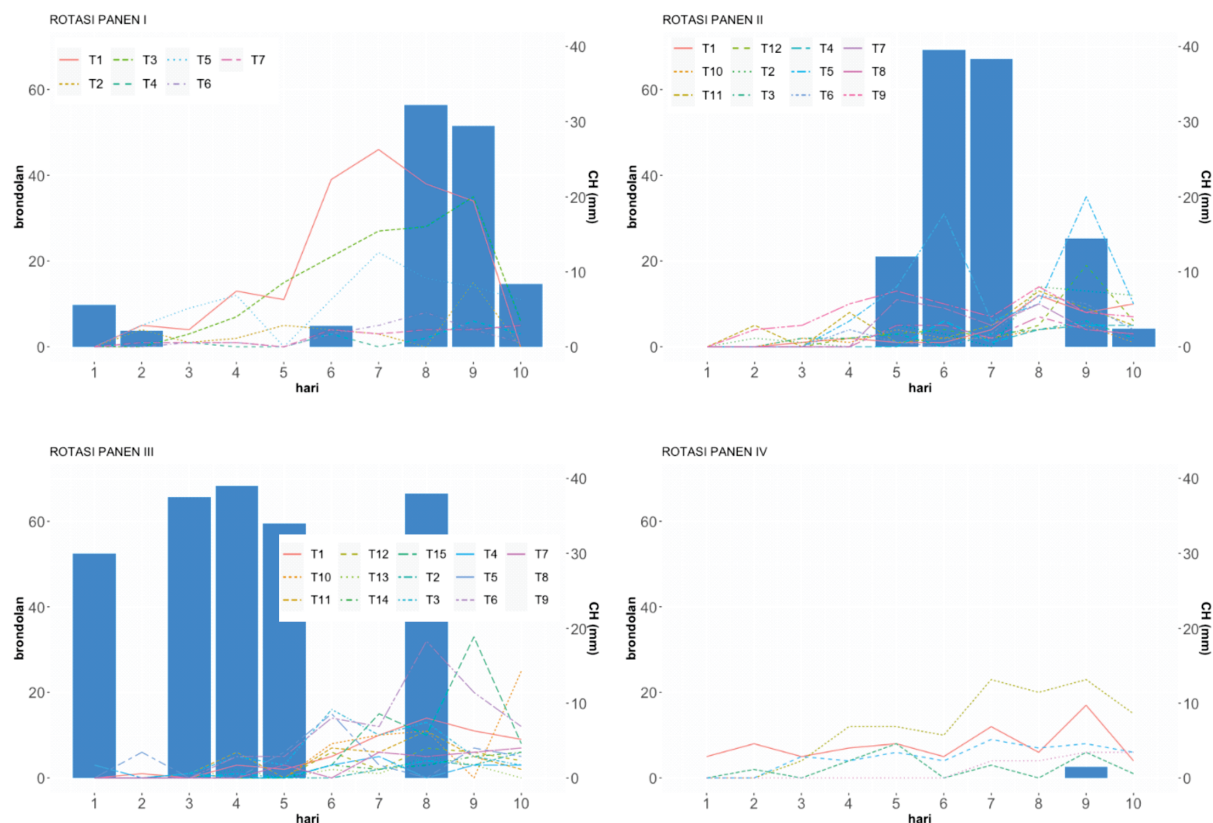
Tabel 1. Rerata dan akumulasi jumlah brondolan selama lima rotasi panen

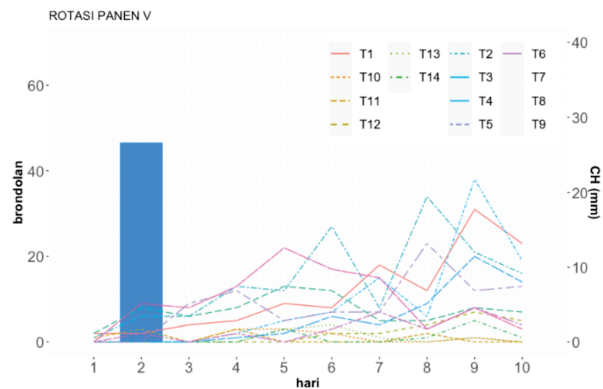
Table 1. The average and the accumulated number of loose fruit over five harvest rotations

hari	rerata	min	maks	rerata akumulasi
1	0	0	5	0
2	1	0	9	2
3	2	0	9	3
4	4	0	13	7
5	4	0	22	11
6	7	0	39	18
7	7	0	46	26
8	10	0	56	35
9	11	0	38	47
10	6	0	25	53

Jumlah brondolan yang jatuh setiap hari dari sampel tandan yang diamati selama penelitian dilakukan disajikan pada Gambar 6. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa pola keterkaitan antara curah hujan hari ke-n dengan jumlah brondolan yang jatuh pada hari ke-n (lag-0) tidak terlihat jelas. Hal ini dapat

dilihat khususnya pada saat rotasi panen III dan IV. Saat curah hujan harian cukup tinggi (rotasi III), jumlah brondolan yang jatuh sebelum panen tidak lantas tinggi. Begitu juga halnya dengan jumlah brondolan pada rotasi panen IV, tetap ada laju pembondolan meskipun hujan hanya terjadi di hari ke-9.



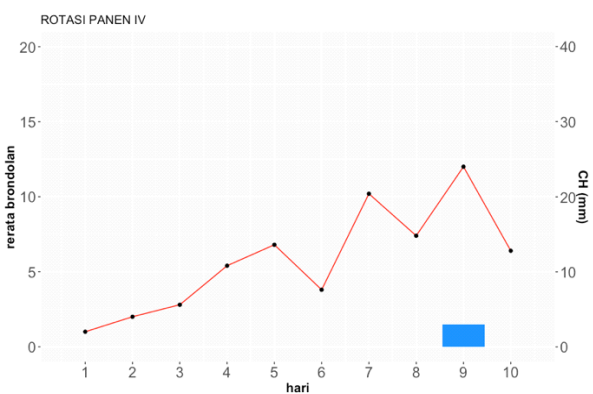
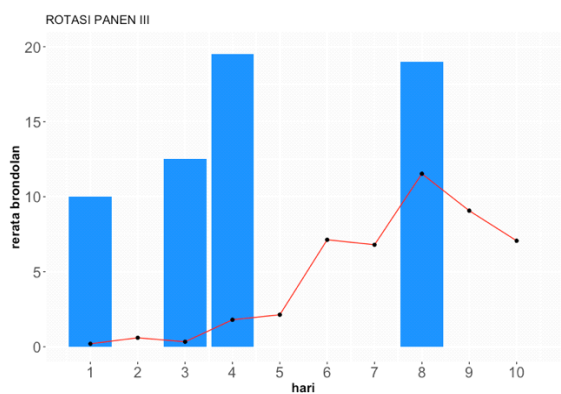
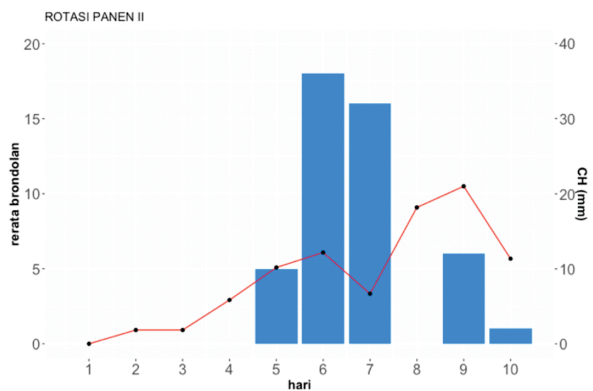
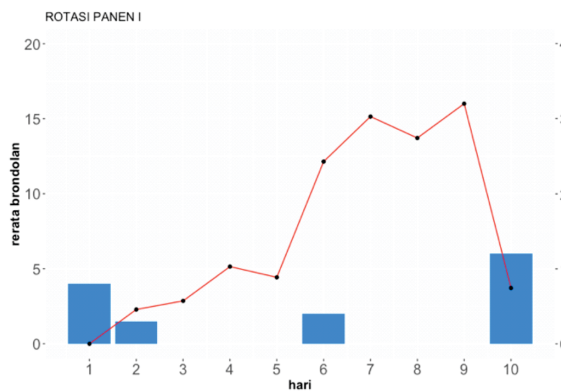


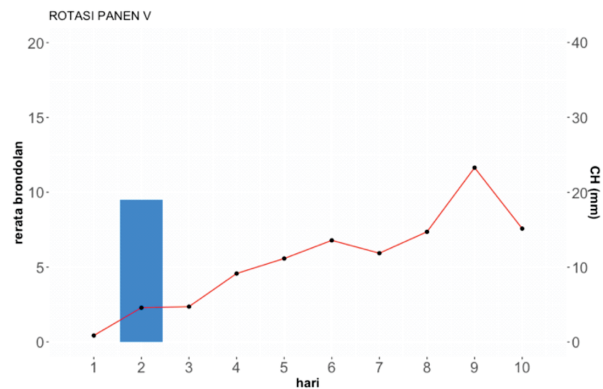
Gambar 6. Curah hujan harian dan jumlah brondolan jatuh pada lima rotasi panen pada lag-0 (garis = rerata jumlah brondolan per hari; diagram batang = curah hujan harian; T1-T14 = tandan ke-1 hingga tandan ke-14).

Figure 6. Daily rainfall and number of loose fruit over five harvest rotations at lag-0 (line = number of loose fruit per day; bar chart = daily rainfall; T1-T14 = 1st to 14th bunch).

Berdasarkan nilai rerata jumlah brondolan yang jatuh (Gambar 7) juga dapat dilihat bahwa tidak terlihat pola yang jelas antara curah hujan harian dengan laju pembondolan pada hari yang sama. Namun demikian, terdapat kecenderungan yaitu sehari

setelah hujan rerata jumlah brondolan akan meningkat. Buah kelapa sawit sebagai buah klimaterik masih mengalami respirasi dan peningkatan tajam (*burst*) sintesis etilen setelah panen (Nurniwalis *et al.*, 2018).





Gambar 7. Curah hujan harian dan rerata jumlah brondolan jatuh pada lima rotasi panen (garis = rerata jumlah brondolan per hari; diagram batang = curah hujan harian).

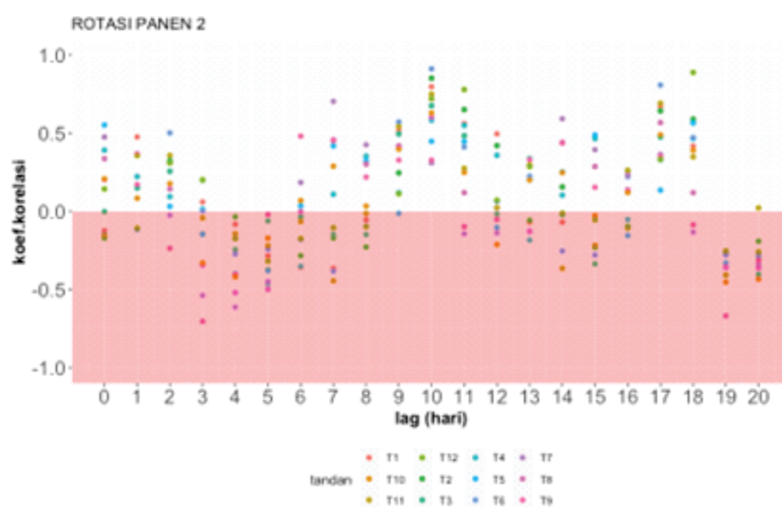
Figure 7. Daily rainfall and the average number of loose fruit over five harvest rotations (line = number of loose fruit per day; bar chart = daily rainfall).

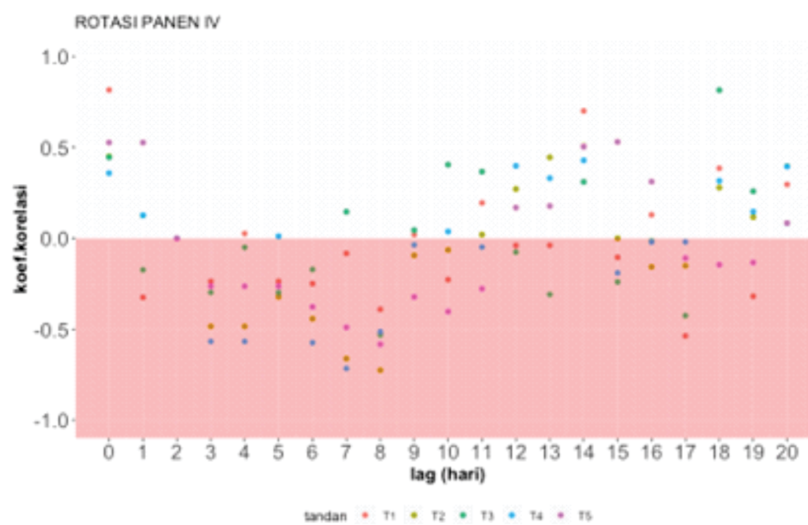
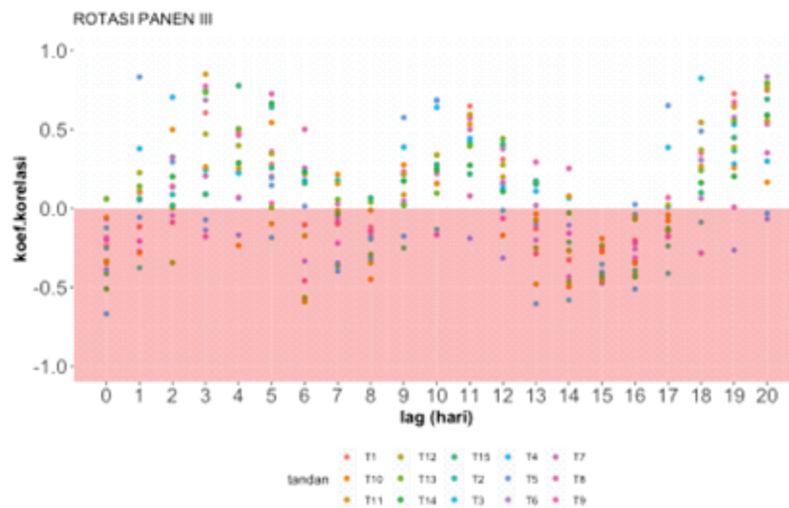
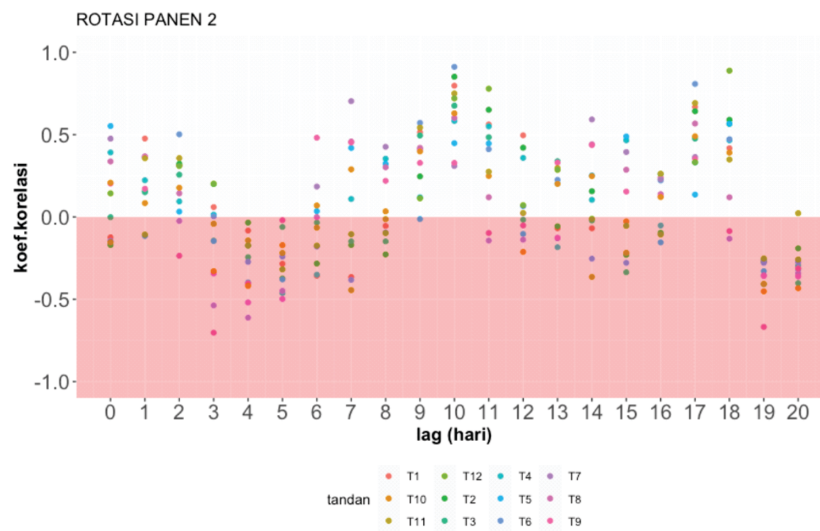
Beberapa penelitian terkait pengaruh faktor iklim terhadap pematangan buah jenis klimaterik / *climacteric* pada tanaman lain telah banyak dilakukan, namun kajian mengenai keterkaitan antara faktor iklim khususnya curah hujan dengan laju pematangan buah kelapa sawit masih sangat terbatas. Pada komoditi buah klimaterik lain seperti nanas ratu / *Queen pineapples*, curah hujan yang lebih tinggi dapat menyebabkan *chilling injury* / luka buah (Youryon & Supapvanich 2021). Pada tanaman alpukat, curah hujan yang turun saat masa panen meningkatkan potensi kebusukan buah (Pak *et al.*, 2003). Sementara itu, pada tanaman tomat, curah hujan yang berlebihan pada saat pembungaan dan pematangan buah dapat

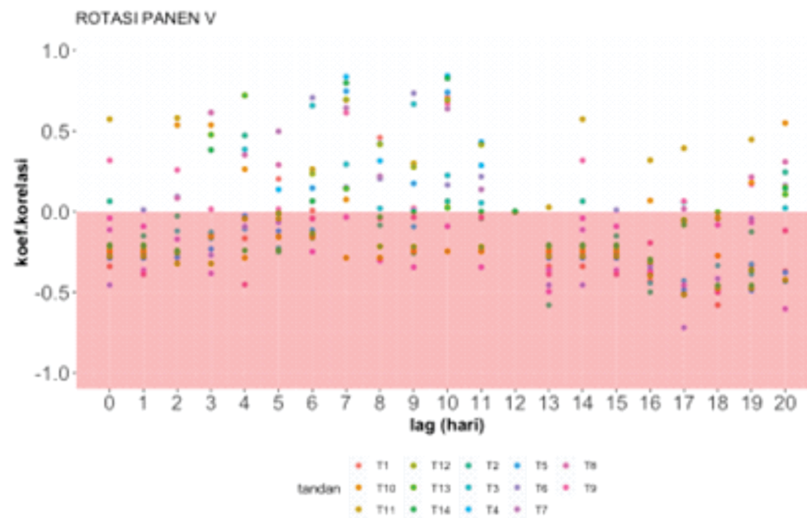
menyebabkan penurunan jumlah dan berat buah tomat (Jędruszczak *et al.*, 2016). Pada tanaman kelapa sawit, curah hujan diketahui menentukan jumlah tandan yang akan berkembang (Oettli *et al.*, 2018).

Pengaruh Curah Hujan terhadap Laju Pembondolan Tandan

Analisis korelasi antara curah hujan dengan jumlah brondolan yang jatuh disajikan pada Gambar 8. Nilai korelasi dari lag-0 s.d. lag-20 cukup fluktuatif, dengan tendensi lebih banyak korelasi positif pada lag-1 s.d. 3, 7, 9-12, dan 17-20 hari. Rekapitulasi sifat nilai korelasi dapat dilihat pada Gambar 9.

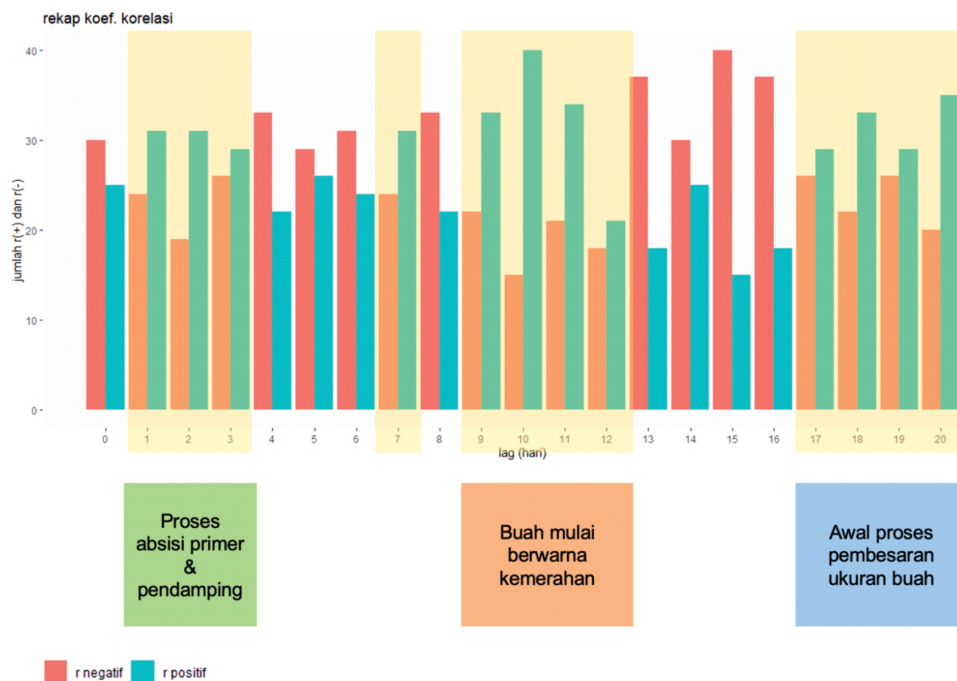






Gambar 8. Koefisien korelasi pada lag-0 hari hingga lag-20 hari antara curah hujan harian terhadap jumlah brondolan yang jatuh pada rotasi panen I (A), II (B), III (C), IV (D), dan V (E).

Figure 8. Correlation coefficient at lag-0 days to lag-20 days between daily rainfall and the number of loose fruits on harvest rotations I (A), II (B), III (C), IV (D), and V (E).



Gambar 9. Rekapitulasi koefisien korelasi antara curah hujan dengan jumlah brondolan yang jatuh. Koefisien korelasi pada lag yang diberi *highlight* menunjukkan lebih banyak korelasi positif dibandingkan korelasi negatif. Lihat penjelasan didalam teks untuk informasi lebih lanjut mengenai gambar ini.

Figure 9. Recapitulation of the correlation coefficient between rainfall and the amount of loose fruit over five harvest rotations. The highlighted lag's correlation coefficient shows more positive than negative correlations. See the explanation in the text for more information about this image.

Korelasi positif pada lag-17 s.d. 20 hari berkaitan dengan awal proses pembesaran ukuran buah (Tranbarger *et al.*, 2011). Curah hujan yang optimal (tidak lebih dari 40 mm/hari) pada fase ini dapat mengoptimalkan perkembangan ukuran buah kelapa sawit. Selanjutnya, curah hujan pada saat secara visual tandan berwarna hitam kemerahan / *reddish black* (lag-9 s.d. 12) juga berkorelasi positif dengan laju pembrondolan. Pada fase ini, buah mengalami perubahan kandungan klorofil. Kandungan klorofil semakin menurun, sedangkan kandungan metabolit lain seperti karoten dan tokols terus meningkat hingga panen. Semakin rendah kadar klorofil, warna buah akan semakin kemerahan (Sujadi *et al.*, 2017). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi korelasi positif antara curah hujan dan laju pembrondolan pada lag-7 perlu dikaji lebih dalam.

Curah hujan pada lag-1 s.d. 3 juga berkorelasi positif dengan jumlah brondolan yang jatuh. Hal ini menunjukkan adanya kecenderungan bahwa semakin tinggi curah hujan pada 1-3 hari sebelum brondolan jatuh, akan meningkatkan jumlah brondolan yang jatuh. Tetesan air hujan yang tidak terintersepsi oleh tajuk dapat secara fisik menambah berat buah yang sudah menyelesaikan fase absisi primer, sehingga semakin mudah lepas dari *rudimentary androecium*. Selain itu, tentunya air hujan yang mengenai buah dapat meresap ke dalam buah ataupun AZ untuk membantu proses absisi (Addicott, 1968). Lebih lanjut, adanya fluktuasi serta variasi nilai korelasi antara curah hujan dan jumlah brondolan pada lag-0 s.d. lag-20 juga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh faktor lain dalam pematangan dan pembrondolan buah.

Pengaruh Unsur Iklim Lain terhadap Laju Pembrondolan Tandan

Unsur lain, terutama unsur iklim yang sangat mempengaruhi pematangan tandan adalah suhu udara. Sebagian besar literatur yang ditemukan menunjukkan bahwa panjang pendeknya pematangan tandan sangat erat kaitannya dengan suhu udara lingkungan. Penelitian yang dilakukan oleh Pradiko *et al.* (2019) menunjukkan bahwa masing-masing varietas kelapa sawit memiliki durasi perkembangan dan pematangan tandan yang berbeda. Semakin tinggi suhu udara, semakin cepat tandan matang. Suhu udara lingkungan dapat mempengaruhi sintesis etilen. Suhu udara tinggi atau cekaman lingkungan

seperti kekeringan dapat menyebabkan terhambatnya fitohormon auksin, sehingga sintesis etilen semakin meningkat (Verma *et al.*, 2019). Suhu udara juga disebutkan merupakan faktor utama yang menentukan waktu absisi buah kelapa sawit. Peningkatan suhu minimum dapat menyebabkan penundaan waktu absisi buah kelapa sawit. Faktor iklim lain seperti kelembaban udara, radiasi matahari dan curah hujan kurang signifikan dalam menentukan waktu absisi buah (Tisné *et al.*, 2020).

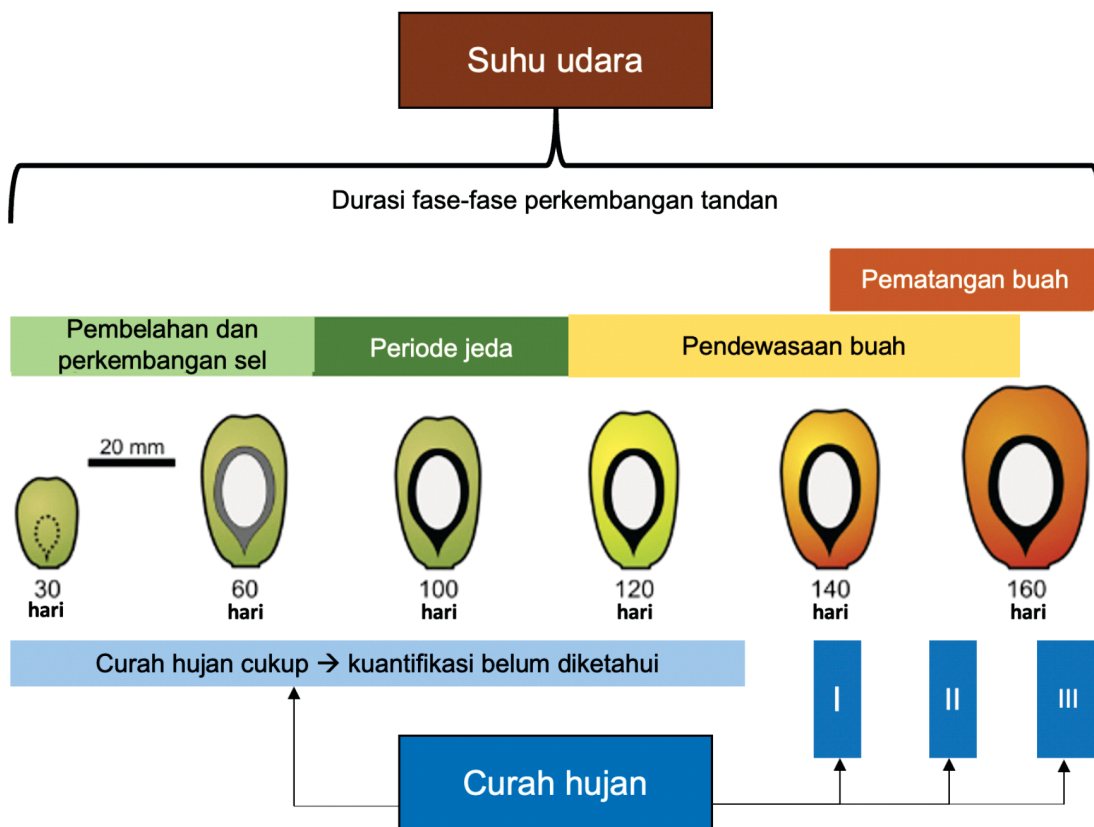
Berdasarkan hasil penelitian ini dan penelitian sebelumnya mengenai pengaruh suhu udara terhadap pematangan tandan kelapa sawit, maka dapat dibuat sebuah skema yang dapat menggambarkan secara sederhana faktor iklim yang mempengaruhi pematangan tandan (Gambar 10). Dua unsur iklim yang paling utama dalam mempengaruhi perkembangan dan pematangan buah adalah suhu udara dan curah hujan. Khusus untuk curah hujan, dari penelitian ini dapat diketahui bahwa curah hujan yang terjadi pada awal, pertengahan dan akhir pematangan buah cenderung berkorelasi positif terhadap pembrondolan. Korelasi positif pada beberapa periode selama fase pematangan buah menunjukkan indikasi bahwa curah hujan mempunyai peran untuk mempercepat ataupun memperlambat pematangan buah. Sementara itu, kuantifikasi peranan curah hujan pada awal perkembangan buah hingga sebelum pematangan masih perlu dikaji lebih lanjut.

Suhu udara memang memiliki peran utama dalam menentukan durasi fase-fase perkembangan tandan. Namun demikian, perlu dipahami bahwa tanpa adanya curah hujan yang cukup maka perkembangan tandan sangat mungkin terganggu dan mengalami *delay*. Penelitian yang dilakukan (Darlan *et al.*, 2016) menjelaskan bahwa kekurangan air akibat cekaman kekeringan dapat menyebabkan tandan yang terbentuk mengalami gagal tandan / rusak. Pada kasus tanaman kelapa sawit di dataran tinggi, suhu udara rerata yang lebih rendah dan curah hujan berlebihan khususnya yang terjadi pada siang hari juga dapat menyebabkan penundaan waktu pematangan buah (Darlan *et al.*, 2014).

Informasi mengenai pembrondolan buah kelapa sawit ini diharapkan dapat dijadikan sebagai dasar pemahaman oleh para praktisi untuk menentukan

waktu pemanenan yang tepat. Berdasarkan penjelasan sebelumnya, dapat diketahui bahwa laju pematangan buah terindikasi dapat terjadi lebih cepat khususnya pada bulan-bulan dengan curah hujan yang lebih tinggi. Pada bulan-bulan tersebut umumnya cadangan buah lebih banyak dibandingkan dengan musim kemarau. Apabila

terjadi curah hujan yang optimal pada fase pematangan buah, maka peluang lebih banyak tandan yang lebih cepat matang akan lebih besar. Penyesuaian rotasi panen serta sarana dan prasarana panen sangat diperlukan untuk meminimalkan losis produksi di lapangan (Henson, 2012).



Gambar 10. Skema sederhana yang menunjukkan peran suhu udara dan curah hujan dalam perkembangan tandan kelapa sawit. Suhu udara menentukan durasi fase perkembangan tandan. Curah hujan berkorelasi positif terhadap durasi pematangan buah pada beberapa periode selama pematangan buah: (I) awal proses pembesaran buah, (II) kandungan klorofil semakin menurun dan metabolit karoten meningkat, (III) proses absisi primer dan pendamping. Penentuan peranan suhu udara disarikan dari studi pustaka, sedangkan peranan curah hujan direkapitulasi dari penelitian ini. Curah hujan optimal yang dapat mempercepat pematangan buah belum diketahui, tetapi dari penelitian ini terindikasi tidak lebih dari 40 mm/hari.

Figure 10. A simple schematic shows the role of air temperature and rainfall in developing oil palm fruits. Air temperature determines the duration of the fruits and bunch development phase. Rainfall is positively correlated to fruit ripening duration at several stages. First (I) is the beginning of the fruit enlargement process. Second (II) is the chlorophyll content decreased, and the carotene metabolites increased. Then, the third (III) is the primary and companion abscission process. Determination of air temperature's role was extracted from the previous literature, while the role of rainfall was recapitulated from this study. The optimal rainfall that can accelerate fruit ripening is not yet known, but this study indicated that it was not more than 40 mm/day.

KESIMPULAN

Fluktuasi curah hujan selama fase pematangan buah (± 20 hari sebelum panen) dapat mempengaruhi pembrondolan buah kelapa sawit. Curah hujan yang cukup pada fase awal, pertengahan dan akhir fase pematangan buah dapat memastikan pematangan buah tidak tertunda dan bahkan lebih cepat pembrondolan. Pada saat musim hujan dimana cadangan buah biasanya cukup tinggi, peluang banyak tandan matang secara bersamaan menjadi meningkat. Oleh karena itu, praktisi perkebunan sebaiknya mempersiapkan sarana dan prasarana panen yang memadai khususnya ketika musim hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Addicott FT. 1968. Environmental Factors in the Physiology of Abscission. 43(9), 1471–1479.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2022. Probabilistik Curah Hujan 20 mm (tiap 24 jam). [https://www.bmkg.go.id/cuaca/probabilistik-curah-hujan.bmkg#:~:text=0.5%20%E2%80%93%2020%20mm%2Fhari%20,\(merah\)%20%3A%20Hujan%20sangat%20lebat](https://www.bmkg.go.id/cuaca/probabilistik-curah-hujan.bmkg#:~:text=0.5%20%E2%80%93%2020%20mm%2Fhari%20,(merah)%20%3A%20Hujan%20sangat%20lebat).
- Corley RHV and Tinker PB. 2003. The Oil Palm. In *Paper - American Society of Agricultural Engineers* (4th Ed.). Blackwell Science Ltd.
- Corley RHV and Tinker PB. 2016. *The Oil Palm* (5th Ed.). Blackwell Science Ltd.
- Darlan NH, Pradiko I, Siregar HH. 2014. The first performance of oil palm in high altitude. *Proceedings International Oil Palm Conference IOPC – 2014: Green Palm Oil for Food Security and Renewable Energy*.
- Darlan NH, Pradiko I, Winarna, Siregar HH. 2016. Effect of El Niño 2015 on Oil Palm Performance in Central and Southern Sumatera. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 40(2), 113–120. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21082/jti.v40n2.2016.113-120>
- Hasibuan HA. 2020. Penentuan rendemen, mutu dan komposisi kimia minyak sawit dan minyak inti sawit tandan buah segar bervariasi kematangan sebagai dasar untuk penetapan standar kematangan panen. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 2020(3), 123–132.
- Hazir MHM, Shariff ARM, Amiruddin MD, Ramli AR, Iqbal SM. 2012. Oil palm bunch ripeness classification using fluorescence technique. *Journal of Food Engineering*, 113(4), 534–540. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.07.008>
- Henderson J and Osborne DJ. 1999. Ethylene as the Initiator of the Inter-Tissue Signalling and Gene Expression Cascades in Ripening and Abscission of Oil Palm Fruit. In C. and K. H. and B. A. B. and P. J. C. and G. D. Kanellis A. K. and Chang (Ed.), *Biology and Biotechnology of the Plant Hormone Ethylene II* (pp. 129–136). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4453-7_22
- Henson IE. 2012. Ripening, Harvesting, and Transport of Oil Palm Bunches. In *Palm Oil: Production, Processing, Characterization, and Uses* (pp. 137–162). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-9818936-9-3.50008-3>
- Jędruszczak E, Skowera B, Gawęda M, Libik A. 2016. The Effect of Temperature and Precipitation Conditions on the Growth and Development Dynamics of Five Cultivars of Processing Tomato. *Journal of Horticultural Research*, 24(1), 63–72. <https://doi.org/10.1515/johr-2016-0008>
- Makky M, and Cherie D. 2021. Pre-harvest oil palm FFB nondestructive evaluation technique using thermal-imaging device. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 757(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/757/1/012003>
- Nurniwalis AW, Zubaidah R, Siti NAA, Suhaimi N, Massawe F. 2018. Isolation and characterisation of an ethylene receptor (ers-type) from oil palm (*elaeis guineensis*)

- jacq.) mesocarp. *Journal of Oil Palm Research*, 30(2), 251–264. <https://doi.org/10.21894/jopr.2018.0013>
- Oettli P, Behera SK, Yamagata T. 2018. Climate Based Predictability of Oil Palm Tree Yield in Malaysia. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20298-0>
- Olsson V and Butenko MA. 2018. Quick guide: Abscission in plants. *Current Biology*, 329–341. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.454>
- Osborne DJ, Henderson J, Corley RHV. 1992. Controlling fruit-shedding in the oil palm. *Endeavour*, 16(4), 173–177. [https://doi.org/10.1016/0160-9327\(92\)90044-P](https://doi.org/10.1016/0160-9327(92)90044-P)
- Pak HA, Dixon J, Smith DB, Elmsly TA, Cutting JGM. 2003. Impact of rainfall prior to harvest on ripe fruit quality of “Hass” avocado in New Zealand. NZ Avocado Growers' Association Annual Research Report Vol. 3.
- Pallas B, Mialet-Serra I, Rouan L, Clément-Vidal A, Caliman JP, Dingkuhn M. 2013. Effect of source/sink ratios on yield components, growth dynamics and structural characteristics of oil palm (*Elaeis guineensis*) bunches. *Tree Physiology*, 33(4), 409–424. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpt015>
- Pradiko I, Rahutomo S, Ginting EN, Hidayat F, Syarovy M, Christopher M. 2018. Effects of plant growth regulator (PGR) with active ingredient of amino acid on reducing oil palm loose fruits, increasing bunch weight, and maximizing industrial oil extraction rate. *The 6th Quadrennial International Oil Palm Conference*, 318–332. <https://www.researchgate.net/publication/350954189>
- Pradiko I, Sujadi, Rahutomo S. 2019. Pengamatan fenologi pada delapan varietas kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) menggunakan konsep thermal unit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 27(1), 57–69.
- Roongsattham P, Morcillo F, Fooyontphanich K, Jantasuriyarat C, Tragoonrung S, Amblard P, Collin M, Mouille G, Verdeil JL, Tranbarger TJ. 2016. Cellular and pectin dynamics during abscission zone development and ripe fruit abscission of the monocot oil palm. *Frontiers in Plant Science*, 7(APR2016). <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00540>
- Sabri N, Ibrahim Z, Isa D. 2018. Evaluation of color models for palm oil fresh fruit bunch ripeness classification. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 11(2). <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v11.i2.pp549-557>
- Sawicki M, Aït BE, Clément C, Vaillant-Gaveau N, Jacquard C. 2015. Cross-talk between environmental stresses and plant metabolism during reproductive organ abscission. *In Journal of Experimental Botany* (Vol. 66, Issue 7, pp. 1707–1719). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru533>
- Sujadi, Hasibuan HA, Rivani M. 2017. Karakteristik minyak selama pematangan buah pada tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) varietas DxP Simalungun. *J. Pen. Kelapa Sawit*, 25(2), 59–70.
- Tisné S, Denis M, Domonhédó H, Pallas B, Cazemajor M, Tranbarger TJ, Morcillo F. 2020. Environmental and trophic determinism of fruit abscission and outlook with climate change in tropical regions. *Plant-Environment Interactions*, 1(1), 17–28. <https://doi.org/10.1002/pei3.10011>
- Tranbarger TJ, Dussert S, Joët T, Argout X, Summo M, Champion A, Cros D, Omere A, Nouy B, Morcillo F. 2011. Regulatory mechanisms underlying oil palm fruit mesocarp maturation, ripening, and functional specialization in lipid and carotenoid



- metabolism. *Plant Physiology*, 156(2), 564–584.
<https://doi.org/10.1104/pp.111.175141>
- Verma G, Srivastava D, Tiwari P, Chakrabarty D. 2019. ROS Modulation in Crop Plants Under Drought Stress ROS Generation: An Overview. In *Reactive Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Plants: Production, Metabolism, Signaling and Defense Mechanisms* (1st ed., Vol. 1, pp. 311–336). John Wiley & Sons Ltd. Published.
- Youryon P, Supapvanich S. 2021. Impact of rainfall rate and temperature during fruit development on chilling injury of Queen pineapples (*Ananas comosus* L.) during cold storage. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 62(5), 777–784.
<https://doi.org/10.1007/s13580-021-00354-x>