

V. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Data Primer

1. Tangkapan Kumbang

Tabel 3. Hasil Tangkapan Kumbang Tanduk Dengan Ferotrap pada Berbagai Dosis Aplikasi TKKS

Ferotrap	Perlakuan		
	0 ton	20 ton	40 ton
Minggu 0	0	0	0
Minggu 2	0	0	2
Minggu 4	0	5	7
Minggu 6	1	6	10
Minggu 8	3	5	10
Minggu 10	4	2	6
Minggu 12	2	5	9
Total	10	23	44
Mean	2,50a	5,75ab	11,00ab

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji t pada jenjang nyata 5%

Hasil pengamatan menunjukkan rata-rata tangkapan kumbang tertinggi terdapat pada perlakuan 40 ton/ha (11,00 ekor), sedangkan pada 20 ton/ha hanya 5,75 ekor, dan kontrol (0 ton/ha) sebesar 2,50 ekor. Analisis ragam memperlihatkan bahwa perlakuan 20 dan 40 ton tidak berbeda nyata, namun keduanya lebih tinggi dibandingkan kontrol. Analisis regresi menghasilkan nilai $R = 0,661$ dengan $R^2 = 0,437$, yang berarti 43,7% variasi tangkapan kumbang dapat dijelaskan oleh dosis TKKS, sementara sisanya dipengaruhi oleh faktor eksternal. Nilai koefisien regresi (B) sebesar 0,213 dengan signifikansi 0,019 menunjukkan bahwa setiap peningkatan dosis TKKS berpotensi meningkatkan jumlah kumbang yang tertangkap. Kondisi ini memperlihatkan bahwa aplikasi TKKS memang meningkatkan peluang interaksi dengan imago dewasa, baik yang berasal dari sekitar blok maupun dari luar area penelitian. Penelitian terbaru juga menegaskan bahwa residu kelapa sawit, termasuk TKKS, berpotensi meningkatkan aktivitas serangga pengurai karena sifatnya yang mudah mengalami fermentasi (Tahir et al., 2022; Sitanggang et al., 2021). Dengan demikian, meski sebagian besar kumbang yang tertangkap kemungkinan berasal dari luar blok, peningkatan dosis TKKS tetap berhubungan dengan meningkatnya daya tarik habitat.

Hasil analisis regresi juga menunjukkan adanya hubungan positif antara peningkatan dosis TKKS dan jumlah kumbang yang tertangkap. Namun demikian, hasil ini tidak sepenuhnya merefleksikan populasi baru dari larva di TKKS, karena jika ditinjau dari siklus hidup kumbang tanduk, yang membutuhkan $\pm 90-100$ hari dari telur hingga imago (Bedford, 1980; Giblin-Davis, 2001), maka imago yang tertangkap sejak minggu ke-4 tidak mungkin berasal dari larva baru yang berkembang pada TKKS penelitian.

Hal ini menegaskan bahwa kumbang yang tertangkap berasal dari imago dewasa yang sudah ada di lanskap sekitar (hutan, rawa, blok sawit tua). Ferotrap berbasis feromon sintetis (*ethyl 4-methyloctanoate*) efektif memikat jantan dewasa dalam radius hingga ratusan meter, sementara imago diketahui dapat terbang sejauh 1–5 km per hari (Bedford, 1980; Susanto, 2005). Kombinasi feromon sintetis dan aroma dekomposisi TKKS menyebabkan imago migran lebih banyak masuk ke blok perlakuan, terutama pada dosis 40 ton/ha yang memiliki volume sebaran lebih luas. Penelitian Kamarudin et al. (2017) mendukung temuan ini, bahwa tangkapan ferotrap lebih tinggi jika ditempatkan dekat tumpukan limbah sawit dibanding di area bersih, meskipun sumber imago berasal dari luar blok. Dengan demikian, aplikasi TKKS dalam 12 minggu tidak terbukti menghasilkan imago baru, tetapi berperan memperbesar daya tarik habitat bagi imago dewasa.

2. Jumlah Larva

Tabel 4. Perbedaan Jumlah Larva Kumbang Tanduk pada Perlakuan Dosis TKKS Yang Berbeda

Ferotrap	Perlakuan (ton/ha)		
	0	20	40
Minggu 0	0	0	0
Minggu 2	0	0	0
Minggu 4	0	0	0
Minggu 6	0	0	5
Minggu 8	0	3	5
Minggu 10	0	0	0
Minggu 12	0	1	6
Total	0	4	16
Mean	0 a	1 b	4 b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji t pada jenjang nyata 5%

Pada pengamatan jumlah larva dengan metode hand picking terlihat bahwa kontrol (0 ton) tidak ditemukan larva, sedangkan perlakuan 20 ton menghasilkan rata-rata 1 ekor dan dosis 40 ton menghasilkan rata-rata 4 ekor. Hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan nyata antara kontrol dengan kedua dosis aplikasi, sementara antara 20 ton dan 40 ton tidak berbeda nyata. Dari hasil analisis regresi korelasi Nilai koefisien korelasi (R) adalah 0,757, dengan nilai R Square sebesar 0,572. Hal ini berarti bahwa 57,2% variasi pada tingkat skoring serangan dapat dijelaskan oleh dosis TKKS, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan dalam model. Nilai koefisien regresi (B) sebesar 0,020 menandakan bahwa setiap penambahan dosis TKKS akan meningkatkan skoring serangan sebesar 0,020 satuan secara rata-rata. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan tankos memberikan peluang lebih besar bagi kumbang untuk meletakkan telur dan berkembang biak, meskipun peningkatan dosis dari 20 menjadi 40 ton tidak selalu linier terhadap jumlah larva. Secara biologis, kondisi ini dapat dijelaskan karena tankos segar masih memiliki kandungan lignoselulosa tinggi dan rasio C/N yang besar, sehingga hanya sebagian tumpukan yang sesuai untuk perkembangan larva. Hasil ini menunjukkan bahwa TKKS berperan sebagai media potensial untuk perkembangan larva, tetapi peningkatan dosis tidak berbanding lurus dengan jumlah larva yang ditemukan. Hal ini dapat dijelaskan karena karakteristik fisik dan kimia TKKS, seperti kandungan lignoselulosa tinggi dan rasio C/N yang besar, hanya sebagian yang sesuai untuk perkembangan larva (Zakri & Adam, 2021; Sitanggang et al., 2021). Pada dosis lebih tinggi, kondisi mikroklimat dalam tumpukan cenderung lebih lembap dan anaerob sehingga tidak selalu menguntungkan bagi larva.

3. Skoring Serangan

Tabel 5. Tingkat Serangan *Oryctes rhinoceros* pada Pelepah Kelapa Sawit dengan Aplikasi TKKS Berbeda

Ferotrap	Perlakuan(ton/ha)		
	0 t	20	40
Minggu 0	0	0	0
Minggu 2	0	0	0
Minggu 4	0	0	10
Minggu 6	2	12	6
Minggu 8	1	5	12
Minggu 10	1	1	8
Minggu 12	2	3	4
Total	6	21	40
Mean	0,75 a	1,0 a	1,56 b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji t pada jenjang nyata 5%

Skor serangan menunjukkan bahwa perlakuan 0 dan 20 ton/ha tidak berbeda nyata, namun 40 ton/ha berbeda nyata dengan keduanya. Pola temporal menunjukkan skor tertinggi pada minggu ke-6 di perlakuan 20 ton/ha, dan minggu ke-8 di perlakuan 40 ton/ha. Karena TKKS diaplikasikan sama-sama satu lapis, faktor pembeda utamanya bukan ketebalan, melainkan luas sebaran TKKS. Pada 20 ton/ha, sebaran lebih sempit tetapi lebih cepat lembap sehingga menghasilkan aroma dekomposisi awal yang cukup untuk menarik imago pada minggu ke-6. Sebaliknya, pada 40 ton/ha, volume sebaran lebih luas sehingga emisi senyawa dekomposisi lebih besar, namun puncak atraktivitas baru terlihat setelah 6–8 minggu, ketika substrat mulai stabil dan semakin banyak imago luar blok yang masuk. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa volume sebaran biomassa menentukan intensitas dan umur simpan aroma dekomposisi yang dapat memengaruhi interaksi hama (Osei-Adu et al., 2022; Sulung Research Station, 2023). Dengan demikian, peningkatan skor serangan pada dosis 40 ton bukan semata akibat imago dari dalam blok, melainkan lebih pada meningkatnya peluang atraksi dari imago luar blok yang masuk ke area penelitian.

4. Pembahasan analisis data primer

Hasil pengamatan tangkapan kumbang menggunakan ferotrap menunjukkan bahwa meskipun terdapat peningkatan rata-rata tangkapan seiring dengan

penambahan dosis TKKS (0 ton = 2,50 ekor; 20 ton = 5,75 ekor; 40 ton = 11,00 ekor), fenomena ini tidak sepenuhnya merefleksikan populasi kumbang yang berkembang dari aplikasi TKKS. Hal ini disebabkan oleh fakta biologis bahwa fase perkembangan dari telur hingga imago pada *Oryctes rhinoceros* memakan waktu ± 3 bulan (Susanto, 2005; Bedford, 2014). Oleh karena itu, kumbang yang tertangkap pada minggu ke-4 hingga ke-12 kemungkinan besar bukan berasal dari larva yang berkembang di dalam TKKS aplikasi, melainkan dari imago dewasa yang datang dari luar blok. Kumbang tanduk dewasa memiliki kemampuan terbang aktif dengan radius harian mencapai 1–5 km untuk mencari pakan dan lokasi oviposisi (Hawaii Invasive Species Council, 2025). USDA Forest Service (2023) melalui studi mark-release-recapture di Guam melaporkan bahwa hanya 11% kumbang bertanda yang kembali tertangkap dalam ferotrap, menandakan dominannya pergerakan bebas populasi imago di lanskap terbuka. Dengan demikian, tingginya tangkapan pada dosis 40 ton lebih dapat dijelaskan oleh kombinasi antara aroma feromon sintetis yang digunakan pada ferotrap dengan aroma dekomposisi TKKS dosis besar, yang berfungsi sebagai atraktan tambahan. Namun, karena kumbang yang datang mayoritas berasal dari luar blok penelitian, hubungan regresi antara dosis TKKS dan jumlah tangkapan kumbang tidak sepenuhnya valid untuk menjelaskan pertumbuhan populasi yang murni berasal dari aplikasi TKKS. Hal ini menjelaskan mengapa pada perlakuan 20 ton dan 40 ton tidak berbeda nyata secara statistik meskipun terdapat tren kenaikan, karena faktor eksternal seperti arah angin, curah hujan, dan mobilitas imago dari sekitar perkebunan ikut berpengaruh terhadap jumlah tangkapan. Dengan demikian, aplikasi TKKS pada penelitian ini lebih berfungsi sebagai atraktan tambahan, bukan sebagai faktor tunggal yang meningkatkan populasi imago di dalam blok penelitian.

Pada variabel jumlah larva, hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dosis tankos berpengaruh terhadap jumlah larva *O. rhinoceros* yang ditemukan di lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan paling jelas terlihat antara kontrol (tanpa aplikasi tankos) dengan dosis tinggi, sedangkan perbedaan antara dosis 20 dan 40 ton per hektar tidak signifikan. Secara biologis, rendahnya jumlah larva yang ditemukan pada tankos dapat dijelaskan melalui preferensi ekologi *O. rhinoceros*.

Kumbang ini lebih menyukai tempat berkembang biak dengan rasio C/N rendah atau bahan organik yang sudah terdekomposisi dengan baik. Tankos segar memiliki rasio C/N relatif tinggi (40–50), kandungan lignoselulosa yang besar, serta kadar air yang tidak stabil, sehingga kurang optimal sebagai media perkembangan larva. Penelitian sebelumnya (Susanto, 2005; Prasetyo et al., 2019) menunjukkan bahwa bahan organik dengan lignin tinggi dan dekomposisi lambat kurang disukai larva karena sulit dicerna dan kandungan nitrogen terbatas. Selain faktor rasio C/N, kondisi fisik tankos dengan struktur serat kasar dan lignin tinggi menyulitkan larva memperoleh nutrisi, sementara kondisi mikroklimat yang tidak stabil juga berpengaruh. Tankos segar sering memiliki suhu dan kelembapan yang fluktuatif, sehingga tidak sesuai untuk perkembangan larva. Aktivitas mikroba dekomposer yang memanfaatkan nutrisi tankos turut menimbulkan kompetisi, sehingga menekan perkembangan larva. Selain itu, metode aplikasi tankos di lapangan yang umumnya berupa penumpukan di piringan tanaman dengan ketebalan tertentu tidak sepenuhnya menyerupai habitat alami kumbang seperti tunggul atau batang lapuk, sehingga larva lebih sedikit ditemukan. Oleh karena itu, temuan bahwa jumlah larva relatif lebih rendah pada perlakuan aplikasi tankos dibandingkan kontrol dapat dijelaskan dari sifat biologis tankos yang kurang sesuai sebagai media perkembangan *O. rhinoceros*. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan kuat antara dosis aplikasi tankos dan tingkat serangan larva *O. rhinoceros*. Secara biologis, hasil ini memperlihatkan bahwa peningkatan dosis tankos tidak menghasilkan respon seragam, melainkan membentuk pola tertentu terhadap tingkat serangan kumbang badak. *O. rhinoceros* lebih memilih media dengan kandungan lignoselulosa yang sudah terdekomposisi, kelembapan stabil, serta rasio C/N rendah (Prasetyo et al., 2020). Tankos segar dengan rasio C/N tinggi (40–50) kurang disukai larva sehingga populasi yang ditemukan relatif rendah. Jumlah larva yang ditemukan seringkali berhubungan dengan jumlah kumbang dewasa yang tertangkap ferotrap, karena kumbang memiliki radius terbang rata-rata 1–2 km (Susanto et al., 2021), sehingga area dengan tumpukan tankos lebih luas berpotensi menarik lebih banyak individu untuk datang. Akan tetapi, daya tarik ini tidak selalu sejalan dengan keberhasilan larva berkembang karena sifat fisik tankos yang kurang ideal.

Hasil pengamatan skoring serangan menunjukkan bahwa perlakuan 0 ton/ha dan 20 ton/ha tidak berbeda nyata, sedangkan perlakuan 40 ton/ha berbeda nyata dengan keduanya. Pola temporal memperlihatkan bahwa serangan pada 20 ton/ha relatif lebih tinggi pada minggu ke-6, sementara pada 40 ton/ha mencapai puncaknya pada minggu ke-8. Fenomena ini tidak dapat dijelaskan semata-mata oleh perkembangan larva di dalam TKKS, karena siklus hidup dari telur hingga imago memerlukan waktu ± 3 bulan (Bedford, 1980; Giblin-Davis, 2001). Dengan demikian, serangan yang diamati lebih mungkin disebabkan oleh imago dewasa yang berasal dari luar blok penelitian. Pada perlakuan 20 ton/ha, luasan sebaran TKKS yang lebih kecil menyebabkan dekomposisi awal lebih cepat menghasilkan aroma fermentasi, sehingga lebih atraktif bagi imago luar blok pada fase awal (minggu ke-6). Sementara itu, pada perlakuan 40 ton/ha, luas sebaran TKKS yang lebih besar meningkatkan total emisi senyawa dekomposisi, namun puncak atraktivitas baru terjadi pada minggu ke-8, ketika kondisi substrat semakin stabil dan lebih menarik bagi imago. Hal ini sejalan dengan laporan Giblin-Davis (2001) bahwa dinamika serangan imago pada kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh umur dan volume substrat organik yang membusuk. Dengan demikian, skor serangan pada penelitian ini lebih merefleksikan aktivitas imago dari luar blok yang masuk ke blok penelitian karena tertarik oleh aroma TKKS dan feromon, bukan pertumbuhan populasi baru akibat reproduksi dalam TKKS. Aplikasi TKKS berperan sebagai atraktan tambahan yang meningkatkan risiko serangan, terutama pada dosis sebaran yang lebih luas (40 ton/ha).

5.2 Analisis Data Sekunder

1. Data Curah Hujan

Tabel 6. Data Curah Hujan Jalemo Estate Tahun 2025

Bulan	Curah	Kategori Iklim		
		Bulan Basah	Bulan Lembab	Bulan Kering
Januari	307,50	1	0	0
Februari	209,25	1	0	0
Maret	296,00	1	0	0
April	256,25	1	0	0
Mei	289,50	1	0	0
Juni	125,63	1	0	0
Juli	52,50	0	0	1
Agustus	184,00	1	0	0
September	-			
Oktober	-			
November	-			
Desember	-			
Total	2.380,63	8,00	-	-

Sumber : Rainfall Data SAP JLME

Berdasarkan jumlah curah hujan, jumlah bulan kering dan bulan basah, dapat dihitung nilai Q sebagai berikut :

$$Q = \frac{\text{Rerata Bulan Kering}}{\text{Rerata Bulan Basah}} \times 100\%$$

$$Q = \frac{0.125}{0.875} \times 100\% = 0,1428 \approx 14.28\%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai Q = 0,1428, sehingga berdasarkan identifikasi iklim menurut Schmidt dan Ferguson maka lokasi penelitian termasuk dalam tipe iklim A (sangat basah).

2. Identitas Blok

Tabel 7. Identitas Blok Penelitian

Blok	Tahun Tanam	Tipe Tanah	Jenis Bibit
K23	2013	Mineral	Damimas
J42	2013	Sandy Soil	Damimas
M24	2013	Sandy Soil	Damimas

Dari tabel diatas dapat di lihat bahwa tahun tanam dan jenis bibit dari tiap blok adalah homogen kecuali pada tipe tanah di blok K23 yang adalah mineral.

3. Ratio C/N

Tabel 8. Tabel C/N rasio pada usia 12 minggu

Ferotrap ke-	Dosis TKKS (Ton)	%C (minggu 12)	%N (minggu 12)	Rasio C/N (minggu 12)	Rerata
1	0				
2	0				
3	0				
4	0				
5	20	21,1	0,88	23,98	24,75
6	20	19,8	0,79	25,06	
7	20	20,3	0,83	24,46	
8	20	19,9	0,78	25,51	
9	40	21,9	0,72	30,42	26,97
10	40	19,7	0,77	25,58	
11	40	20,8	0,81	25,68	
12	40	19,4	0,74	26,22	

Dari Tabel diatasdapat dilihat hasil akhir rasio C/N pada tandan kosong kelapa sawit selama 12 minggu, menggunakan 12 ulangan pada iklim sangat basah. Hasil akhir menunjukkan nilai C pada minggu ke-12 masih tergolong cukup tinggi, yaitu rata-rata sekitar 20,5%, dengan rasio C/N berada di kisaran 24–30.

Nilai karbon (C) pada tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sulit mengalami penurunan drastis karena beberapa faktor. Komposisi TKKS yang kaya lignin dan selulosa merupakan senyawa karbon kompleks yang secara alami resisten terhadap dekomposisi mikroba. Selain itu, laju dekomposisi karbon (q) yang digunakan dalam simulasi sebesar 0,1428 per minggu tergolong moderat, sehingga penurunan kandungan karbon berlangsung secara bertahap. Kondisi iklim yang sangat basah, meskipun mampu menjaga kelembapan yang dibutuhkan mikroba, justru dapat menciptakan lingkungan anaerob yang memperlambat proses dekomposisi karbon.

Sementara itu, kandungan nitrogen (N) cenderung stabil bahkan sedikit meningkat. Hal ini disebabkan oleh adanya imobilisasi nitrogen oleh mikroba, yaitu proses penyerapan nitrogen dari lingkungan untuk membentuk biomassa, serta laju

pencucian nitrogen (leaching) yang rendah sehingga unsur ini tidak banyak hilang meskipun curah hujan tinggi. Kondisi curah hujan yang sangat basah memiliki pengaruh ganda, di satu sisi mendukung aktivitas mikroba, namun di sisi lain dapat memperlambat dekomposisi karbon sehingga turut memengaruhi dinamika nitrogen. Oleh karena itu, penurunan rasio C/N lebih banyak disebabkan oleh berkurangnya karbon yang relatif lebih cepat dibanding nitrogen, bukan semata karena peningkatan kandungan nitrogen. Dengan demikian, meskipun rasio C/N berhasil diturunkan hingga kisaran 24–30, nilai karbon yang masih cukup tinggi menunjukkan bahwa proses dekomposisi belum berlangsung secara optimal.

Selain faktor tersebut, sedikitnya jumlah tangkapan juga dipengaruhi oleh kondisi populasi kumbang tanduk di Jalemo Estate yang relatif masih rendah, bahkan berada di bawah ambang ekonomis serangan. Kondisi ini menjelaskan mengapa meskipun terdapat perbedaan antar dosis TKKS, jumlah tangkapan kumbang secara umum tetap rendah selama periode penelitian. Dengan demikian, skor serangan pada penelitian ini lebih merefleksikan aktivitas imago dari luar blok yang masuk ke blok penelitian karena tertarik oleh aroma TKKS dan feromon, bukan pertumbuhan populasi baru akibat reproduksi dalam TKKS. Aplikasi TKKS berperan sebagai atraktan tambahan yang meningkatkan risiko serangan, terutama pada dosis sebaran yang lebih luas (40 ton/ha).