

A novel approach for automated rhinoceros beetle control in oil palm replanting: pineapple peel-derived pheromone trap

Pendekatan baru pengendalian kumbang tanduk secara otomatis pada tanaman kelapa sawit yang ditanam ulang: perangkap feromon kulit nanas

Lailatul Munawaroh^{1*}, Shabri Putra Wirman¹, Neneng Fitrya¹, Romi Fadli Syahputra¹, Novia Gesriantuti²

¹Department of Physics, Faculty of Mathematics, Natural Sciences & Health, Universitas Muhammadiyah Riau, Pekanbaru, Indonesia

²Department of Biology, Faculty of Mathematics, Natural Sciences & Health, Universitas Muhammadiyah Riau, Pekanbaru, Indonesia

ARTICLE INFO

Article History

Received: Aug 25, 2023

Accepted: Dec 09, 2023

Available Online: Dec 19, 2023

Keywords:

rhinoceros beetle management, pest control, automated insect trapping, sustainable agriculture, natural pheromone.

Cite this:

J. Ilm. Pertan., 2023, 20 (3) 200-208

DOI:

<https://doi.org/10.31849/jip.v20i3.15857>

*Corresponding author

E-mail: 180203005@student.umri.ac.id

ABSTRACT

Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) is a crucial plant for Indonesia's economy, serving as a major non-oil foreign exchange earner. A significant pest affecting oil palm cultivation, especially during replanting, is the rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros* L.). Attractant pheromones, derived from pineapples, contain volatile compounds that attract insects. This research aims to develop an automated rhinoceros beetle trap equipped with an automatic pheromone spray system utilizing natural peel pineapple extract. The analysis includes tests for fluid density, spray distribution, and normality. The fluid density of the sample closely resembles that of water (1 g/cm³). Spray distribution results indicate particle sizes (60-112 µm) larger than airborne aerosols (0.001-50 µm). Kolmogorov-Smirnov normality tests reveal mostly normal data distribution, with minor deviations. Overall, this trap exhibits promise as an effective solution for rhinoceros beetle control in oil palm cultivation.

ABSTRAK

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan tanaman penghasil minyak goreng yang sangat vital bagi perekonomian Indonesia sebagai sumber devisa non migas. Salah satu hama yang merugikan, terutama pada tanaman ulang (*replanting*), adalah kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.). Feromon atraktan, berasal dari nanas, memiliki senyawa volatil yang dapat menarik perhatian serangga. Penelitian ini bertujuan menciptakan perangkap kumbang tanduk otomatis dengan sistem penyemprot feromon otomatis menggunakan ekstrak kulit nanas. Analisis dilakukan melalui uji densitas cairan, distribusi sebaran semburan, dan normalitas. Densitas cairan sampel hampir serupa dengan air (1 g/cm³). Distribusi sebaran semburan menunjukkan ukuran butiran (60-112 µm) lebih besar daripada aerosol udara (0.001-50 µm). Uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* menunjukkan sebagian besar data bersifat normal, dengan sedikit penyimpangan. Secara keseluruhan, perangkap ini menjanjikan sebagai solusi efektif dalam pengendalian kumbang tanduk pada tanaman kelapa sawit.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan penghasil minyak goreng yang menjadi salah satu sumber utama penghasilan devisa non migas (Wahyunita, 2019). Budidaya tanaman kelapa sawit pada saat ini menghadapi beberapa masalah di antaranya gangguan hama dan penyakit. Hama yang menyerang kelapa sawit dan sangat merugikan khususnya di areal tanaman ulang (*replanting*) adalah hama kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*) (Parinduri et al., 2020). Dalam skala besar serangan kumbang tanduk mampu menurunkan hasil panen buah pertama sebesar 60% dan mampu menyebabkan kematian pada 25% pada tanaman belum menghasilkan. Di Provinsi Riau potensi serangan kumbang tanduk mencapai 12,384.85 ha,

dengan penyebaran serangan kumbang tanduk terbesar mencapai angka 2,717 ha di Kabupaten Indragiri Hilir, 340 ha di Siak, 579 ha di Kampar, 459 ha di Kuansing, dan sisanya menyebar di perkebunan kelapa sawit milik rakyat (Candra et al., 2019). Selama ini pengendalian hama pada tanaman kelapa sawit menggunakan pestisida sintesis yang tidak aman bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat (Syafarani et al., 2022).

Penggunaan perangkat feromon merupakan salah satu metode untuk pengendalian *O. rhinoceros*. Pemanfaatan perangkat feromon dalam pengendalian *O. rhinoceros* sudah dilakukan oleh beberapa negara antara lain Filipina, Malaysia, Srilanka, India, Thailand dan Indonesia (Alouw, 2017). Kumbang tanduk menghasilkan feromon agregasi yang digunakan untuk menemukan tempat makan yang sesuai dan bahan perkembangbiakan (Paudel et al., 2023). Feromon adalah substansi kimia yang dilepaskan oleh suatu organisme ke lingkungannya untuk mengadakan komunikasi secara intraspesifik dengan individu lain. Feromon atraktan metil eugenol memiliki aroma yang khas bersifat sebagai pemikat yang sangat kuat terhadap hama. Feromon atraktan dapat dihasilkan dari senyawa volatil yang diproduksi oleh tanaman (Aulia, 2020). Tanaman yang dapat menghasilkan feromon atraktan dan memiliki kandungan senyawa volatil salah satunya yaitu buah nanas. Buah nanas mengeluarkan aroma yang khas yang dapat menarik serangga-serangga jantan untuk datang mendekatnya yang dianggap sebagai alat komunikasi atau feromon seks yang dikeluarkan serangga betina. Aroma khas ini berasal dari senyawa volatil yang mampu membuat serangga tertarik terhadap aromanya (Caesarita, 2011). Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Candra (2020) menggunakan perangkat dengan feromon alami dari buah nanas sebagai alternatif pengganti feromon kimiawi untuk memerangkap kumbang tanduk. Pada penelitian tersebut buah nanas yang diletakkan disebuah perangkat terbukti mampu menarik serangga herbivora di areal kebun sawit dengan aromanya. Penelitian yang juga menggunakan feromon dari buah nanas untuk menanggulangi hama kumbang tanduk dilakukan oleh Wahyunita (2019). Menurutnya senyawa volatil yang terkandung pada nanas mampu menarik serangga kumbang tanduk untuk masuk ke dalam perangkat. Efektivitas perangkat yang dilengkapi feromon alami dari buah nanas yang mampu mengendalikan hama kumbang tanduk pada tanaman kelapa sawit menjadi salah satu alasan penelitian ini.

Pada penelitian sebelumnya perangkat dibuat dari ember yang digantungkan di area perkebunan sawit dengan feromon yang diberikan yaitu berupa potongan buah nanas yang diletakkan pada ember untuk memikat hama kumbang tanduk supaya masuk ke dalam perangkat (Candra et al., 2019). Perangkat yang pernah dibuat juga dilakukan oleh Alouw (2017) berbentuk tabung panjang dengan banyak lubang untuk masuknya kumbang tanduk yang didalamnya digantungkan feromon kimiawi sebagai pemikat kumbang tanduk. Perbedaan penelitian ini dari penelitian sebelumnya yaitu terletak pada cara pemberian feromon untuk menarik hama kumbang tanduk yaitu sebelumnya hanya diletakkan pada perangkat sedangkan pada penelitian ini dilakukan inovasi dengan menambahkan sistem penyemprot untuk menyemprotkan cairan feromon yang terbuat dari limbah kulit nanas. Penyemprot dibuat dari *ultrasonic mist maker* yang dapat merubah cairan feromon menjadi kabut air (Kooij et al., 2019) untuk memperluas jangkauan dan sebaran aroma feromon agar menarik kumbang tanduk masuk ke dalam perangkat. Pada penelitian sebelumnya *ultrasonic mist maker* digunakan untuk melembabkan ruangan dengan jangkauan sampai 5 meter (Suprianto & Aziz, 2019). Penelitian lain menggunakan *ultrasonic mist maker* untuk mengontrol kelembaban udara pada budidaya jamur. Alat tersebut dapat menguapkan sekitar 1 liter air dalam waktu 4-5 jam (Iswahyudi et al., 2020). Feromon yang digunakan pada penelitian ini yaitu dari limbah kulit nanas yang difermentasi supaya aroma yang dihasilkan dari kulit nanas lebih asam sehingga mampu menarik kumbang tanduk. Cairan hasil fermentasi tersebut yang akan disemprotkan menggunakan *ultrasonic mist maker*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah perangkat yang berbentuk tabung panjang dengan banyak lubang untuk masuknya kumbang tanduk yang dilengkapi dengan sistem penyemprot feromon otomatis agar dapat memikat kumbang tanduk supaya masuk dan terkurung ke dalam perangkat dengan cairan feromon yang disemprotkan. Analisis dilakukan dengan tiga jenis pengujian. Uji densitas cairan untuk mengetahui massa jenis cairan yang disemprotkan oleh sistem. Uji distribusi sebaran semburan dengan *software ImageJ* untuk mengetahui apakah ukuran rata-rata butiran cairan yang tersemprotkan termasuk butiran aerosol yang dapat menyebar melalui udara. Pengujian lain yakni uji normalitas untuk mengetahui apakah data yang didapatkan pada pengujian sebelumnya normal atau menyimpang. Ruang lingkup penelitian ini terbatas pada penilaian potensi perangkat tanpa pengujian langsung pada kumbang tanduk.

BAHAN DAN METODE

Pelaksanaan pembuatan sistem perangkat hama kumbang tanduk (*O. rhinoceros*) dengan feromon spray limbah kulit nenas yaitu dengan melakukan persiapan alat dan bahan, perancangan sistem, perakitan sistem, preparasi sampel dan pengujian sistem.

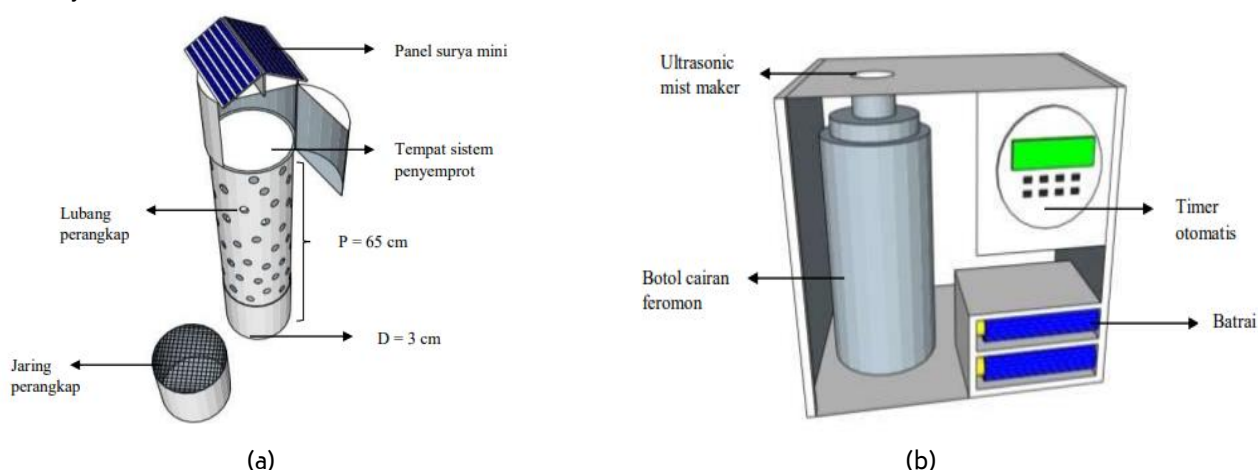
Persiapan alat dan bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi *ultrasonic mist maker* 5v (MEXI, China), panel surya mini 5v (Joysolar, China), baterai li-on 18650 (Harvest Lighting, Indonesia), serta alat-alat listrik lainnya yang diperoleh di toko elektronik lokal di Pekanbaru. Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Image J* (National Institutes of Health (NIH), Amerika Serikat). Sementara itu untuk sampel yang digunakan untuk menguji alat yang telah dirancang adalah alkohol 96% (JKCARE, Indonesia), air suling (Water One, Indonesia), serta limbah kulit nenas yang diperoleh dari petani lokal di Desa Kualu Nenas, Kampar, Indonesia. Fermentor komersial EM-4 (Songgolangit Persada, Indonesia) digunakan dalam proses fermentasi kulit nenas yang digunakan dalam penelitian ini.

Perancangan sistem

Sistem terdiri dari dua bagian utama yaitu tabung perangkat dan penyemprot feromon otomatis. Sistem dirancang menyerupai perangkat yang pernah dibuat oleh penelitian sebelumnya yang berbentuk tabung panjang dengan memperbanyak lubang untuk masuknya kumbang tanduk (Alouw, 2017). Perancangan sistem diawali dengan pembuatan desain berupa perangkat hama berbentuk tabung dengan diameter 3 inci dan tinggi 65 cm yang terbuat dari pipa paralon. Pada tabung terdapat lubang-lubang perangkat untuk masuknya kumbang-kumbang yang tertarik dengan bau feromon yang disemprotkan.

Penyemprot feromon otomatis dirancang dari *ultrasonic mist maker* yang bekerja dengan cara mengubah cairan feromon menjadi butiran air dengan cara disemprotkan. *Ultrasonic mist maker* dipilih karena mampu merubah cairan menjadi kabut air yang dapat menguap sehingga penyebarannya luas (Iswahyudi et al., 2020). *Ultrasonic mist maker* bekerja pada frekuensi rendah (105 ± 5 kHz) dan daya rendah (2W). Jika transduser ditempatkan air maka air akan diserap dari bawah *chip* ke dalam reservoir sehingga nebulizer dapat bekerja terus menerus. Di tengah chip ada tonjolan kecil tempat nebulisasi terjadi (Kooij et al., 2019). *Ultrasonic mist maker* dihubungkan dengan pengatur waktu otomatis untuk mengatur waktu semburan (Yuana & Permadi, 2019). Sistem juga dilengkapi dengan panel surya mini sebagai pengisi baterai pada saat siang hari (Syafriwel et al., 2022).



Gambar 1. Sistem yang dibuat, (a) perangkat secara keseluruhan, (b) sistem penyemprot otomatis

Perakitan sistem

Sistem penyemprot dibuat seperti pengharum ruangan otomatis yang mampu menyebarkan aroma ke seluruh ruangan. Perakitan sistem dilakukan dengan menghubungkan *ultrasonic mist maker* sebagai penyemprot dengan baterai sebagai

daya untuk menghidupkan *ultrasonic mist maker*. Baterai juga dihubungkan dengan panel surya mini sebagai pengisi daya pada siang hari (Syafriwel et al., 2022). Sistem penyemprot akan bekerja saat *ultrasonic mist maker* diletakkan pada stik kapas sebagai perantara cairan yang akan disemprotkan. Pengatur waktu otomatis dihubungkan untuk mengatur waktu penyemprotan yang diinginkan (Yuana & Permadi, 2019). Sistem penyemprot yang sudah dirakit kemudian disatukan dengan tabung perangkap. Hasil rancangan sistem alat perangkap otomatis dapat dilihat pada Gambar 1.

Preparasi sampel

Feromon yang dibuat yaitu feromon atraktan berasal dari tanaman. Feromon dibuat dari limbah kulit nanas yang difermentasi. Fermentasi limbah kulit nanas dilakukan supaya aroma asam khas dari limbah kulit nanas semakin menguat. Hal ini dilakukan supaya kumbang tanduk dapat terpikat dari aroma yang dihasilkan (Wandono & Kusdiyantini, 2020). Fermentasi limbah kulit nanas dilakukan dengan 2 variasi yaitu alami (Wandono & Kusdiyantini, 2020) dan dengan perlakuan EM-4 (Kastalani et al., 2020) selama 7 hari. Proses preparasi sampel dilakukan seperti penelitian yang dilakukan oleh (Rhohman & Istiqlaliyah, 2021) dapat dilihat pada Gambar 2. Sementara itu, variasi sampel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Proses preparasi sampel, yang dimulai dari (a) limbah kulit nanas sebelum difermentasi, (b) limbah kulit nanas setelah fermentasi, (c) persiapan sampel, (d) sampel siap diuji

Tabel 1. Variasi sampel dalam penelitian ini

Variasi sampel	Variasi campuran	Label
Alkohol	96%	A
Air	100%	B
Fermentasi EM-4 100%	100% cairan feromon EM-4	C
Fermentasi EM-4 75%	75% cairan feromon EM-4 + 25% air	D
Fermentasi EM-4 50%	50% cairan feromon EM-4 + 50% air	E
Fermentasi EM-4 25%	25% cairan feromon EM-4 + 75% air	F
Fermentasi alami 100%	100% cairan feromon alami	G
Fermentasi alami 75%	75% cairan feromon alami + 25% air	H
Fermentasi alami 50%	50% cairan feromon alami + 50% air	I
Fermentasi alami 25%	25% cairan feromon alami + 75% air	J

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji densitas cairan

Uji densitas cairan dilakukan untuk mengetahui massa jenis cairan sampel yang digunakan (Rosiah & Luthfiyah, 2016). Pengujian densitas (massa jenis) dengan menggunakan metode pengukuran gelas ukur dengan cara terlebih dahulu menimbang gelas ukur kosong 10 mL, kemudian memasukkan cairan ke dalam gelas ukur sebanyak 5 mL dengan menggunakan alat ukur neraca digital dan menghitung massa sampel (Irawati, 2018). Hasil uji densitas dapat dilihat pada Tabel 2. Adapun persamaan perhitungan massa jenis diukur dengan persamaan:

$$\rho = m/v \quad (1)$$

dimana ρ adalah massa jenis, v adalah volume dalam mL, dan m adalah massa dalam gram.

Tabel 2. Hasil pengujian densitas cairan masing-masing sampel

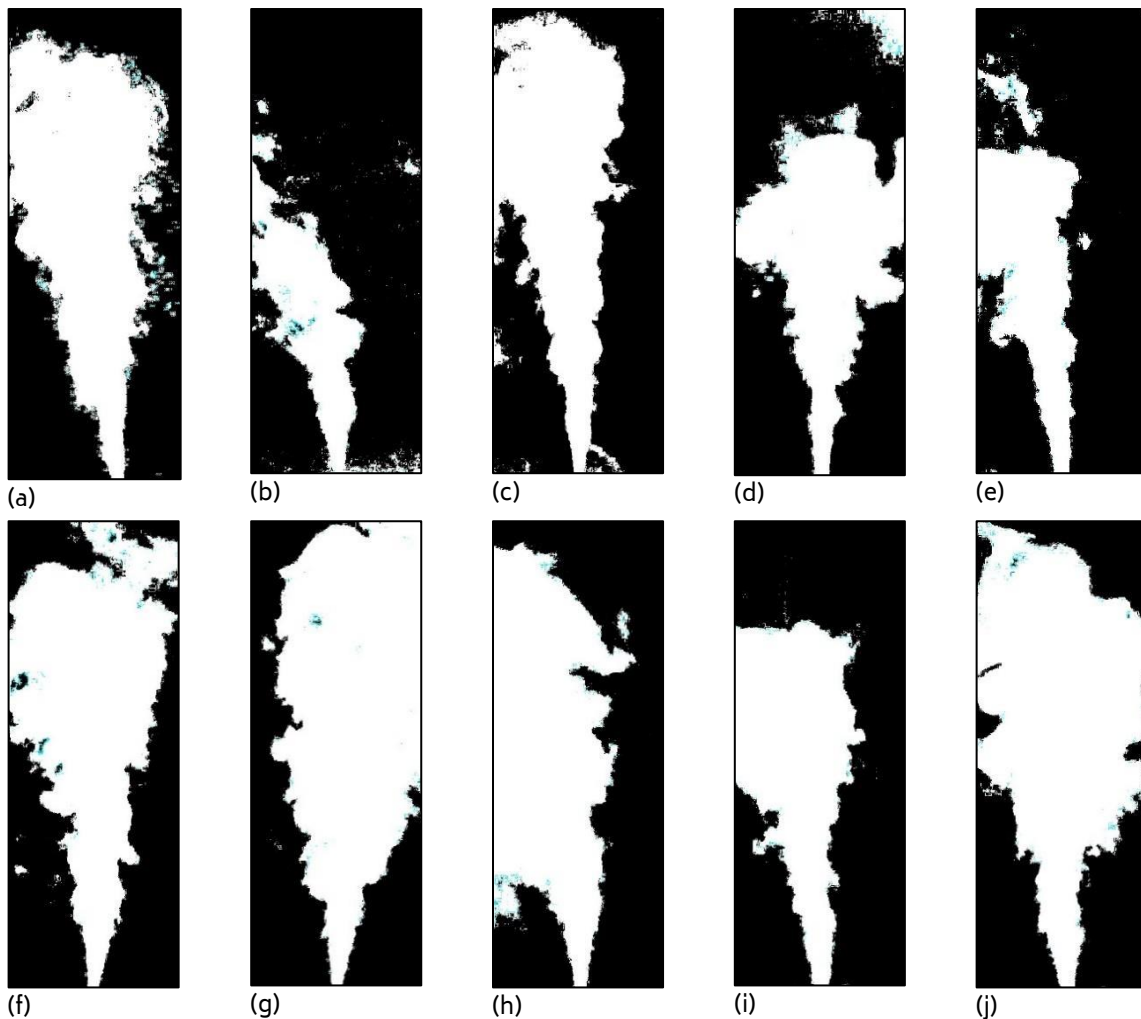
Sampel	Massa rata-rata	Volume (mL)	Massa jenis cairan (g/cm ³)
A	7.83	10	0.78
B	9.91	10	0.99
C	9.87	10	0.98
D	9.88	10	0.98
E	9.80	10	0.98
F	9.55	10	0.95
G	9.76	10	0.97
H	9.92	10	0.99
I	9.72	10	0.97
J	9.65	10	0.96

Hasil pengujian densitas didapatkan bahwa massa jenis cairan yang digunakan yaitu berkisar antara 0.97-0.99 g/cm³ mendekati massa jenis air yaitu 1 g/cm³ (Gideon & Tarigan, 2020). Hal ini dikarenakan sampel yang digunakan divariasikan menggunakan air dengan campuran tertentu, di samping kulit buah nanas juga masih mengandung air.

**Gambar 3.** Proses pengujian distribusi semburan

Uji distribusi sebaran semburan

Pengujian distribusi ukuran butiran dilakukan untuk mengetahui berapa ukuran butiran yang tersebar di udara (Mazzoli & Favoni, 2012). *Image processing* biasa digunakan untuk pengujian distribusi ukuran butiran (Igathinathane et al., 2008). Salah satu *image processing* yang bisa digunakan untuk menguji distribusi ukuran butiran yaitu *software* Image J. Pengujian distribusi semburan menggunakan *software* Image J sebelumnya pernah dilakukan oleh Sulisty, et al. (2017) dalam menguji karakteristik distribusi butiran minyak kelapa pada semburan *nose burner* sederhana. Pada penelitian tersebut terlihat karakteristik distribusi butiran minyak kelapa berupa jumlah butiran dan besar butiran yang diukur menggunakan *software* Image J. Penelitian lain yang menggunakan *software* Image J yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Yani (2021) dan Sandhiyoga (2020) yang menguji karakteristik *spray* bahan bakar. Pada kedua penelitian tersebut *software* Image J digunakan untuk mengukur panjang dan sudut semburan bahan bakar



Gambar 4. Pengukuran distribusi butiran semprotan cairan feromon pada saat detik pertama *mist* di *on*-kan; (a) air, (b) alkohol, (c) 100% feromon dengan EM-4, (d) 75% feromon dengan EM-4, (e) 50% feromon dengan EM-4, (f) 25% feromon dengan EM-4, (g) 100% feromon alami, (h) 75% feromon alami, (i) 50% feromon alami, (j) 25% feromon alami

Pada pengujian distribusi sebaran semburan menggunakan alat *spray* yang sama yaitu sistem penyemprot yang sudah dirancang dengan memvariasikan jenis cairan yang disemurkan atau disemprotkan. Pengujian distribusi sebaran semburan dilakukan menggunakan kamera ponsel pintar untuk merekam hasil semburan, kemudian hasil rekaman dikonversi ke dalam bentuk gambar. Proses pengujian distribusi sebaran semburan dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil konversi berbentuk gambar kemudian diolah menggunakan *software* Image J untuk mendapatkan hasil distribusi semburan (Sulistyo et al., 2017).

Cara pengukuran distribusi sebaran semburan dari penyemprot yaitu dengan cara direkam menggunakan kamera. Hasil rekaman yaitu data mentah berupa video. Pengujian semburan menghasilkan data mentah berupa video. Video kemudian dikonversi menjadi format gambar. Video yang diambil berdurasi 30 detik yang setiap detik menghasilkan 30 fps (*frame* per detik). Hasil gambar yang didapatkan dari proses konversi video adalah sebanyak 900 gambar untuk setiap jenis sampel. Dari 900 gambar yang sudah didapat kemudian dipilih 10 gambar secara acak untuk diolah menggunakan *software* Image J. *Software* Image J digunakan untuk mengukur ukuran butiran yang disemprotkan oleh sistem dengan melihat resolusi gambar yang dikonversi dalam ukuran butiran. Hasil dari pengukuran butiran menggunakan *Software* Image J berupa ukuran butiran dalam satuan mikrometer (μm). Pengujian distribusi menghasilkan data ukuran butiran sehingga dapat mengetahui karakteristik ukuran butiran cairan feromon (Sulistyo et al., 2017).

Data yang didapatkan dari pengolahan menggunakan *software* Image J berupa data gambar potongan *spray*, jumlah butiran yang terukur, total area butiran yang diukur, ukuran rata-rata diameter butiran, luas area terukur dalam persen, dan diameter rata-rata (Sulistyo et al., 2017). Gambar 4 merupakan sampel hasil olah menggunakan *software* Image J. Data hasil olah menggunakan *software* Image J dapat dilihat pada Tabel 3. Sementara itu, Gambar 4 memperlihatkan bentuk pola semburan cairan yang disemprotkan. Pada Gambar 4 juga dilakukan seleksi bagian yang akan dihitung distribusinya sehingga membuat gambar semburan jadi terpotong. Hal ini dilakukan karena menghindari bagian-bagian yang tidak diinginkan saat proses pengukuran dilakukan (Bagus & Kusuma, 2015). Pada Gambar 4(a) yaitu air dapat dilihat pola semburan cukup baik dengan menyemprot ke bagian atas. Pada Gambar 4(b) yaitu alkohol terlihat pola semburan yang kurang tinggi seperti cairan sulit untuk tersempatkan. Pada sampel (c), (f), (g), (h), (j) berupa cairan feromon hasil semburan hampir sama seperti pola yang dihasilkan air saat tersempatkan. Pada sampel (d), (e), (i) pola semburan yang dihasilkan tidak sebaik sampel (a), (c), (f), (g), (h), (j).

Tabel 3. Hasil rata-rata pengolahan data menggunakan *software* Image J

Jenis cairan	Jumlah butiran	Total area (pixel)	Ukuran butiran (μm)	%Area (pixel)	Mean (pixel)
A	264	1.141	48	2.957	84.630
B	274	2.302	81	189.336	98.468
C	397	2.454	60	0.3474	99.620
D	483	5.675	112	548.954	96.188
E	461	4.613	92	232.024	91.959
F	382	3.007	80	0.425	117.059
G	337	2.117	64	0.321	111.684
H	362	3.028	82	109.719	104.089
I	365	2.321	68	0.355	119.013
J	361	2.308	62	0.326	113.892

Tabel 3 menjelaskan hasil pengolahan data menggunakan *software* Image J. Pada Tabel 3 terlihat bahwa ukuran butiran pada cairan feromon yaitu sampel C-J memiliki besar butiran kisaran 60-112 μm . Ukuran butiran yang didapat lebih besar daripada ukuran aerosol yang tersuspensi di udara yakni berkisar 0.001-50 μm (Di et al., 2019). Hal ini bisa dikarenakan ukuran butiran yang disebarkan menggunakan penyemprot feromon otomatis telah bertumpuk di udara saat dilakukan pengukuran besar butiran atau faktor lain yang dapat mempengaruhinya.

Tabel 4. Hasil uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*

Sampel	Rerata ukuran butiran (μm)	Standar deviasi	Jumlah sampel	KS	<i>p-value</i>	Ket.
A	48	20	10	0.139	> 0.150	Normal
B	81	54	10	0.234	0.121	Normal
C	60	21	10	0.200	> 0.150	Normal
D	112	98	10	0.349	< 0.010	Tidak Normal
E	92	45	10	0.304	< 0.010	Tidak Normal
F	80	31	10	0.300	0.013	Tidak Normal
G	64	24	10	0.266	0.046	Tidak Normal
H	82	32	10	0.148	> 0.150	Normal
I	68	28	10	0.262	0.050	Normal
J	62	18	10	0.244	0.090	Normal

KS = Koefisien *Kolmogorov-Smirnov*

Uji normalitas

Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* (Putu, 2019). Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi data normal atau tidak normal (menyimpang). Pada uji *Kolmogorov-Smirnov* distribusi

dikatakan normal apabila p -value (nilai signifikan) lebih besar dari 0.05 (Hossain & Patra, 2020). Pada Tabel 4 hasil uji *Kolmogorov-Smirnov* terdapat sebagian data yang distribusinya normal yakni pada sampel A, B, C, H, I, J dan distribusi tidak normal (menyimpang) yakni sampel D, E, F, G. Pada hasil uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* sampel G memiliki nilai signifikan sebesar 0.046 mendekati 0.05 yang dianggap bahwa distribusi data tersebut mendekati normal. Berbeda dari sampel D, E, F yang memiliki nilai signifikan yang jauh dari 0.05 yaitu 0.01 sehingga data tersebut dianggap tidak normal (menyimpang). Data yang dianggap tidak normal adalah data yang memiliki tingkat penyimpangan yang disebabkan oleh beberapa faktor sehingga data yang didapatkan dari hasil pengujian kurang akurat. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa distribusi data yang digunakan pada penelitian ini memiliki penyimpangan yang kecil yaitu 3 data yang dianggap menyimpang, 6 data dianggap normal dan 1 data yang mendekati normal.

KESIMPULAN

Analisis semburan dari sistem perangkat kumbang tanduk, yang telah dirancang sebagai tabung panjang dengan penyemprot feromon otomatis, secara jelas menegaskan urgensi penelitian ini dalam konteks pertanian kelapa sawit. Uji densitas cairan memvalidasi kesesuaian massa jenis sampel dengan air, memberikan keyakinan bahwa pendekatan ini dapat diaplikasikan secara efektif dalam kondisi lapangan yang mencerminkan realitas tanaman. Meskipun ukuran butiran semburan menimbulkan pertanyaan mengenai efisiensi semburan, temuan ini bukan akhir dari perjalanan penelitian. Dalam pandangan ini, penelitian ini tidak hanya memberikan hasil analisis, tetapi juga menawarkan landasan untuk pengembangan lebih lanjut dan peningkatan dalam pengendalian kumbang tanduk. Harapan peneliti adalah agar hasil temuan ini dapat mendorong perbaikan efisiensi sistem, menjadi sumber inspirasi bagi inovasi lanjutan dalam teknologi pertanian, dan mendukung perkembangan pertanian yang lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alouw, J. C. (2017). Feromon dan Pemanfaatannya Dalam Pengendalian Hama Kumbang Kelapa *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera : Scarabaeidae) Pheromone and its Use to Control Coconut Beetle. *Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain*, 32, 12–21.
- Aulia, W. (2020). *Uji perangkat lampu dan feromon buah nanas terhadap hama wereng batang coklat*. (Skripsi Sarjana, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara).
- Bagus, I. G., & Kusuma, W. (2015). Pengujian Performance Biodisel Biji Alpukat di Tinjau Butiran. *Jurnal Logic*, 15(3), 164–170.
- Caesarita, D. P. (2011). *Pengaruh Ekstrak Buah Nanas (Ananas comosus) 100 % Terhadap Bakteri Staphylococcus aureus dari Pioderma*. (Skripsi Sarjana, Universitas Diponegoro).
- Candra, R. (2020). *Efektivitas Beberapa Jenis Feromon Organik Dengan Berbagai Dosis Sebagai Perangkat Lalat Buah (Bactrocera sp.) Pada Tanaman Jambu Madu di Desa Paya Mabar Stabat*. (Skripsi Sarjana, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara).
- Candra, R., Meganningrum, P., Prayudha, M., & Susanti, R. (2019). Inovasi Baru Nanas Sebagai Alternatif Pengganti Feromon Kimiawi untuk Perangkat Hama Penggerak Batang (*Oryctes rhinoceros L.*) pada Tanaman Kelapa Sawit di Areal Tanah Gambut. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 22(2), 81–85. <https://doi.org/10.30596/agrium.v21i3.2456>
- Di, H., Wang, Z., & Hua, D. (2019). Precise size distribution measurement of aerosol particles and fog droplets in the open atmosphere. *Optics Express*, 27(12), A890. <https://doi.org/10.1364/oe.27.00a890>
- Gideon, S., & Tarigan, E. R. (2020). Penentuan Massa Jenis Oli secara Sederhana dengan Hukum Archimedes. *Physics Education Research Journal*, 2(1), 43. <https://doi.org/10.21580/perj.2020.2.1.5058>
- Hossain, M., & Patra, P. K. (2020). Water pollution index – A new integrated approach to rank water quality. *Ecological Indicators*, 117, 106668. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106668>
- Igathinathane, C., Pordesimo, L. O., Columbus, E. P., Batchelor, W. D., & Methuku, S. R. (2008). Shape identification and particles size distribution from basic shape parameters using ImageJ. *Computers and Electronics in Agriculture*, 63(2), 168–182. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.02.007>
- Irawati. (2018). Pembuatan Dan Pengujian Viskositas Dan Densitas Biodiesel Dari Beberapa Jenis Minyak Jelantah. *Jurnal*

- Fisika Dan Terapannya*, 5(1), 82–89. <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/jft/article/view/15972>
- Iswahyudi, D., Anshory, I., & Jamaaluddin, J. (2020). Rancang Bangun Alat Pengontrol Kelembaban Udara Pada Budidaya Jamur Menggunakan Arduino Uno Dan Ultrasonik Mist Maker. *Jurnal Elektronika, Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Informatika, Sistem Kontrol (J-Eltrik)*, 2(1), 28–37. <https://doi.org/10.30649/j-eltrik.v2i1.46>
- Kastalani, K., Kusuma, M. E., & Laurena, D. (2020). Pengaruh Aditif EM4 (effective microorganism), Air Tebu dan Tepung Jagung Terhadap Kualitas Uji Organoleptik Silase Rumput Kumpai (*Hymenachne amplexicaulis*). *Ziraa'Ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 45(2), 171. <https://doi.org/10.31602/zmip.v45i2.2885>
- Kooij, S., Astefanei, A., Corthals, G. L., & Bonn, D. (2019). Size distributions of droplets produced by ultrasonic nebulizers. *Scientific Reports*, 6128, 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42599-8>
- Mazzoli, A., & Favoni, O. (2012). Particle size, size distribution and morphological evaluation of airborne dust particles of diverse woods by Scanning Electron Microscopy and image processing program. *Powder Technology*, 225, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2012.03.033>
- Parinduri, S., Yosephine, I. O., & Nasution, M. D. R. (2020). Perbandingan Efektifitas Ferotrap, Light Trap dan Ferolight Trap Terhadap *Oryctes rhinoceros* Pada Tanaman Belum Menghasilkan Kelapa Sawit di Kebun Padang Brahrang Afdeling I. *Agrohita Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan*, 5(1), 12–24. <http://doi.org/10.31604/jap.v5i1.1652>
- Paudel, S., Jackson, T. A., Mansfield, S., Ero, M., Moore, A., & Marshall, S. D. G. (2023). Use of pheromones for monitoring and control strategies of coconut rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros*): A review. *Crop Protection*, 174, 106400. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106400>
- Putu, A. (2019). Kolmogorov-Smirnov Test. *ResearchGate*, 330083836, 3–6. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31867.36642>
- Rhohman, F., & Istiqlalayah, H. (2021). Analysis of Biogas Production From Fermentation Results of Pineapple Bark Waste as Main Raw Material Analisa Produksi Biogas Dari Hasil Fermentasi Limbah Kulit Nanas Sebagai Bahan Baku Utama. *Procedia of Engineering and Life Science*, 1(1), 4–9.
- Rosiah, A. A., & Luthfiah, D. R. (2016). *Pembuatan Alat Pengukur Massa Jenis dengan Isapan*. Seminar Nasional Jurusan Fisika Fmipa UM.
- Sandhiyoga, G. (2020). *Analisis Karakteristik Spray Biodiesel dan Campurannya Dengan Variasi Temperatur Injeksi*. (Skripsi Sarjana, Universitas Jember).
- Sulistyo, A. D. A., Wirawan, I. K. G., & Ghurri, A. (2017). Uji Karakteristik Distribusi Butiran Minyak Kelapa Pada Semburan Nosel Burner Sederhana. *Jurnal METTEK*, 2(1), 29–35.
- Suprianto, B., & Aziz, F. (2019). Rancang Bangun Sistem Pengendalian Kelembaban Pada Sistem Tanam Aeroponik Menggunakan Kontroller PID. *Jurnal Teknik Elektro*, 08(3), 595–602.
- Syafrani, S., Purnama, I., Mutamima, A., & Dewi, W. N. (2022, June). Study on the commitment of oil palm companies to achieve sustainable agriculture in Riau Province from the perspective of pesticide use. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1041, No. 1, p. 012038). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1041/1/012038>
- Syafriwel, Dwiyanto, & Martua, Y. (2022). Rancang Bangun Power Bank Charger Alternatif Untuk Alat Komunikasi Dengan Energi Terbarukan Solar Cell Mini. *Edu ElektriKa Journal*, 11(2), 35–40.
- Wahyunita. (2019). *Respons Serangga Terhadap Senyawa-Senyawa Volatil Yang Bersumber Dari Buah Nenas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) dan Nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) Di Perkebunan Kelapa Sawit* (Master's Thesis, Universitas Sumatera Utara).
- Wandono, E. H., & Kusdiyantini, E. (2020). Efektivitas Limbah Kulit Kering Nanas Madu (*Ananas Comosus* L. Merr) untuk Pembuatan Bioetanol dengan Proses Fermentasi dan Distilasi. *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 1(2), 45–53. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.9019>
- Yani, L. F. (2021). *Karakteristik Spray Bahan Bakar Campuran Diesel dan Biodiesel Nyampulng (*Calophyllum Inophyllum*) dengan Perlakuan Panas*. (Skripsi Sarjana, Universitas Jember).
- Yuana, H., & Permadi, D. F. H. (2019). Rancang Bangun Pengontrolan Otomatis Listrik Jarak Jauh dengan Menggunakan Aplikasi Android. *Prosiding SENTRA*, 85–90.