



Tongkat Aplikator Pestisida untuk Hama Kumbang Kelapa Sawit

Pesticide Applicator Stick for Oil Palm Beetle Pests

**Agus Sutejo^{1*}, Gilang Ramdani¹, Amalia Putri¹, Bambang Ferdiansyah¹,
Gregorios Damar Pratama Putra¹, Mochammad Rizky Assidiek¹**

¹ Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian,
IPB University

*Corresponding Author: Agussu@apps.ipb.ac.id

Abstract. *Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is one of Indonesia's most important plantation commodities, yet its productivity is often hampered by the rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros* L.). Conventional pest control methods using pesticide spraying are limited by uneven distribution, high risk of chemical exposure to workers, and pesticide wastage. This study designed a telescopic pesticide applicator stick as an innovation to improve pest control efficiency. The device consists of a 300 g capacity hopper, a stainless-steel auger, a 12V DC motor with gearbox, a 1.5–3 m aluminum telescopic pole, and a monostable mechanism based on an Arduino microcontroller to regulate pesticide dosage (5, 10, and 15 g). Mechanical analysis using Finite Element Analysis (FEA) showed that the telescopic clamp could withstand up to 300 N of load, while the elbow clamp could hold up to 600 N. Ergonomic analysis using the Rapid Entire Body Assessment (REBA) method produced a score of 5, indicating a medium risk level but still safe for operation. Functional testing revealed that the device was able to deliver granular pesticides precisely, with an effective spray reach of 20–30 cm from the outlet. The hopper capacity allowed application on approximately 30 trees per refill. With a production cost of around IDR 500,000, this innovation is considered effective, efficient, and economical in supporting oil palm rhinoceros beetle control while enhancing worker safety in the field.*

Keywords: *Applicator, Oil Palm, Pesticide, Rhinoceros Beetle, Telescopic Stick*

1. Pendahuluan

Kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Industri kelapa sawit tidak hanya menciptakan lapangan kerja yang besar, tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap devisa negara. Indonesia merupakan salah satu produsen minyak sawit terbesar

di dunia dengan luas lahan perkebunan kelapa sawit mencapai 34,18% dari total luas lahan perkebunan kelapa sawit dunia. Perkebunan kelapa sawit mengalami perkembangan yang sangat pesat, terutama di pulau Sumatera dan Kalimantan. Kedua pulau tersebut merupakan penyumbang utama produksi minyak sawit mentah (CPO) Indonesia, dengan kontribusi mencapai 95% (Santi et al., 2021).

Dalam budidaya kelapa sawit, hama menjadi salah satu faktor penghambat yang perlu diatasi. Salah satu hama yang sering menyerang tanaman kelapa sawit adalah hama kumbang tanduk. Hama dapat menyebabkan kerusakan fisik pada tanaman, akibat dari gesekan dan tusukan. Kerusakan ini berdampak besar terhadap hasil panen, bahkan dapat menyebabkan kematian tanaman (Febriani et al., 2020). Serangan hama juga dapat menyebabkan kerugian ekonomi di mana petani harus mengeluarkan biaya tambahan untuk memperbaiki kerusakan tanaman. Penggunaan pestisida menjadi pilihan yang umum digunakan karena dianggap sebagai solusi praktis untuk mengatasi berbagai jenis hama di lahan yang luas. Upaya untuk peningkatan produktivitas kelapa sawit dapat dilakukan melalui pengendalian hama.

Petani kelapa sawit sering kali menggunakan mesin pengabut untuk memberantas hama. Namun, metode ini kurang efektif dikarenakan asap pestisida dari mesin pengabut memiliki suhu tinggi dan mudah terbawa angin. Akibatnya, suhu permukaan daun meningkat dan menyebabkan penurunan laju fotosintesis serta kualitas tandan buah segar (Pradiko et al., 2019). Terdapat juga metode konvensional dengan menggunakan pestisida secara langsung pada tanaman kelapa sawit. Morfologi pelepah dan batang kelapa sawit yang tajam dapat menyebabkan luka pada pekerja saat aplikasi pestisida secara manual. Selain itu, posisi hama kumbang tanduk yang sering berada di sela-sela pelepah bagian dalam membuat proses penyemprotan menjadi lebih sulit dan berbahaya. Hal ini dapat meningkatkan risiko kecelakaan. Metode konvensional ini juga memerlukan waktu dan tenaga kerja yang lebih besar, sehingga menurunkan efisiensi dalam pengendalian hama (Mahyuni, 2015). Oleh karena itu, diperlukan inovasi alat aplikator yang mampu menjangkau area tersembunyi di pelepah kelapa sawit secara efektif dan aman, sekaligus meminimalkan risiko kecelakaan kerja serta meningkatkan efisiensi penggunaan pestisida di perkebunan kelapa sawit.

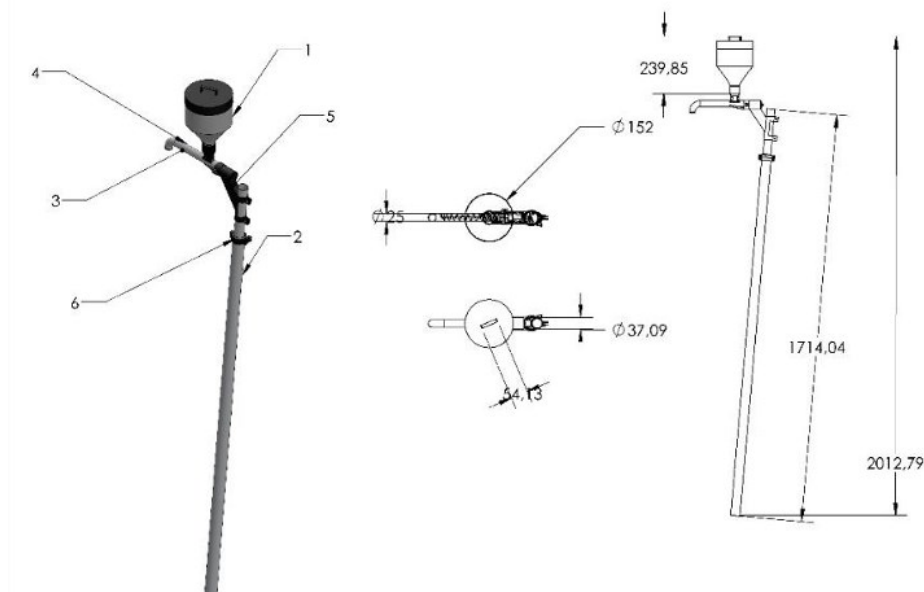
Penggunaan pestisida yang tidak optimum menjadi masalah krusial dalam budidaya kelapa sawit, menyebabkan penurunan produktivitas dan kerugian ekonomi bagi petani sehingga harus segera ditangani agar kualitas dan kuantitas produksi tidak terganggu. Oleh karena itu, inovasi dalam proyek desain ini adalah perancangan tongkat aplikator pestisida teleskopik untuk hama kumbang kelapa sawit yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan pemerataan distribusi pestisida tepat di pelepah kelapa sawit dan tidak berhamburan pada perkebunan kelapa sawit. Aplikator ini dirancang untuk tidak hanya meningkatkan produktivitas kelapa sawit, tetapi juga mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual. Selain itu, penggunaan aplikator ini diharapkan dapat meminimalkan risiko paparan bahan kimia berbahaya bagi para pekerja perkebunan. Dengan demikian, inovasi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan perkebunan kelapa sawit.

2. Metode Penelitian

Pengambilan data dan pengujian alat dilaksanakan di PT Daud Teknik Maju Pratama. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan perancangan dan pembuatan prototipe alat berupa tongkat aplikator pestisida teleskopik untuk pengendalian hama kumbang tanduk kelapa sawit (*Oryctes rhinoceros* L.). Tahapan penelitian meliputi perancangan alat, analisis struktural, evaluasi ergonomi, pengujian fungsional, serta analisis kelayakan ekonomi.

2.1 Perancangan Alat dan Spesifikasi Komponen

Secara umum, komponen utama yang ada pada alat ini adalah *hopper*, rangka besi, saluran pestisida, *auger*, sistem penggerak, dan sistem pengunci. Desain tongkat aplikator ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konstruksi Tongkat Aplikator Pestisida untuk Hama Kumbang Kelapa Sawit

1. *Hopper*
Dibuat dari plastik tahan korosi dengan kapasitas 300 gram. Desainnya memungkinkan pestisida keluar secara terkontrol ke *auger*. *Hopper* memiliki penutup untuk mencegah masuknya benda asing yang dapat mengganggu aliran pestisida.
2. Rangka Besi
Terbuat dari pipa aluminium ringan yang dapat diperpanjang hingga 3 meter, memberikan fleksibilitas dalam menjangkau pelepah sawit yang lebih tinggi. Tongkat ini memiliki sistem pengunci untuk memastikan kestabilan selama digunakan.
3. Saluran pestisida
berfungsi sebagai penghantar pestisida dari *hopper* ke pelepah kelapa sawit
4. *Auger*
Terbuat dari baja tahan karat dengan panjang 30 cm. yang berfungsi sebagai penghantar pestisida dari *hopper* ke pelepah kelapa sawit. *Auger* memiliki diameter yang disesuaikan agar pestisida tidak menggumpal atau tersumbat saat dialirkan.
5. Sistem penggerak
Menggunakan motor DC dengan gearbox yang menggerakkan *auger*, dikendalikan dengan rangkaian monostabil *multivibrator* berbasis mikrokontroler Arduino untuk mengatur dosis (5 g, 10 g, dan 15 g). Sumber energi menggunakan aki 12V.
6. Sistem pengunci
Menggunakan 2 jenis sambungan pada alat yaitu klem teleskopik dan klem siku.

2.2 Analisis Mekanis

Kekuatan struktur dianalisis menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA). Analisis dilakukan pada klem teleskopik, klem siku, dan pipa aluminium untuk mengetahui kemampuan menahan beban serta potensi deformasi saat digunakan.

2.3 Evaluasi Ergonomi

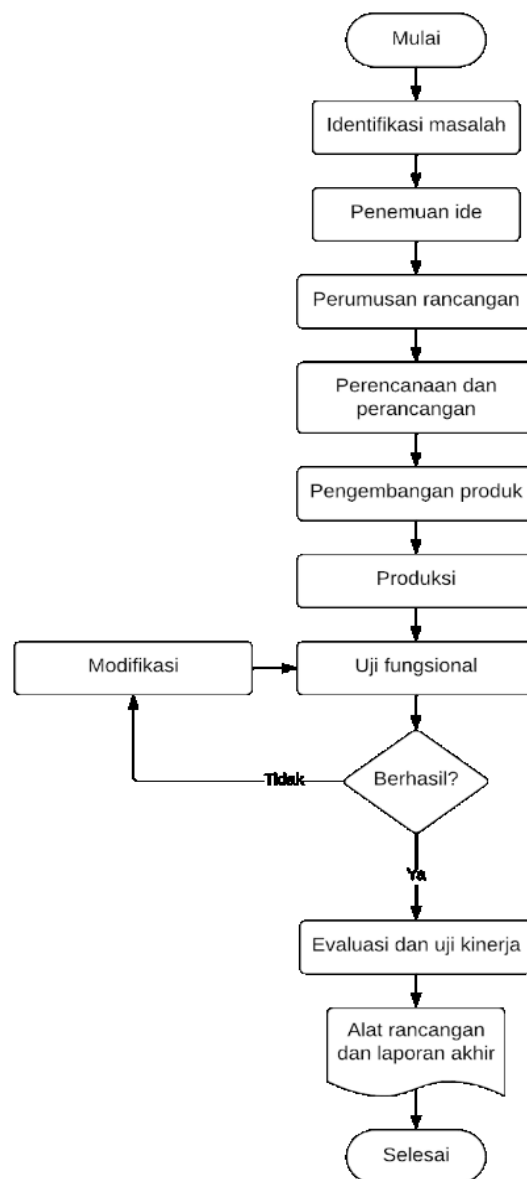
Evaluasi ergonomi dilakukan dengan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA). Analisis postur kerja operator dilakukan untuk menilai tingkat risiko ergonomis saat pengoperasian. Data sudut gerakan tubuh (*Range of Motion*/ROM) diperoleh melalui aplikasi pengukur sudut digital.

2.4 Analisis Ekonomi

Analisis biaya dilakukan untuk menghitung kebutuhan komponen dan biaya produksi alat. Estimasi harga dihitung dari total pembelian bahan, termasuk pipa aluminium, hopper, auger, motor DC, aki, klem teleskopik, serta rangkaian monostabil.

2.5 Prosedur Penelitian

Tahapan prosedur penelitian secara garis besar ditampilkan melalui bagan alir untuk membuat tongkat aplikator pestisida untuk hama kumbang kelapa sawit. Prosedur kerja yang lebih rinci tertera pada Gambar 1.



Gambar 2. Bagan alir tahapan prosedur penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Rancangan Tongkat Aplikator Pestisida Teleskopik

Tongkat aplikator pestisida teleskopik yang dirancang dalam proyek desain ini terdiri dari empat bagian utama, yaitu tongkat teleskopik, *hopper*, *auger*, dan mekanisme monostabil. Panjang tongkat dalam kondisi minimum adalah 1,5 meter dan dapat diperpanjang hingga 3 meter, sehingga memungkinkan jangkauan penyemprotan hingga pucuk pelepah kelapa sawit yang menjadi tempat persembunyian hama kumbang tanduk. Mekanisme penguncian antar tongkat menggunakan sistem klem teleskopik sehingga mudah diperpanjang dan disesuaikan dengan tinggi pohon kelapa sawit. Alat ini bekerja menggunakan prinsip gravitasi untuk mendorong butiran pestisida keluar melalui lubang-lubang penaburan yang telah diatur sesuai kebutuhan. *Hopper* pada alat ini dirancang berbentuk corong dengan kemiringan optimal agar pestisida mengalir ke *auger* secara alami tanpa penyumbatan.

3.2 Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional bertujuan untuk mengetahui hasil kerja alat secara nyata. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, pengoperasian alat cukup mudah dan mampu mengalirkan pestisida dengan presisi dalam waktu tertentu. Aliran pestisida stabil selama posisi tongkat lebih tinggi dari ujung semprot mengikuti prinsip gravitasi, dan penyemprotan cukup presisi dengan arah semprot yang bisa dikendalikan langsung oleh operator. Namun, karena tidak menggunakan tekanan, jarak jangkauan semprot relatif pendek (sekitar 20-30 cm dari ujung pipa penyalur). Akan tetapi, hal ini tidak menjadi masalah dikarenakan alat ini memang di desain untuk penyemprotan jarak dekat ke sarang hama kumbang tanduk.

3.3 Kapasitas Pestisida

Tongkat aplikator pestisida teleskopik memiliki kapasitas sekitar 300 gram. Dengan rata-rata penggunaan 10-15 gram/pohon, satu kali pengisian cukup untuk 30 pohon. Karena pengisian ulang cukup cepat dan mudah, hal ini tidak menghambat efisiensi kerja di lapangan. Alat ini berpotensi untuk program pengendalian hama kumbang tanduk kelapa sawit secara efektif di perkebunan skala kecil hingga menengah.

3.4 Kode Program Mekanisme Monostabil

Kode program pada mekanisme monostabil (lampiran 4), berfungsi untuk mengatur mekanisme kerja monostabil menggunakan Arduino. Pada kondisi normal, relay dalam keadaan mati (OFF) dan akan tetap demikian sampai adanya masukan atau input berupa penekanan tombol. Sebelum tombol ditekan, lakukan pengaturan atau set timer untuk menentukan durasi yang dibutuhkan saat akan melakukan penaburan pestisida. Saat tombol ditekan, program akan mengaktifkan relay (mengubah ke keadaan ON) dan mulai menghitung waktu berdasarkan nilai yang diatur melalui potensiometer. Selama waktu tersebut, program terus memonitor dan menampilkan waktu yang berjalan pada layar LCD. Setelah waktu aktif yang telah ditentukan berakhir, program secara otomatis mematikan relay dan mengembalikannya ke kondisi awal (OFF). Dengan demikian, fungsi program ini sejalan dengan karakteristik monostabil, yaitu hanya merespons satu kali terhadap satu trigger (penekanan tombol) dan kembali ke keadaan stabil setelah selang waktu tertentu tanpa perlu intervensi tambahan. Mekanisme ini memastikan bahwa setiap kali tombol ditekan, relay hanya aktif dalam periode waktu yang telah diatur, mendemonstrasikan perilaku khas dari rangkaian monostabil secara elektronik. Berikut kode programnya:

```
include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Inisialisasi LCD I2C (alamat 0x27 atau 0x3F, sesuaikan dengan modul Anda)
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

const int potPin = A0; // Pin potensiometer
const int buttonPin = 12; // Pin tombol
const int relayPin = 9; // Pin relay

void setup() {
  pinMode(buttonPin, INPUT); // Gunakan pull-up internal untuk tombol
  pinMode(relayPin, OUTPUT); // Atur pin relay sebagai output
  digitalWrite(relayPin, LOW); // Pastikan relay dalam kondisi OFF saat awal
  lcd.init();
  lcd.backlight();

  // ===== Tambahan: Menampilkan salam pembuka =====
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Toswit ON");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Kelompok 4 K4P4");
  delay(3000); // Tampilkan selama 3 detik
  lcd.clear(); // Hapus layar sebelum masuk loop
}

void loop() {
  int potValue = analogRead(potPin); // Baca nilai potensiometer
  float maxTime = map(potValue, 0, 1020, 0, 1500) / 100.0;

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Counting: ");
  lcd.print(maxTime, 2); // Tampilkan kondisi terakhir potensiometer
  lcd.print(" sec ");

  if (digitalRead(buttonPin) == LOW) { // Cek jika tombol ditekan
    digitalWrite(relayPin, HIGH); // Nyalakan relay
    unsigned long startTime = millis();
    while (millis() - startTime <= maxTime * 1000) {
      float elapsedTime = (millis() - startTime) / 1000.0;
      lcd.setCursor(0, 1); // Pindah ke baris kedua
      lcd.print("Time: ");
      lcd.print(elapsedTime, 2); // Tampilkan dengan 2 digit di belakang koma
      lcd.print(" sec "); // Tambahkan spasi untuk menghapus angka sebelumnya
    }
    digitalWrite(relayPin, LOW); // Matikan relay setelah counting selesai
  }
}
```

3.5 Analisis Ekonomi

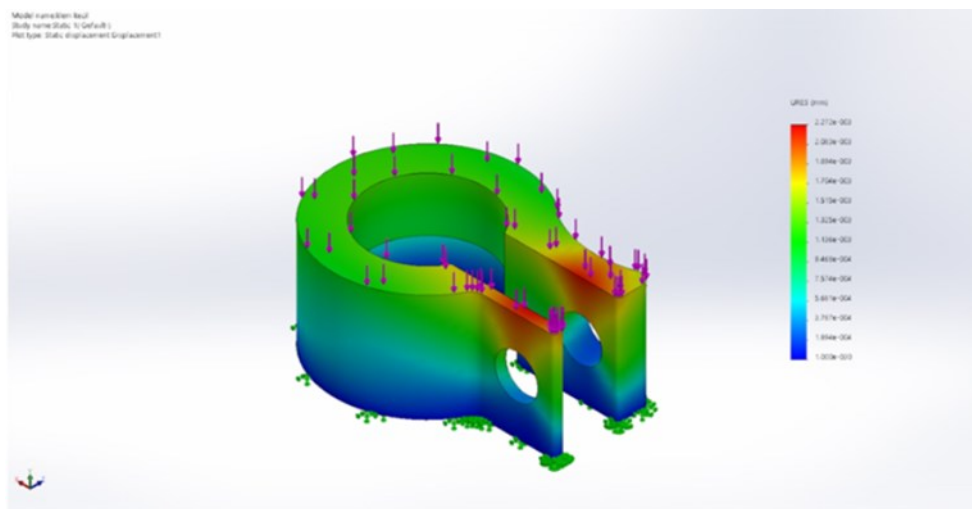
Produksi alat tongkat aplikator pestisida untuk kelapa sawit memerlukan berbagai persiapan, salah satunya adalah pemilihan alat dan bahan yang akan digunakan selama proses produksi. Berikut adalah rancangan biaya pembuatan alat tongkat aplikator pestisida kelapa sawit.

Tabel 1. Rancangan anggaran belanja

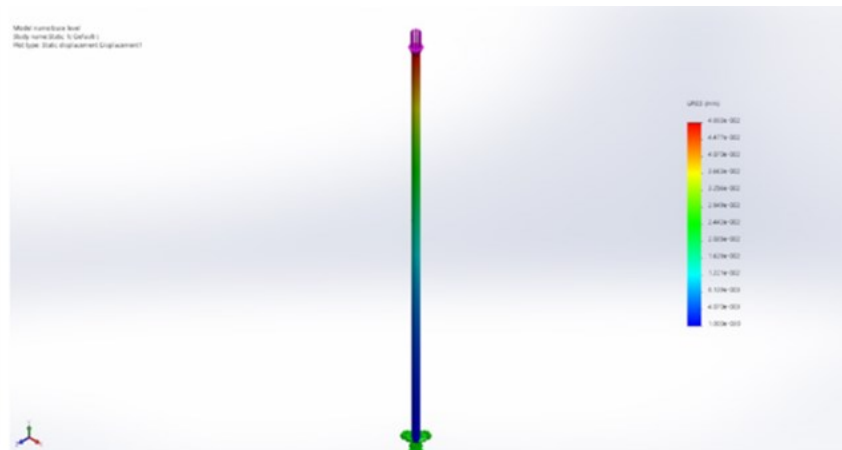
Nama Komponen	Kuantitas	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Pipa Aluminium 1.5 inch	1	meter		Rp150.000
Pipa Aluminium 1.25	1	meter		Rp100.000
Motor DC	1	Pcs		Rp30.000
Aki 12v	1	Pcs		Rp85.000
Kabel bintang meteran	3	meter	Rp5.000	Rp15.000
Auger custom	1	Cm		Rp50.000
Hopper mika/akrilik	1	Lm/lbr		Rp25.000
Klem teleskopik	1	Pcs		Rp35.000
Komponen monostabil	1	Pcs		Rp10000
Total				Rp500.000

3.6 Analisis FEA (Finite Element Analysis)

Terdapat 2 jenis sambungan pada alat yaitu klem teleskopik dan klem siku. Berdasarkan hasil simulasi pembebanan pada kedua komponen tersebut dapat diketahui bahwa klem teleskopik dapat menahan beban dari arah vertikal hingga sebesar 300 N atau 30 kg. Sementara pada klem siku dapat menahan beban yang mendekati 2 kali beban maksimal klem teleskopik yaitu sebesar 600 N atau setara dengan 60 kg. Selain kedua jenis sambungan tersebut, simulasi pengujian juga dilakukan pada pipa teleskopik aluminium dan diketahui bahwa pipa aluminium yang digunakan dapat menahan beban hingga 75 kg dari arah vertikal.



Gambar 3. Hasil analisis FEA klem teleskopik



Gambar 4. Hasil analisis FEA tongkat teleskopik

3.7 Analisis REBA

Analisis ergonomika dilakukan menggunakan metode REBA yang diciptakan oleh *Hignett* dan *McAtamney* (2000). ROM (*Range of Motion*) diukur menggunakan aplikasi Angulus. Hasil analisis REBA dari tongkat menghasilkan nilai 5, yang menunjukkan bahwa nilai REBA masih dalam kategori menengah dan aman untuk dilakukan pengoperasian.

Gambar 5. Hasil analisis REBA tongkat aplikator pestisida

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, tongkat aplikator pestisida teleskopik untuk hama kumbang kelapa sawit mampu meningkatkan efektivitas aplikasi pestisida di lapangan. Dengan mengadopsi mekanisme teleskopik, *hopper* berbentuk corong, *auger*, serta sistem pengaturan waktu berbasis monostabil, alat ini memberikan solusi praktis, aman, dan efisien untuk pengendalian hama di area yang sulit dijangkau. Selain mempermudah proses kerja, inovasi ini juga mendukung peningkatan produktivitas dan keselamatan kerja, sehingga diharapkan dapat berkontribusi nyata terhadap keberlanjutan dan kemajuan sektor perkebunan kelapa sawit.

4.2 Saran

Untuk meningkatkan kinerja alat, disarankan pengembangan sistem tekanan agar jangkauan semprot lebih luas serta penyempurnaan desain ergonomi untuk kenyamanan penggunaan. Perawatan rutin pada motor DC dan mekanisme monostabil juga penting dilakukan guna menjaga performa dan keandalan alat di lapangan.

Daftar Pustaka

- Febriani, Yusniwati, Efendi S. 2020. Inventarisasi hama kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada daerah endemik serangan di kabupaten dharma raya. *Jurnal AGRIFOR*. 19(1): 110.
- Hignett, S. dan McAtamney, L. 2000. *Rapid entire body assessment* (REBA). *Applied Ergonomics*. 31 (2):201-205.
- Mahyuni EL. 2015. Faktor risiko dalam penggunaan pestisida terhadap keluhan kesehatan pada petani di Kecamatan Berastagi Kabupaten Karo 2014. *KESMAS*. 9(1): 79-89.
- Pradiko I, Syarovy M, Hidayat F, Ginting EN, Farrasa R. 2019. Pengaruh ketinggian tempat terhadap performa fisiologis tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Tanah dan Iklim*. 43(1): 3342.
- Santi IS, Kristalisasi EN, Singh KR. 2021. Efektifitas orynet trap terhadap hasil tangkapan kumbang tanduk pada tanaman kelapa sawit belum menghasilkan. *Journal Agroista*. 5(2): 82-93.