

## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Permasalahan pada penelitian ini adalah konsekuensi ekonomis dari ketergantungan ini diperparah oleh eskalasi rerata upah tenaga kerja yang teramati pada kisaran 7,8% per tahun selama kurun waktu lima tahun terakhir, sebuah tren yang secara signifikan memperburuk kondisi inefisiensi operasional. Produktivitas yang secara tipikal dicapai melalui metode manual ini hanya mencapai 5 Ha/HK ekuivalen dengan kebutuhan 4 jam kerja intensif per Ha dengan tingkat *spray drift* (disipasi herbisida akibat evaporasi dan pergerakan angin) yang dapat mencapai hingga 40%. Lebih jauh, dependensi ekstensif terhadap tim yang terdiri atas lima tenaga kerja per hektar (yang meliputi operator dan penyemprot) juga secara sistematis memicu fenomena *labour shortage* di daerah-daerah terpencil, sehingga secara langsung memperlambat siklus penyemprotan dan mengganggu jadwal perawatan rutin.

Menyikapi tantangan ini, Revolusi Industri 4.0 menginisiasi suatu transformasi paradigmatik menuju *precision agriculture*, di mana mekanisasi penyemprotan muncul sebagai solusi strategis yang sangat menjanjikan. Teknologi ini menawarkan akurasi aplikasi herbisida yang superior melalui kontrol terkalibrasi secara presisi terhadap parameter operasional krusial seperti tekanan (dalam satuan Bar), debit nozel (dalam satuan Liter per menit), dan laju traktor (dalam satuan kilometer per jam). Pendekatan ini secara bersamaan menggeser rasio tenaga kerja yang sebelumnya bersifat padat karya dari 5:1 (pada metode

manual) menjadi 1:1 (pada metode mekanis) (Schimmelpfennig, 2016), mengindikasikan efisiensi tenaga kerja yang substansial. Inovasi sistem pengendalian gulma di piringan pasar pikul secara mekanis yang berbasis mini traktor—dengan contoh spesifik seperti model Erreppi MK II+ yang diuji dalam dokumen eksperimental ini—telah secara empiris mendemonstrasikan peningkatan produktivitas yang mengesankan sebesar 150% (yakni dari 3 -5 menjadi 12,5 Ha/HK). Walau demikian, implementasi teknologi ini pada area spesifik piringan dan pasar pikul masih menghadapi kompleksitas operasional yang unik. Area ini, sebagai *hotspot* kompetisi gulma, dicirikan oleh densitas tajuk yang rendah pada tanaman muda, sebuah kondisi yang secara langsung memprovokasi invasi gulma jenis *C<sub>4</sub>* yang agresif (Kushairi et al., 2017). Keterbatasan geometris area, khususnya lebar pasar pikul yang hanya 1,2 meter, secara inheren menghambat manuver peralatan berukuran besar, sementara penyemprotan manual berisiko menginduksi kerusakan pada *root zone* tanaman (terlaporkan pada 30% kasus di Riau, 2023), yang dapat memperlambat pertumbuhan dan pemulihan. Desain alat konvensional, seperti *boom sprayer*, terbukti tidak mampu beradaptasi secara efektif dengan kontur pasar pikul yang bervariasi, sehingga modifikasi kritis berupa *stick nozzle* sepanjang 90 cm dan penambahan kursi putar bagi operator pada sistem ini menjadi esensial untuk optimalisasi kinerja.

Sistem Pengendalian Gulma Secara mekanis di piringan dan pasar pikul pada perkebunan kelapa sawit menyajikan resolusi holistik yang komprehensif, terefleksi melalui integrasi sinergis dari empat keunggulan fundamental. Secara teknis, modifikasi struktural berupa *footrest adjustable* dan *nozzle stick* secara

strategis dirancang untuk memfasilitasi jangkauan efektif terhadap gulma yang tumbuh di bawah pelepah tanaman, sambil secara cermat menghindari potensi gangguan atau kerusakan pada sistem perakaran kelapa sawit yang sensitif. Dari perspektif ekonomis, pendekatan ini secara impresif menekan biaya operasional hingga titik Rp 43.477/Ha, sebuah efisiensi yang substansial dicapai melalui optimalisasi konsumsi bahan bakar solar (sebesar 0,27 L/Ha) dan herbisida (sebesar 0,3 L/Ha), sehingga menghasilkan penghematan biaya yang signifikan dibandingkan metode konvensional. Aspek ergonomis dari sistem ini secara eksplisit ditunjukkan oleh implementasi kursi rotasi 180° yang revolusioner, dirancang khusus untuk secara signifikan mereduksi tingkat kelelahan fisik operator hingga 40%, sehingga meningkatkan kenyamanan dan produktivitas kerja jangka panjang. Terakhir, dari sudut pandang ekologis yang krusial, kombinasi tekanan semprot yang konsisten pada 4 Bar dan nozel Polijet Merah secara efektif meminimalkan *spray drift* hingga 15%, yang tidak hanya meningkatkan efikasi aplikasi tetapi juga mengurangi dampak negatif herbisida terhadap lingkungan sekitar. Implikasi jangka panjang dari penerapan sistem ini secara intrinsik selaras dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*), khususnya SDG 8 yang berfokus pada pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi melalui transformasi tenaga penyemprot manual menjadi operator mekanis yang terampil (dengan potensi peningkatan upah sebesar +25%), serta SDG 12 yang menekankan pada konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab melalui reduksi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang diestimasi mencapai 12.500 ton CO<sub>2</sub>-eq/tahun sebagai akibat dari penurunan volume penggunaan

herbisida (Fairhurst & McLaughlin, 2009). Oleh karena itu, studi ini tidak hanya bertujuan untuk memvalidasi secara empiris klaim-klaim yang termuat dalam dokumen, melainkan juga berupaya menyediakan basis kebijakan yang komprehensif dan solid bagi akselerasi proses mekanisasi nasional di sektor pertanian, sebagaimana telah secara resmi diamanatkan oleh Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2023.

Dengan demikian, investigasi yang mendalam mengenai efektivitas pengendalian gulma secara mekanis pada piringan dan pasar pikul di perkebunan kelapa sawit dianggap tidak hanya relevan tetapi juga esensial. Penelitian ini akan menganalisis komprehensif produktivitas kerja yang dapat dicapai serta efisiensi biaya operasional yang inheren, memberikan data yang krusial untuk pengambilan keputusan strategis di masa mendatang.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan paparan latar belakang, perumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis *output* kerja per hari yang dihasilkan dari penyemprotan mekanis dengan mempertimbangkan variasi parameter teknis (tekanan 4 Bar, *gear* 1–2, dan RPM 1.500–2.000)?
2. Bagaimana analisis biaya operasional penyemprotan mekanis, yang mencakup komponen biaya alat, , biaya bahan herbisida, dan biaya bahan bakar solar?

### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan fundamental yang menjadi landasan dan arahan utama dari penelitian ini dapat dirumuskan secara eksplisit sebagai berikut:

1. Menganalisis evaluasi terhadap produktivitas (Ha/HK) penyemprotan mekanis berdasarkan parameter teknis operasional yang relevan.
2. Memodifikasi alat Traktor: Erreppi MK II+ (11,3 HP, 4 WD, berat 1.700 kg) dan Sprayer: Emdek BSF 600 (kapasitas 600 L) sehingga sesuai untuk digunakan sebagai alat pengendalian gulma di piringan dan pasar pikul pada perkebunan kelapa sawit
3. Menganalisis efisiensi biaya operasional (Rp/Ha) dan mengidentifikasi titik impas investasi (*Break-Even Point/BEP*).

### **D. Batasan Masalah**

Studi ini secara spesifik membatasi lingkup analisis pada efektivitas penyemprotan mekanis sistem mekanis di area piringan (dengan radius 2 meter) dan pasar pikul (lorong dengan lebar 1,2 meter). Pengujian hanya dilaksanakan disalah satu Perkebunan Kelapa Sawit di Kab.Siak,Prov.Riau, dalam periode Agustus 2024 hingga Februari 2025, menggunakan Mini Traktor Erreppi MK II+. Efektivitas diukur melalui dua indikator kuantitatif: produktivitas kerja (Ha/HK) dan biaya operasional (Rp/Ha). Aspek biologis, seperti tingkat resistensi gulma, tidak diukur secara langsung. Analisis ekonomi mengadopsi asumsi titik impas investasi selama 3,2 tahun tanpa memperhitungkan faktor inflasi atau fluktuasi harga pasar