

PERANCANGAN GEROBAK DORONG PANEN ERGONOMIS SEBAGAI INTERVENSI PENURUNAN BEBAN KERJA DAN PENINGKATAN EFISIENSI DISTRIBUSI HASIL PANEN DI PERTAMANAN POMOSDA

Putut Ade Irawan ¹⁾, Hendrik Julianto ²⁾, Elfi Rohmatin ³⁾,
Bagus Nanda ⁴⁾, Himayatul Humairoh ⁵⁾, Marpiani ⁶⁾

^{1,2,3,4,5,6)} Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi POMOSDA, Nganjuk, Jawa Timur, Indonesia
Email : pututadeirawan@gmail.com

Abstrak, Pekerja pertanian memiliki prevalensi gangguan muskuloskeletal yang tinggi akibat penanganan beban secara manual, sebagaimana terjadi di Pertamanan POMOSDA, Tanjunganom, Nganjuk, tempat hasil panen masih dipikul dengan beban 25–35 kg per orang sebanyak 8–12 kali per sesi panen. Penelitian ini bertujuan merancang, memfabrikasi, dan mengevaluasi gerobak dorong panen ergonomis untuk menurunkan beban kerja fisik dan meningkatkan efisiensi distribusi hasil panen. Pendekatan rancang bangun digunakan melalui identifikasi masalah, pengukuran antropometri pekerja ($n = 10$), perancangan, verifikasi analitis kekuatan rangka, fabrikasi, uji fungsi, dan evaluasi komparatif antara metode manual dan penggunaan alat. Prototipe yang dihasilkan berupa gerobak berangka besi siku $40 \times 40 \times 4$ mm dengan dua roda tetap pneumatik di belakang dan satu roda swivel di depan, dinding kawat jaring, alas kayu, serta tinggi pegangan 90–100 cm yang diturunkan dari data tinggi pinggul pekerja. Kapasitas rancangan 100–150 kg per perjalanan meningkatkan kapasitas angkut sekitar 300% dibanding metode manual dan menurunkan frekuensi perjalanan dari rata-rata 10 menjadi 2–3 kali per sesi. Verifikasi analitis menunjukkan faktor keamanan 2,0 terhadap tegangan luluh pada beban rancangan dengan faktor dinamis 1,5, dan skor kelayakan panel mencapai 4,4 dari skala 5. Dengan biaya produksi Rp2.548.300 per unit, alat ini layak diterapkan pada pertanian skala pesantren, meskipun uji beban, gaya dorong, dan stabilitas secara eksperimental masih diperlukan.

Kata Kunci: Ergonomi, Gerobak Dorong, Manual Handling, Musculoskeletal Disorders, Perancangan Produk

PENDAHULUAN

Gangguan muskuloskeletal (*musculoskeletal disorders*/MSDs) merupakan keluhan kesehatan kerja yang paling umum pada pekerja pertanian. Kajian sistematis di Asia Tenggara melaporkan prevalensi MSDs pada petani Indonesia sekitar 81%, dengan faktor risiko utama berupa postur janggal, gerakan berulang, peralatan yang tidak ergonomis, dan pengangkatan beban berat (Akbar et al., 2023). Kondisi serupa ditemukan di negara berpenghasilan rendah dan menengah yang pekerjaan pertaniannya masih bertumpu pada tenaga manual (Kumaraveloo & Lunner Kolstrup, 2018). Di antara aktivitas pertanian, pemanenan dan pengangkutan beban merupakan tugas yang paling banyak dikaji kaitannya dengan MSDs (Benos et al., 2020); (Abd et al., 2025).

Permasalahan tersebut juga terjadi di Pertamanan POMOSDA, Tanjunganom, Nganjuk. Hasil panen masih dipindahkan dengan cara dipikul dalam karung oleh dua orang melalui jalur tanah dan paving yang tidak selalu rata, sehingga setiap pekerja menanggung beban 25–35 kg pada bahu dan punggung per perjalanan dengan frekuensi 8–12 kali per sesi

panen. Beban tersebut melebihi konstanta beban 23 kg yang menjadi batas atas persamaan angkat NIOSH pada kondisi ideal (Waters, 1994) dan menjadi hambatan produktivitas pada musim panen puncak.

Salah satu intervensi yang sederhana dan murah adalah mengganti aktivitas memikul atau mengangkat dengan mendorong alat angkut beroda. Studi biomekanik menunjukkan bahwa beban punggung bawah saat mendorong kereta terutama ditentukan oleh besar gaya dorong dan tinggi pegangan (Hoozemans et al., 2004); (Lee et al., 1991). Gaya dorong itu sendiri dipengaruhi oleh berat muatan, diameter roda, dan jenis permukaan; roda berdiameter kecil memerlukan gaya dorong awal yang lebih besar ((Al-Eisawi et al., 1999); (Jansen et al., 2002). Studi redesain alat angkut dan alat kerja berbasis antropometri pengguna, seperti kereta makanan rumah sakit (Das et al., 2002), kereta servis kendaraan (Jin et al., 2025), dan alat tangan pertanian dengan material lokal (Unegbu & Yawasa, 2025), menunjukkan bahwa penyesuaian dimensi pegangan dan konfigurasi roda merupakan pendekatan yang layak untuk menurunkan beban fisik pekerja.

Namun, sebagian besar studi tersebut dilakukan pada lingkungan industri atau jasa dengan lantai rata, sementara kajian perancangan alat angkut hasil panen untuk pertanian skala kecil, khususnya kebun pesantren di Indonesia dengan jalur campuran tanah, paving, dan tanjakan, masih terbatas. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi data antropometri pekerja setempat, verifikasi analitis kekuatan rangka, dan fabrikasi berbiaya rendah di bengkel lokal dalam satu siklus rancang bangun, dengan konfigurasi roda campuran (roda pneumatik besar di belakang dan roda swivel di depan) untuk medan kebun. Tujuan penelitian adalah: (1) mengidentifikasi kebutuhan pengguna dan spesifikasi alat; (2) merancang dan memfabrikasi gerobak dorong panen ergonomis; (3) mengevaluasi kelayakan teknis, ergonomis, dan ekonomi alat; serta (4) menganalisis dampaknya terhadap beban kerja fisik dan efisiensi distribusi hasil panen.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan rancang bangun (*design and development research*) jenis penelitian produk (*product and tool research*) berbasis studi kasus di Pertamanan dan unit perbengkelan POMOSDA, Tanjunganom, Nganjuk. Pendekatan ini dipilih karena luaran utama penelitian berupa produk yang siap diterapkan di lapangan (Richey & Klein, 2007). Evaluasi dilakukan secara komparatif (sebelum–sesudah) dan melalui penilaian kelayakan multikriteria.

Alur Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam delapan tahap berurutan dengan umpan balik perbaikan desain. Tahap 1 (identifikasi masalah) berupa observasi langsung aktivitas panen selama dua minggu untuk mencatat metode pengangkutan, jarak tempuh, berat beban per perjalanan, frekuensi perjalanan per sesi, keluhan fisik, dan kondisi jalur distribusi. Tahap 2 (pengumpulan data) meliputi wawancara semi-terstruktur dengan 8 pekerja panen dan 2 supervisor serta pengukuran antropometri dasar (tinggi badan, tinggi pinggul, dan tinggi bahu) terhadap 10 pekerja calon pengguna.

Tahap 3–4 (spesifikasi dan perancangan) memadukan data observasi, data antropometri, dan kajian literatur untuk menetapkan kapasitas angkut, dimensi bak, tinggi pegangan,

konfigurasi roda, dan material. Tinggi pegangan diturunkan dari distribusi tinggi pinggul pekerja; persentil 5, 50, dan 95 dihitung dengan asumsi distribusi normal ($P5/P95 = \text{rata-rata} \pm 1,645 \text{ SD}$) dan ditambah kelonggaran alas kaki. Kekuatan rel samping rangka diverifikasi secara analitis dengan model balok sederhana berbeban merata (Gere & Goodno, 2013) pada tiga kondisi, yaitu beban rancangan 150 kg, beban rancangan dengan faktor dinamis 1,5 untuk memperhitungkan kejutan saat melintasi jalur tidak rata, dan beban uji 200% (300 kg).

Tahap 5–6 (fabrikasi dan *finishing*) dilaksanakan di bengkel POMOSDA oleh tenaga las lokal. Tahap 7 (uji fungsi) berupa uji manuver pada jalur distribusi dengan permukaan rata, tanah, dan jalur miring untuk memeriksa kemampuan belok dan kestabilan secara observasional; apabila ditemukan kendala, desain direvisi sebelum masuk Tahap 8 (evaluasi). Uji beban statis, pengukuran deformasi, dan pengukuran gaya dorong secara instrumental belum dilakukan pada tahap ini sehingga dicatat sebagai keterbatasan penelitian.

Instrumen Evaluasi

Kelayakan alat dinilai menggunakan *scorecard* multikriteria dengan tujuh kriteria (skala Likert 1–5): multifungsi, kekuatan dan keamanan struktur, berat alat, aspek ergonomis, kemudahan perawatan, kemudahan manufaktur, serta biaya. Penilaian dilakukan oleh panel yang terdiri atas 2 insinyur teknik industri, 1 ahli ergonomi, dan 3 pekerja panen sebagai pengguna representatif. Profil ergonomi komparatif antara metode manual dan gerobak dorong dinilai oleh panel yang sama pada enam dimensi (postur kerja, beban otot, stabilitas alat, kemudahan manuver, kenyamanan pegangan, dan keamanan muatan) dengan skala 1–5. Evaluasi kinerja komparatif menggunakan indikator kapasitas angkut, frekuensi perjalanan, dan estimasi waktu distribusi per sesi, sedangkan beban relatif punggung bawah diestimasi secara kualitatif berdasarkan literatur biomekanika (Hoozemans et al., 2004); (Waters, 1994)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Teknis dan Rancangan Gerobak Dorong

Proses identifikasi kebutuhan, perumusan spesifikasi, dan perancangan menghasilkan gerobak dorong panen dengan delapan

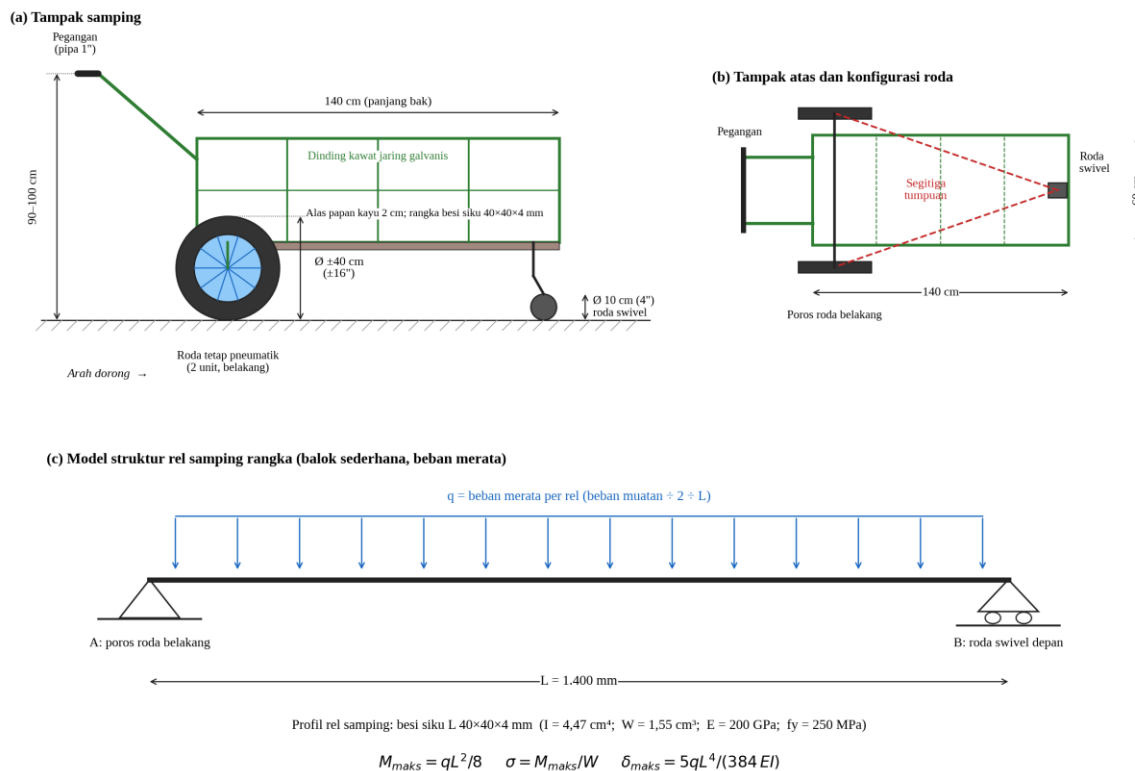
karakteristik utama sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Gambar rancangan berdimensi,

konfigurasi roda dan pegangan, serta model struktur rangka ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Gerobak Dorong Panen Ergonomis

No	Karakteristik Alat	Spesifikasi / Uraian
1	Material Rangka Utama	Besi siku 40×40×4 mm untuk rel samping dan dasar rangka serta besi hollow 40×40×2 mm untuk rangka sekunder; kapasitas rancangan 150 kg berdasarkan verifikasi analitis (Tabel 2).
2	Sistem Penggerak	Tiga roda: dua roda tetap pneumatik ±16 inci (±40 cm) pada poros belakang dan satu roda swivel <i>heavy duty</i> 4 inci di depan; konfigurasi dipilih dalam desain awal untuk kombinasi daya dukung dan kemampuan belok di jalur sempit.
3	Kapasitas Muat	100–150 kg per perjalanan (kapasitas rancangan); setara 3–5 kali pengangkutan manual.
4	Dimensi Ergonomis	Tinggi pegangan 90–100 cm (diturunkan dari tinggi pinggul P50–P95 pekerja ditambah kelonggaran alas kaki); panjang bak 140 cm; lebar 60 cm.
5	Sistem Penutup Muatan	Kawat jaring galvanis (mesh 2×2 cm) pada tiga sisi (kanan, kiri, depan) untuk mencegah hasil panen terjatuh saat melewati jalur tidak rata.
6	Alas Bak	Papan kayu jati belanda tebal 2 cm; tidak licin dan mudah dibersihkan.
7	Sistem Sambungan	Las listrik untuk rangka utama; sekrup 6×40 mm (34 buah) dan baut M10 (22 buah) untuk komponen sekunder yang dapat dibongkar.
8	Proteksi Permukaan	Cat anti karat <i>epoxy (primer + top coat)</i> untuk melindungi rangka dari korosi akibat tanah, air, dan kelembapan kebun.

Sumber: data diolah (2026)



Skema tidak berskala; satuan dalam cm kecuali dinyatakan lain.

Gambar 1. Rancangan gerobak dorong panen ergonomis: (a) tampak samping berdimensi; (b) tampak atas dan konfigurasi roda; (c) model struktur rel samping rangka

Sumber: data diolah (2026)

Tinggi pegangan diturunkan dari hasil pengukuran tinggi pinggul pekerja panen

POMOSDA, yaitu $88,3 \pm 4,2 \text{ cm}$ ($n = 10$), yang menghasilkan persentil 5, 50, dan 95 berturut-

turut 81,4 cm, 88,3 cm, dan 95,2 cm. Dengan kelonggaran alas kaki sekitar 2–3 cm, batas bawah pegangan ditetapkan 90 cm (P50 + kelonggaran alas kaki) dan batas atas 100 cm (P95 + kelonggaran alas kaki, dibulatkan ke atas), sehingga pegangan berada pada atau sedikit di atas tinggi pinggul sebagian besar pengguna. Rentang ini sejalan dengan temuan Lee et al. (1991) bahwa di antara tiga ketinggian yang diuji (66, 109, dan 152 cm), pegangan setinggi sekitar 109 cm menghasilkan beban punggung bawah terendah saat mendorong, serta dengan kesimpulan Jansen et al. (2002) bahwa pegangan yang lebih tinggi cenderung lebih menguntungkan bagi beban punggung bawah dan bahu.

Konfigurasi roda terdiri atas dua roda tetap pneumatik berdiameter ± 40 cm (± 16 inci) pada poros belakang dan satu roda swivel *heavy duty* 4 inci di depan (Gambar 1b dan Gambar 3). Konfigurasi ini dipilih dalam desain awal

dengan pertimbangan bahwa roda belakang berdiameter besar menanggung sebagian besar beban dan memiliki hambatan gulir lebih rendah pada tanah dan paving tidak rata, sedangkan roda swivel depan memberikan kemampuan belok di jalur sempit kebun. Keunggulan konfigurasi ini dibanding alternatif lain, misalnya empat roda atau seluruh roda swivel, belum diuji secara komparatif dalam penelitian ini.

Hasil verifikasi analitis kekuatan rel samping rangka disajikan pada Tabel 2. Setiap rel samping (besi siku L 40×40×4 mm; $I = 4,47 \text{ cm}^4$; $W = 1,55 \text{ cm}^3$) dimodelkan sebagai balok sederhana dengan bentang 1.400 mm antara poros roda belakang dan roda swivel depan yang menerima setengah dari beban muatan secara merata (Gambar 1c). Model ini konservatif karena mengabaikan kontribusi batang melintang, dinding, dan papan alas dalam memikul beban.

Tabel 2. Verifikasi Analitis Kekuatan Rel Samping Rangka (Besi Siku L 40×40×4 mm)

Kondisi Pembebanan	Beban per Rel (N)	Mmaks (N·m)	σ (MPa)	σ/f_y (%)	Faktor Keamanan	δ_{maks} (mm)
Beban rancangan 150 kg	735,8	128,8	83,1	33,2	3,01	2,94 (L/476)
150 kg × faktor dinamis 1,5	1.103,6	193,1	124,6	49,8	2,01	4,41 (L/317)
Beban uji 200% (300 kg)	1.471,5	257,5	166,1	66,5	1,51	5,88 (L/238)

Sumber: hasil perhitungan (2026);

Pada beban rancangan 150 kg, tegangan lentur maksimum sebesar 83,1 MPa atau 33,2% dari tegangan luluh, sehingga tegangan berada di bawah 40% tegangan luluh hanya pada kondisi statis. Dengan faktor dinamis 1,5, tegangan meningkat menjadi 124,6 MPa (faktor keamanan 2,0) dan defleksi 4,41 mm masih di bawah batas L/300 (4,67 mm). Pada beban uji 200%, tegangan 166,1 MPa secara teoretis masih berada dalam daerah elastis. Dengan demikian, kapasitas 150 kg dinyatakan sebagai kapasitas rancangan berdasarkan perhitungan, bukan kapasitas yang telah diverifikasi melalui uji deformasi. Asumsi mutu baja setara ASTM A36 juga perlu dikonfirmasi karena besi siku di pasaran lokal dapat memiliki tegangan luluh dan ketebalan aktual yang lebih rendah dari nilai nominal.

Fabrikasi dan Klasifikasi Komponen

Proses pengecatan dan rangka hasil fabrikasi ditunjukkan pada Gambar 2, sedangkan prototipe akhir ditunjukkan pada Gambar 3. Rincian komponen, material, dimensi, dan jumlah yang digunakan disajikan pada Tabel 3.





Gambar 2. Proses fabrikasi: (a) pengecatan rangka dengan cat anti karat; (b) rangka setelah pengecatan dengan roda swivel depan terpasang
 Sumber: dokumentasi penelitian (2026)



Gambar 3. Prototipe akhir gerobak dorong panen ergonomis
 Sumber: dokumentasi penelitian (2026)

Tabel 3. Klasifikasi Komponen Gerobak Dorong Panen Ergonomis

No	Nama Komponen	Material	Dimensi	Qty	Keterangan
1	Roda	Roda tetap pneumatik (2) dan roda swivel karet + besi (1)	±16" (belakang); 4" / Ø100 mm (depan)	3 unit	Roda belakang menopang sebagian besar beban; roda swivel depan untuk manuver di lahan sempit
2	Penutup badan (kawat)	Kawat jaring galvanis	140 × 60 cm	1 lembar	Melindungi muatan pada 3 sisi; galvanis tahan korosi
3	Kerangka utama	Besi siku 40×40×4 mm	Panjang 6 m	2 batang	Fondasi utama; las listrik untuk sambungan kaku
4	Kerangka sekunder	Besi hollow 40×40×2 mm	Panjang 4 m	2 batang	Penyangga dinding dan pegangan
5	Pegangan	Besi pipa 1"	L = 60 cm	2 unit	Ketinggian 90–100 cm sesuai antropometri pekerja
6	Sambungan baut	Baut M10 galvanis	Ø10 × 20 mm	22 buah	Pengunci komponen sekunder yang dapat dibongkar
7	Sambungan sekrup	Sekrup <i>self-tapping</i>	6 × 40 mm	34 buah	Pemasangan kawat dan kayu ke rangka
8	Proteksi cat	Cat anti karat <i>epoxy</i>	1 kg (<i>primer + top coat</i>)	1 kaleng	Perlindungan korosi; mudah dibersihkan

Sumber: data diolah (2026)

Analisis Biaya Produksi

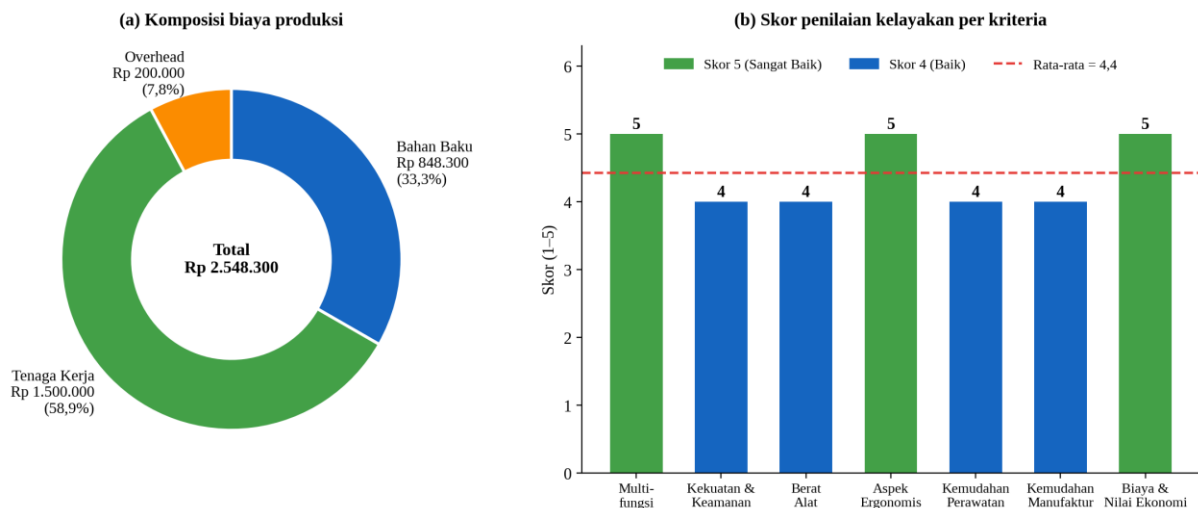
Rincian biaya produksi satu unit gerobak dorong disajikan pada Tabel 4. Total biaya produksi sebesar Rp2.548.300 terdiri atas biaya bahan baku Rp848.300 (33,3%), tenaga kerja

Rp1.500.000 (58,9%), dan *overhead* variabel Rp200.000 (7,8%).

Tabel 4. Rincian Biaya Produksi Gerobak Dorong Panen Ergonomis

No	Item Biaya	Satuan	Volume	Nilai (Rp)
A	Biaya Bahan Baku			848.300
1	Besi siku 40×40×4 mm (6 m × 2 batang)	batang	2	186.000
2	Besi hollow 40×40×2 mm (4 m × 2 batang)	batang	2	124.000
3	Kawat jaring galvanis (140 × 60 cm)	lembar	1	85.000
4	Kayu papan jati belanda 2 cm	lembar	9	135.000
5	Roda (2 roda tetap pneumatik + 1 roda swivel 4")	unit	3	135.000
6	Besi pipa 1" (pegangan, 60 cm × 2)	unit	2	48.000
7	Baut M10 galvanis	set	1	22.000
8	Sekrup <i>self-tapping</i> 6 × 40 mm	set	1	12.500
9	Cat anti karat <i>epoxy</i> (<i>primer</i> + <i>top coat</i>)	kaleng	1	74.800
10	Elektroda las	dos	1	26.000
B	Biaya Tenaga Kerja			1.500.000
11	Tukang las (5 hari × Rp200.000)	hari	5	1.000.000
12	Asisten bengkel (5 hari × Rp100.000)	hari	5	500.000
C	Biaya Overhead Variabel			200.000
13	Konsumsi listrik bengkel (estimasi)	ls	1	80.000
14	Gerinda, bor, dan penggunaan alat	ls	1	70.000
15	Amplas, <i>thinner</i> , kuas	ls	1	50.000
	TOTAL (A + B + C)			2.548.300

Sumber: data diolah (2026)



Gambar 4. (a) Komposisi biaya produksi; (b) skor kelayakan per kriteria

Sumber: hasil pengolahan data penelitian (2026)

Gambar 4(a) menunjukkan bahwa biaya tenaga kerja mendominasi (58,9%) karena proses pengelasan dan fabrikasi memerlukan keahlian khusus dan waktu pengerjaan lima hari, sedangkan bahan baku hanya 33,3% dari total karena material tersedia secara lokal di wilayah Nganjuk. Gambar 4(b) menampilkan skor kelayakan per kriteria dengan rata-rata 4,4 dari skala 5 (kategori sangat layak).

Secara ekonomi, biaya Rp2.548.300 per unit relatif rendah dibanding solusi mekanisasi penuh seperti traktor mini atau kendaraan angkut bermotor yang harganya mencapai puluhan juta rupiah, sehingga lebih sesuai untuk skala operasi pertanian pesantren. Periode pengembalian modal belum dihitung secara formal karena memerlukan data nilai waktu kerja dan umur pakai aktual alat, sehingga direkomendasikan untuk penelitian lanjutan.

Evaluasi Kelayakan Ergonomi

Tabel 5. Skor Penilaian Kelayakan Alat (Scorecard Multikriteria)

No	Kriteria Seleksi Desain	Skor (1–5)	Kategori	Analisis Ergonomi / Teknis
1	Multifungsi	5	Sangat Baik	Dapat digunakan untuk hasil panen, pupuk, material kebun, dan peralatan pertanian lainnya secara bergantian.
2	Kekuatan & Keamanan Struktur	4	Baik	Sambungan las kaku; tidak ada sudut tajam; kapasitas rancangan 150 kg terverifikasi secara analitis (faktor keamanan 2,0 dengan faktor dinamis 1,5).
3	Berat Alat (Kemudahan Manuver)	4	Baik	Bobot alat kosong ± 18 kg; dapat dimanuver oleh satu operator di lahan sempit dan jalur berkelok.
4	Aspek Ergonomis	5	Sangat Baik	Tinggi pegangan diturunkan dari data tinggi pinggul pekerja; pola kerja mendorong menggantikan memikul; berat muatan ditopang roda.
5	Kemudahan Perawatan	4	Baik	Lapisan cat <i>epoxy</i> anti karat; komponen modular dapat diganti; mudah dibersihkan dengan air.
6	Kemudahan Manufaktur & Perbaikan	4	Baik	Desain sederhana; dapat diperbaiki di bengkel lokal tanpa peralatan khusus.
7	Biaya & Nilai Ekonomi	5	Sangat Baik	Total biaya Rp2.548.300 untuk kapasitas rancangan 150 kg; ekonomis dibanding solusi mekanisasi penuh.
	Rata-rata	4,4	Sangat Layak	Rata-rata skor seluruh kriteria ($31/7 = 4,43$).

Sumber: data diolah (2026)

Skor 5 diperoleh pada kriteria multifungsi, aspek ergonomis, serta biaya dan nilai ekonomi. Skor tinggi pada aspek ergonomis terutama dipengaruhi oleh perubahan pola kerja dari memikul menjadi mendorong dan oleh penetapan tinggi pegangan berdasarkan data antropometri pekerja. Namun, skor tersebut merupakan penilaian panel yang bersifat subjektif dan belum didukung oleh pengukuran

postur (misalnya REBA/RULA) maupun gaya dorong, sehingga perlu ditafsirkan sebagai indikasi awal kelayakan.

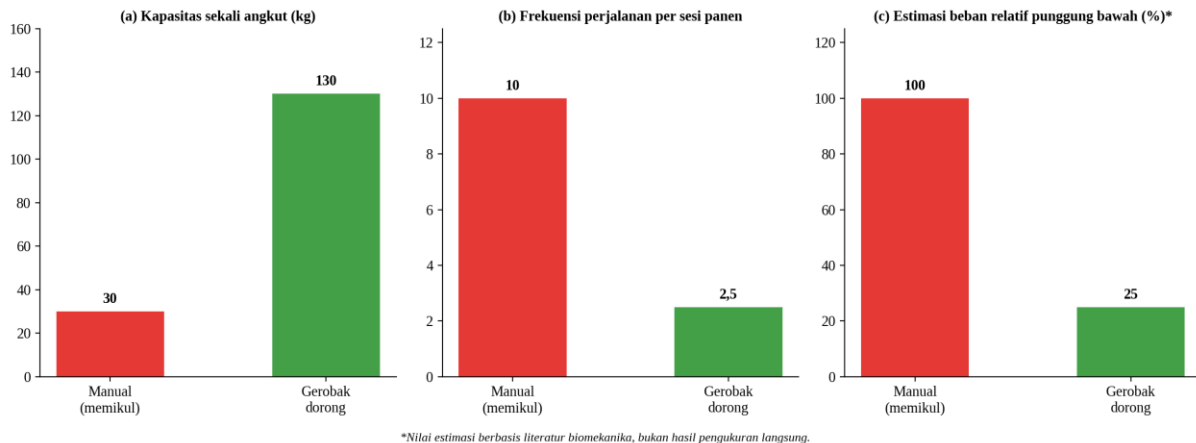
Analisis Komparatif: Manual vs Gerobak Dorong

Perbandingan kinerja antara pengangkutan manual dan penggunaan gerobak dorong disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 5.

Tabel 6. Perbandingan Kinerja: Pengangkutan Manual vs Gerobak Dorong

Indikator Kinerja	Manual (Memikul)	Gerobak Dorong	Perubahan
Kapasitas angkut (kg/perjalanan)	25–35 kg	100–150 kg	↑ 300–350% kapasitas
Frekuensi perjalanan per sesi panen	8–12 kali	2–3 kali	↓ 70–75% perjalanan
Estimasi waktu distribusi per sesi	45–60 menit	15–20 menit	↓ $\pm 65\%$ waktu distribusi
Estimasi beban relatif punggung bawah*	100% (referensi)	$\pm 25\%$	↓ $\pm 75\%$ (estimasi)
Postur kerja dominan	Membungkuk dan memuntir	Tegak dan mendorong	Postur lebih netral (kualitatif)
Risiko MSDs punggung bawah	Tinggi (kualitatif)	Lebih rendah (kualitatif)	Berpotensi berkurang
Risiko hasil panen terjatuh	Sedang–tinggi	Rendah (ada kawat jaring)	Kualitas panen lebih terjaga
Jumlah tenaga per operasi	2 orang (pikul bersama)	1 orang	Efisiensi tenaga kerja meningkat

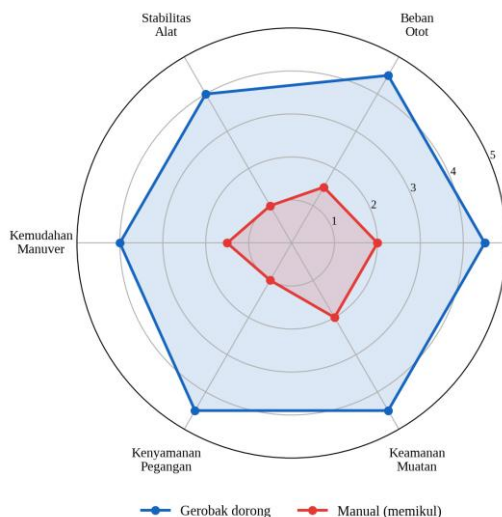
Sumber: data diolah (2026). *Estimasi berbasis literatur biomekanika, belum diukur secara langsung.



Gambar 5. Perbandingan kapasitas angkut, frekuensi perjalanan, dan estimasi beban relatif punggung bawah

Sumber: hasil pengolahan data penelitian (2026)

Kapasitas angkut meningkat dari rata-rata 30 kg (manual) menjadi 130 kg (gerobak) atau sekitar 333%, sedangkan frekuensi perjalanan turun dari 10 menjadi 2,5 kali per sesi panen sehingga paparan kumulatif terhadap penanganan beban berkurang. Estimasi beban relatif punggung bawah sebesar 25% dari kondisi memikul merupakan pendekatan kualitatif berdasarkan literatur biomekanika, bukan hasil pengukuran, sehingga tidak dapat ditafsirkan sebagai penurunan gaya kompresi lumbal yang terukur.



Gambar 6. Profil ergonomi komparatif metode manual dan gerobak dorong (skala 1–5)

Sumber: data diolah (2026)

Gambar 6 memperlihatkan bahwa metode manual memperoleh skor rendah (1,0–2,0) pada seluruh dimensi, terutama stabilitas alat dan

kenyamanan pegangan (1,0) yang memang tidak tersedia pada metode memikul. Gerobak dorong memperoleh skor 4,0–4,5 pada seluruh dimensi, dengan selisih terbesar pada beban otot (1,5 menjadi 4,5) dan kenyamanan pegangan (1,0 menjadi 4,5). Skor terendah gerobak terdapat pada stabilitas alat dan kemudahan manuver (4,0), yang konsisten dengan karakteristik konfigurasi tiga roda sebagaimana dibahas berikut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan gerobak dorong panen ergonomis yang dirancang, difabrikasi, dan dievaluasi untuk distribusi hasil panen di Pertamanan POMOSDA. Tiga kesimpulan utama dapat ditarik dari penelitian ini.

Pertama, gerobak dengan rangka besi siku 40×40×4 mm, dua roda tetap pneumatik di belakang dan satu roda swivel 4 inci di depan, dinding kawat jaring, alas kayu, serta tinggi pegangan 90–100 cm yang diturunkan dari data tinggi pinggul pekerja memiliki kapasitas rancangan 100–150 kg per perjalanan. Verifikasi analitis menunjukkan faktor keamanan 2,0 terhadap tegangan luluh pada beban rancangan dengan faktor dinamis 1,5, dan skor kelayakan panel rata-rata 4,4 dari skala 5.

Kedua, penggunaan gerobak meningkatkan kapasitas angkut sekitar 300% dan menurunkan frekuensi perjalanan distribusi dari 8–12 kali menjadi 2–3 kali per sesi panen, sehingga paparan kumulatif terhadap penanganan beban manual berkurang. Perubahan pola kerja dari memikul menjadi mendorong berpotensi menurunkan beban punggung bawah, tetapi

besarnya penurunan belum diukur secara langsung.

Ketiga, dengan total biaya produksi Rp2.548.300 per unit, alat ini tergolong layak secara ekonomi untuk pertanian skala pesantren dan dapat diperbaiki di bengkel lokal tanpa suku cadang khusus.

Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan uji beban statis dan pengukuran deformasi, uji stabilitas dan pengereman, pengukuran gaya dorong pada berbagai permukaan, serta evaluasi postur (REBA/RULA) dan aktivitas otot (EMG) setelah implementasi penuh di lapangan. Penambahan rem, pegangan yang dapat disetel, dan roda depan berdiameter lebih besar juga perlu dipertimbangkan pada iterasi desain berikutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pengurus dan pekerja Pertamanan POMOSDA, Tanjunganom, Nganjuk, atas izin dan partisipasi aktif dalam penelitian ini, serta kepada tim bengkel yang telah melaksanakan proses fabrikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Abd, S., Younis Bakheet, E., Gamal, M., & Malek, N. (2025). Prevalence and Associated Risk Factors of Musculoskeletal Disorders among Agricultural Workers. In *International Egyptian Journal of Nursing Sciences and Research* (Vol. 6, Number 1).

Akbar, K. A., Try, P., Viwattanakulvanid, P., & Kallawicha, K. (2023). Work-Related Musculoskeletal Disorders Among Farmers in the Southeast Asia Region: A Systematic Review. In *Safety and Health at Work* (Vol. 14, Number 3, pp. 243–249). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2023.05.001>

Al-Eisawi, K. W., Kerk, C. J., Congleton, J. J., Amendola, A. A., Jenkins, O. C., & Gaines, W. (1999). *Factors affecting minimum push and pull forces of manual carts*.

Benos, L., Tsaopoulos, D., & Bochtis, D. (2020). A review on ergonomics in agriculture. part I: Manual operations. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Number 6, pp. 1–21). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app10061905>

Das, B., Wimpee, J., & Das, B. (2002). Ergonomics evaluation and redesign of a

hospital meal cart. In *Applied Ergonomics* (Vol. 33).

Hoozemans, M. J. M., Kuijer, P. P. F. M., Kingma, I., Van Dieën, J. H., De Vries, W. H. K., Van Der Woude, L. H. V., Veeger, D. J. H. E. J., Van Der Beek, A. J., & Frings-Dresen, M. H. W. (2004). Mechanical loading of the low back and shoulders during pushing and pulling activities. *Ergonomics*, 47(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/00140130310001593577>

Jansen, J. P., Hoozemans, M. J. M., Van Der Beek, A. J., & Frings-Dresen, M. H. W. (2002). Evaluation of ergonomic adjustments of catering carts to reduce external pushing forces. In *Applied Ergonomics* (Vol. 33).

Jin, X., Dong, Y., Yang, L., Huang, W., Cao, L., Zhang, Z., & He, L. (2025). Ergonomic interventions to improve musculoskeletal disorders among vehicle assembly workers: a one-year longitudinal study. *BMC Public Health*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21798-1>

Kumaraveloo, K. S., & Lunner Kolstrup, C. (2018). Agriculture and musculoskeletal disorders in low- and middle-income countries. *Journal of Agromedicine*, 23(3), 227–248. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2018.1458671>

Lee, K. S., Chaffin, D. B., Herrin, G. D., & Waikar, A. M. (1991). Effect of handle height on lower-back loading in cart pushing and pulling. In *Applied Ergonomics* (Vol. 22).

Unegbu, H., & Yawasa, D. S. (2025). Ergonomic Redesign of Farm Tools to Reduce Musculoskeletal Disorders among Nigerian Farmers. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 14(6), 2297–2315. <https://doi.org/10.23960/jtepl.v14i6.2297-2315>

Waters, T. R., P.-A. V., & G. A. (1994). Applications manual for the revised NIOSH lifting equation (DHHS [NIOSH]. *National Institute for Occupational Safety and Health*. <https://doi.org/10.26616/NIOSH-PUB94110>