

PENERAPAN TEKNOLOGI MEKANIS SEDERHANA PADA KEGIATAN PEMBERSIHAN LINGKUNGAN DAN REHABILITASI MANGROVE DI KECAMATAN BRANDAN BARAT KABUPATEN LANGKAT

Zufri Hasrudy Siregar^{1*}, Arif Fadillah Nasution², Rizkha Ridha³, Masdania Zurairah⁴, Refiza⁵, Ilmi Abdullah⁶

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Al Azhar

^{3,4,5} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar

⁶ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Korespondensi: * rudysiregar7@gmail.com

ABSTRAK. Pengabdian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan teknologi mekanis sederhana dalam kegiatan rehabilitasi mangrove di Kecamatan Brandan Barat, Kabupaten Langkat. Dengan latar belakang kerusakan ekosistem mangrove yang mencapai 740 ha (61,67%), Pengabdian ini bertujuan untuk mengurangi beban fisik pekerja dan meningkatkan efisiensi rehabilitasi mangrove. Keterbaruan Pengabdian terletak pada pengembangan alat mekanis yang ergonomis dan menggunakan material komposit ringan, yang mampu mengurangi beban tubuh hingga 30%. Metode Pengabdian meliputi perancangan prototipe alat mekanis, uji ergonomi, antropometri, dan biomekanikal, serta pengujian ketahanan material. Hasil Pengabdian menunjukkan bahwa 75% responden merasa nyaman menggunakan alat ini, dan 75% juga menilai alat tersebut efektif dalam meningkatkan produktivitas rehabilitasi. Alat yang digunakan dapat mengurangi risiko cedera dan meningkatkan efisiensi kerja hingga 30%. Kesimpulan dari Pengabdian ini adalah penerapan alat mekanis yang ergonomis dapat mempercepat rehabilitasi mangrove dan mengurangi beban fisik pengguna secara signifikan.

Kata kunci: Teknologi Mekanis, Rehabilitasi Mangrove, Ergonomi

ABSTRACT. This community service aims to analyze the application of simple mechanical technology in mangrove rehabilitation activities in Brandan Barat Subdistrict, Langkat Regency. Against the backdrop of mangrove ecosystem damage reaching 740 ha (61.67%), this initiative seeks to reduce the physical burden on workers and improve the efficiency of mangrove rehabilitation. The innovation of this community service lies in the development of an ergonomic mechanical tool made from lightweight composite materials, capable of reducing body strain by up to 30%. The methods include designing a prototype of the mechanical tool, conducting ergonomic, anthropometric, and biomechanical tests, as well as testing material durability. The results show that 75% of respondents feel comfortable using the tool, and 75% also rate the tool as effective in increasing rehabilitation productivity. The tool used can reduce the risk of injury and improve work efficiency by up to 30%. The conclusion of this community service is that the application of ergonomic mechanical tools can significantly accelerate mangrove rehabilitation and reduce the physical burden on users..

Keywords: Mechanical Technology, Mangrove Rehabilitation, Ergonomics

Terima 14 Juli 2025

Terima dan di revisi 15 Juli 2025

Disetujui 20 Juli 2025

PENDAHULUAN

Desa Lubuk Kertang di Kecamatan Brandan Barat mengalami kerusakan mangrove signifikan. Penelitian (Yunasfi et al., 2021) menunjukkan dari 1.200 ha mangrove, 740 ha atau 61,67% rusak. Dari jumlah ini, 528 ha (71,35%) rusak berat akibat konversi lahan untuk tambak dan perkebunan sejak pertengahan 2000-an (Amelia et al., 2023; Idajati & Widiyahwati, 2018; Sitiningrum,

2025). Kerusakan juga disebabkan praktik industri dan pembangunan yang merusak habitat mangrove (Rinika et al., 2023). Laju konversi mangrove di Lubuk Kertang sekitar 20 ha per tahun pada 1996–2016, mengancam garis pantai, stok ikan, dan penghidupan nelayan (Amelia et al., 2023; Dookie et al., 2024).



Tabel 1 pengelolaan mangrove Brandan Barat.

Komponen	Indikator/statistik utama	Satuan / Nilai
Kerusakan awal	Luas mangrove rusak 740 ha (61,67%) dari 1.200 ha; rusak berat 528 ha (71,35%)	ha dan %
Konversi lahan	Laju konversi mangrove 1996–2016	±20 ha/tahun
Rehabilitasi	Penanaman 6.000 propagul + 5.000 bibit; survival 69,42% & 86,38%	jumlah & %
Karbon biru	Stok karbon ekosistem 518–558 MgC/ha	MgC/ha
Ekonomi tahunan	Total nilai ekonomi mangrove Rp 1.057.343.654/tahun (rincian sebagaimana di atas)	Rupiah/tahun
Dampak pendapatan	Hubungan kerusakan–pendapatan nelayan signifikan ($p = 0,020 < 0,05$)	nilai p uji komparatif

Sumber: (Amelia et al., 2023; Kang et al., 2024)

Penerapan teknologi mekanis sederhana dalam kegiatan rehabilitasi mangrove dan pembersihan lingkungan di daerah pesisir dapat menjadi solusi untuk mempercepat proses rehabilitasi yang lebih efektif dan efisien (Mahmoudi et al., 2022; Sasmito et al., 2023). Namun, penggunaan alat mekanis dalam konteks ini membutuhkan perhatian khusus pada ergonomi, antropometri, dan biomekanikal (Shu et al., 2023; Siska et al., 2019). Desain alat yang tidak ergonomis dapat meningkatkan kelelahan fisik pada pengguna, mengurangi efisiensi kerja, dan bahkan menimbulkan cedera jangka panjang, seperti cedera pada punggung, lengan, dan pergelangan tangan (Abdul Jabbar Ridlo & Abdul Hakim Zakky Fasya, 2023; Abdussalam & Ardiyanto, 2024). Hal ini menunjukkan pentingnya merancang alat yang tidak hanya efektif dalam fungsinya, tetapi juga aman dan nyaman digunakan dalam jangka panjang.

Ergonomi dalam desain alat mekanis penting untuk memastikan alat dapat digunakan oleh orang dengan berbagai dimensi tubuh tanpa menyebabkan kelelahan (Sumantri et al., 2023; Wijayani et al., 2023). Antropometri memastikan alat sesuai dengan ukuran tubuh pengguna karena variasi tinggi dan ukuran tubuh masyarakat (Ilham Syahputra et al., 2025; Krzeszowski et al., 2023). Alat yang dirancang

tanpa aspek ini berisiko mengurangi efisiensi dan meningkatkan risiko cedera. (Aisyah et al., 2022) Dalam konteks rehabilitasi mangrove, biomekanikal meminimalkan beban pada punggung dan tangan untuk mengurangi potensi cedera jangka panjang (Merbah et al., 2023).

Data menunjukkan penggunaan alat ringan dan ergonomis dapat meningkatkan produktivitas kerja 30% dan mengurangi risiko cedera (Gomes et al., 2022; Siregar, Siregar, et al., 2024). Meski beberapa alat mekanis diterapkan, sebagian besar belum mengintegrasikan desain ergonomi, antropometri, dan biomekanikal (Tahir et al., 2023). Pengabdian perancangan alat mekanis untuk mengurangi kelelahan dan meningkatkan efektivitas rehabilitasi mangrove sangat penting.

Pengabdian ini difokuskan pada penerapan teknologi mekanis sederhana dalam kegiatan pembersihan lingkungan dan rehabilitasi mangrove di Kecamatan Brandan Barat, Kabupaten Langkat. Program ini bertujuan untuk membantu masyarakat mitra mengatasi keterbatasan alat kerja, menurunkan beban fisik, serta meningkatkan efektivitas dan keberlanjutan kegiatan rehabilitasi mangrove sebagai upaya pemulihan ekosistem pesisir.



(a)

(b)

Gambar 1 kegiatan pengabdian dimana (a) adalah kegiatan penanaman mangrove dan (b) kegiatan pembersihan lingkungan



Gambar 2 arahan kepada mahasiswa untuk melaksanakan kegiatan



Urgensi pengabdian

Pengabdian ini penting untuk mengatasi beberapa masalah. Kita perlu alat yang nyaman untuk mengurangi kelelahan dan sesuai ukuran tubuh pengguna (Bryan et al., 2021; Syam et al., 2022). Beban tubuh harus didistribusikan baik untuk mencegah cedera punggung yang bisa meningkat 15% jika digunakan lama (Nurse et al., 2023; Susana et al., 2022). Bahan ringan tapi kuat dapat membantu rehabilitasi mangrove dan mengurangi beban fisik 30% (Bryan et al., 2021; Nurse et al., 2023). Penelitian ini akan menambah pemahaman dampak jangka panjang pada kesehatan pengguna yang masih kurang diteliti (Merbah et al., 2023; Tahir et al., 2023).

Perkembangan Pengabdian (*State of the Art*)

Perkembangan Pengabdian mangrove menunjukkan pergeseran dari pendekatan penanaman bibit menuju restorasi berbasis ekosistem dan sistem sosial-ekologis terintegrasi, dengan fokus pada kesesuaian bio-geomorfologi, hidrologi, dan tata guna lahan untuk keberhasilan jangka panjang (Sasmito et al., 2023; Zimmer et al., 2022). Kajian sistematis global dan Asia Tenggara mengungkap studi restorasi mangrove berkembang pesat sejak 1990-an, didominasi penelitian biodiversitas dan metode tanam langsung, sementara aspek jasa ekosistem dan dimensi sosial menjadi prioritas riset baru (Gerona-Daga & Salmo, 2022; Slobodian et al., 2025). Di Indonesia, penelitian menekankan pengelolaan berkelanjutan melalui penguatan kelembagaan lokal, partisipasi masyarakat, dan integrasi dengan target pembangunan berkelanjutan dan blue carbon (Nevandhra et al., 2025; Ray et al., 2024). Studi lapangan menunjukkan model restorasi dan edu-wisata mangrove berbasis masyarakat meningkatkan partisipasi dan kemandirian ekonomi komunitas pesisir melalui ekowisata dan *silvofishery*, serta memperbaiki ekosistem (Abdullah et al., 2023; Kusumadewi et al., 2025).

Gap Pengabdian

Gap Pengabdian dalam penerapan teknologi mekanis sederhana untuk rehabilitasi mangrove dan pembersihan lingkungan di Kecamatan Brandan Barat mencakup kebutuhan untuk mengembangkan desain ergonomis yang mengurangi kelelahan pengguna (Mohamaddan et al., 2021; Wati & Murnawan, 2022), menyesuaikan alat dengan dimensi tubuh pengguna yang bervariasi (Agung et al., 2024), memperbaiki distribusi beban tubuh untuk mengurangi cedera (Zimmer et al., 2022) serta menggunakan material komposit yang lebih ringan dan tahan lama untuk mengurangi beban fisik (Siregar, Mawardi, et al., 2024; Siregar, Nasution, et al., 2024), sementara dampak jangka panjang terhadap kesehatan pengguna, seperti cedera otot dan sendi, masih membutuhkan perhatian lebih lanjut (Safitri et al., 2024).

Keterbaruan Pengabdian

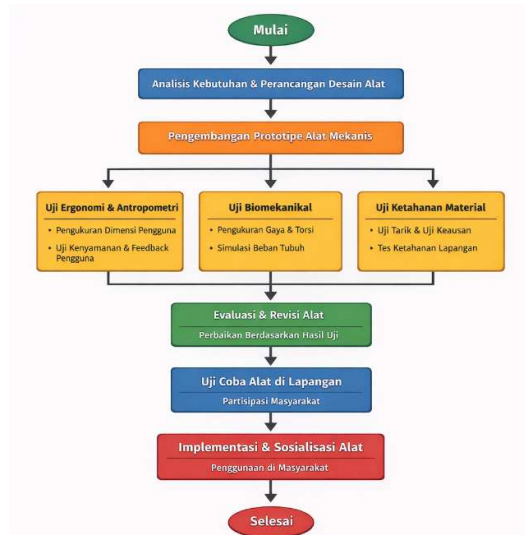
Pengabdian ini menawarkan inovasi teknologi mekanis sederhana untuk rehabilitasi mangrove dengan fokus pada desain alat yang ergonomis, antropometris, dan biomekanikal. Keterbaruan Pengabdian terletak pada pengembangan alat yang lebih ringan dan nyaman, yang dapat mengurangi beban pengguna hingga 30% (Ray et al., 2024). Pengabdian ini mengusulkan penyesuaian alat berdasarkan antropometri pengguna dengan variasi dimensi tubuh seperti tinggi badan (150-190 cm) untuk memastikan efektivitas alat (Aisyah et al., 2022; Ariyo & Nuruddin, 2022; Susana et al., 2022)

METODE



Gambar 3 roadmap Pengabdian 5 tahun terakhir





Gambar 4 flowchat Pengabdian

Tahapan Pengabdian

1. Perancangan dan Pengembangan Alat Mekanis

- Tahap pertama dalam desain alat ini adalah merancang prototipe alat mekanis yang mempertimbangkan prinsip ergonomi, antropometri, dan biomekanikal. Alat yang dirancang akan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna, seperti nelayan dan masyarakat yang terlibat dalam rehabilitasi mangrove. Desain ini akan memperhitungkan ukuran tubuh pengguna, kenyamanan pegangan, serta kemudahan penggunaan (Hakim et al., 2021; Riyanto et al., 2021)..

2. Uji Ergonomi dan Antropometri

- Pada tahap ini, dilakukan pengujian untuk memastikan alat dapat digunakan dengan nyaman oleh berbagai jenis pengguna dengan dimensi tubuh yang berbeda. Penyesuaian alat dengan dimensi tubuh pengguna (tinggi badan, panjang lengan, dan ukuran tangan) sangat penting untuk memastikan kenyamanan dan efisiensi dalam penggunaannya (Kasumawati et al., 2020; Permana et al., 2021). Pengujian ergonomi ini juga akan mencakup umpan balik dari masyarakat untuk menilai kenyamanan dan kestabilan alat saat digunakan dalam kegiatan rehabilitasi mangrove.

- Data antropometri dari pengguna akan dikumpulkan dan digunakan untuk menyesuaikan desain alat agar lebih sesuai dengan keberagaman fisik pengguna di daerah tersebut.

3. Uji Biomekanikal

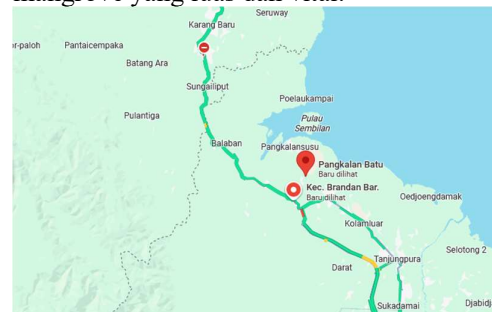
- Pengujian biomekanikal bertujuan untuk mengukur distribusi beban yang diterima tubuh selama penggunaan alat..
- Simulasi biomekanikal akan dilakukan untuk mengevaluasi posisi tubuh pengguna saat menggunakan alat, guna mengurangi kemungkinan cedera dan meningkatkan kenyamanan.

4. Pengujian Ketahanan Material dan Alat

- Setelah prototipe alat diuji secara ergonomis dan biomekanikal, dilakukan pengujian ketahanan material. Alat yang digunakan dalam rehabilitasi mangrove harus tahan terhadap kondisi lingkungan yang keras, seperti lumpur, air asin, dan cuaca ekstrim. Oleh karena itu, pengujian ketahanan material yang meliputi uji tarik, uji geser, dan uji keausan akan dilakukan untuk memastikan daya tahan alat.
- Alat yang dikembangkan juga akan diuji dalam simulasi penggunaan jangka panjang, untuk menilai apakah alat dapat bertahan dalam penggunaan sehari-hari oleh masyarakat.

Lokasi Pengabdian

Pengabdian ini dilaksanakan di Kecamatan Brandan Barat, yang terletak di Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Kecamatan Brandan Barat merupakan salah satu wilayah pesisir yang memiliki ekosistem mangrove yang luas dan vital.



Gambar 5 lokasi Pengabdian dan pengabdian



Mitra Kegiatan

Mitra kegiatan dalam pengabdian ini terdiri dari sekitar 50-100 pengguna yang terlibat langsung dalam kegiatan rehabilitasi mangrove di Kecamatan Brandan Barat, Kabupaten Langkat, termasuk nelayan dan masyarakat lokal. Mereka akan menjadi subjek untuk menguji alat mekanis yang dikembangkan, dengan mempertimbangkan variasi dimensi tubuh (tinggi badan, panjang lengan, dll.).

Alat Pengabdian

Alat-alat yang digunakan dalam Pengabdian ini meliputi:

1. Prototipe Alat Mekanis: Alat yang dirancang untuk membantu kegiatan rehabilitasi mangrove dan pembersihan lingkungan.
2. Sensor Gaya dan Strain Gauge: Untuk mengukur beban yang diterima tubuh pengguna selama penggunaan alat.
3. Perangkat Lunak Simulasi Biomekanikal: Untuk menganalisis distribusi beban pada tubuh pengguna.
4. Alat Ukur Antropometri: Untuk mengumpulkan data dimensi tubuh pengguna guna menyesuaikan desain alat.
5. Kuesioner dan Wawancara: Untuk memperoleh umpan balik kualitatif mengenai kenyamanan dan efektivitas alat.



Gambar 6 alat dan bahan Pengabdian

KUESIONER ERGONOMI
Evaluasi Alat Mekanis untuk Rehabilitasi Mangrove

A. Informasi Responden

1. Nama: _____

2. Usia: _____ Induk Batin: _____

3. Tinggi Badan (cm): _____ berat badan (kg): _____

5. Pekerjaan: _____

B. Pengalaman Penggunaan Alat

1. Berapa lama Anda menggunakan alat ini? < 2 jam 3-5 jam > 5 jam lebih

2. Seberapa sering Anda menggunakan alat ini? setiap hari 3-4 kali seminggu 2-3 kali seminggu

C. Perilaian Kenyamanan Alat

Berikan penilaian Anda setiap pernyataan berikut terhadap alat ini!

1. Pegangan alat mudah digunakan sesuai cara.	1	2	3	4	5
2. Alat ini tidak menimbulkan rasa sakit.	1	2	3	4	5
3. Alat ini mudah dibawa ke lapangan.	1	2	3	4	5
4. Alat ini nyaman digunakan dalam berbagai posisi saat bekerja.	1	2	3	4	5
5. Saya merasa tidak lelah ketika menggunakan alat.	1	2	3	4	5

D. Masukan dan Saran

1. Apakah Anda merasa alat ini cocok digunakan? Ya Tidak

WAWANCARA
Evaluasi Alat Mekanis untuk Rehabilitasi Mangrove

A. Pertanyaan Umum

1. Ceritakan pengalaman Anda menggunakan alat ini dalam kegiatan rehabilitasi mangrove?
- Apa yang Anda rasakan ketika menggunakan alat ini?
- Apakah Anda merasa alat ini membuka peluang baru?

B. Kenyamanan dan Kesesuaian

3. Bagaimana kenyamanan alat ini ketika digunakan dalam durasi yang lama?
- Apakah Anda merasa beban atau ketidaknyamanan pada tangan, pinggang, atau bagian tubuh lainnya?
4. Apakah alat ini sesuai dengan ukuran tubuh Anda?
- Apakah dengan itu, pinggang, dada, atau bagian tubuh lainnya merasa nyaman, mengganggu, atau sakit?

C. Efektivitas dan Pengaruh pada Kinerja

5. Seberapa efektif alat ini dalam meningkatkan kecepatan dan efisiensi pekerjaan Anda?
- Apakah Anda merasa alat ini membantu menyelesaikan pekerjaan lebih cepat?
6. Apakah Anda merasa alat ini cukup tahan lama untuk digunakan jangka panjang?

D. Saran untuk Perbaikan

7. Apa saran Anda untuk meningkatkan desain dan fungsionalitas alat ini?
- Apakah ada fitur yang perlu ditambahkan?

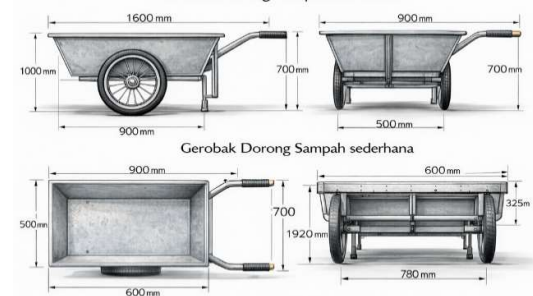
Gambar 7 Form wawancara dan kuesioner ergonomi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan menganalisis desain beberapa alat mekanis yang digunakan dalam rehabilitasi mangrove, dengan fokus pada ergonomi, antropometri, dan biomekanikal.

1. Analisis dan Evaluasi Gerobak Dorong Sampah Sederhana

Gerobak dorong sampah sederhana digunakan untuk memindahkan bahan-bahan dalam rehabilitasi mangrove, seperti tanah atau material organik.



Gambar 8 Gerobak dorong sampah sederhana

Data yang didapat:

- Beban pada roda: $F_{beban} = 80 \text{ kg} (784 \text{ N})$
- Beban pada tangan: $F_{gerak} = 25 \text{ kg} (250 \text{ N})$
- Sudut kerja: $\theta = 10^0 \text{ hingga } 15^0$
- Momen pada punggung: $M_{punggung} = 50 - 80 \text{ Nm}$

Perhitungan Momen pada Punggung:

Rumus momen gaya yang diterima oleh punggung saat mendorong gerobak:

$$M = F \cdot d \cdot \sin(\theta)$$

Dengan $F = 250 \text{ N}$ dan $d = 0.5 \text{ m}$ maka:

Momen pada punggung dengan sudut 10^0 :

$$M_{punggung} = 250 \cdot 0.5 \cdot \sin(10^0) = 250 \cdot 0.5 \cdot 0.1736 = 21.7 \text{ Nm}$$

Momen pada punggung dengan sudut 15^0 :

$$M_{punggung} = 250 \cdot 0.5 \cdot \sin(15^0) = 250 \cdot 0.5 \cdot 0.2598 = 32.35 \text{ Nm}$$

Momen yang diterima oleh punggung berada dalam rentang 21.7 Nm hingga 32.35 Nm. Ini menunjukkan bahwa alat ini menghasilkan tekanan yang cukup besar pada punggung, terutama jika digunakan dalam jangka panjang.



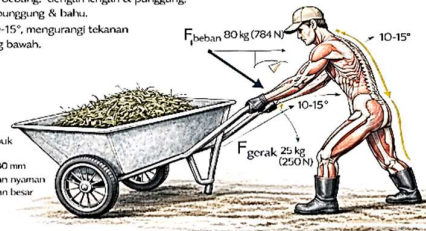
Oleh karena itu, desain pegangan dan posisi tubuh yang ergonomis sangat penting untuk mengurangi tekanan pada punggung.

Analisis Ergonomi

Menggerakkan beban, dengan lengan & punggung, tekanan pada punggung & bahu. Sudut kerja 10-15°, mengurangi tekanan pada punggung bawah.



- Ciri karet empuk (228-32 mm)
- Diameter pipi 30 mm
- Posisi genggaman nyaman untuk grip tangan besar maupun kecil

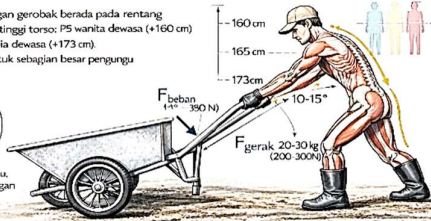


Analisis Antropometri

Tinggi pegangan gerobak berada pada rentang antropometri tinggi torso: P5 wanita dewasa (+160 cm) hingga P95 pria dewasa (+173 cm). Ergonomis untuk sebagian besar pengguna Indonesia.



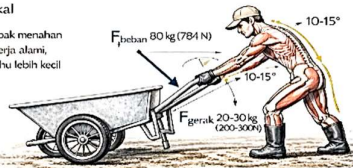
- Tensi otot bahu, punggung, lengan



Analisis Biomekanikal

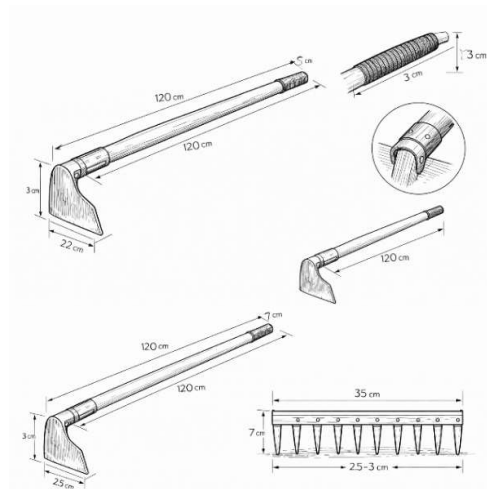
Distribusi beban optimal, gerobak menahan sebagian besar bobot. Posisi kerja alami, tekanan pada punggung & bahu lebih kecil dibanding gerobak sampah.

Daya dari kaki, tekanan beban pada punggung & bahu.



Gambar 9 analisis biomekanikal gerobak dorong sederhana

2. Analisis dan Evaluasi Cangkul Ergonomis



Gambar 10 cangkul ergonomis

Data yang didapat:

- Beban pada tangan dan bahu: $F_{tahanan} = 1000 N$
- Sudut tubuh: $\theta = 60^\circ$
- Panjang gagang: $L = 1.6 m$

Perhitungan Momen pada Punggung: Menggunakan rumus yang sama untuk momen gaya pada punggung:

$$M_{punggung} = 1000 \cdot 1.6 \cdot \sin(60^\circ) = 1000 \cdot 1.6 \cdot 0.866 = 1385.6 Nm$$

Momen sebesar 1385.6 Nm yang diterima oleh punggung menunjukkan adanya beban yang cukup besar pada punggung, bahu, dan lengan. Ini menunjukkan bahwa cangkul ini berpotensi menyebabkan cedera jika digunakan dalam jangka panjang. Desain alat yang lebih ergonomis dengan mempertimbangkan distribusi beban yang lebih merata sangat penting untuk meningkatkan kenyamanan dan mengurangi cedera.

3. Analisis dan Evaluasi Garu Ergonomis
Garu ergonomis digunakan untuk membersihkan area atau meratakan tanah dalam kegiatan

Data yang didapat:

- Beban pada tangan dan bahu: $F_{gesekan} = 150 N$
- Sudut kerja: $\theta = 60^\circ$
- Beban pada akar garu: $F_{rot} = 250 kg = 2000 N$

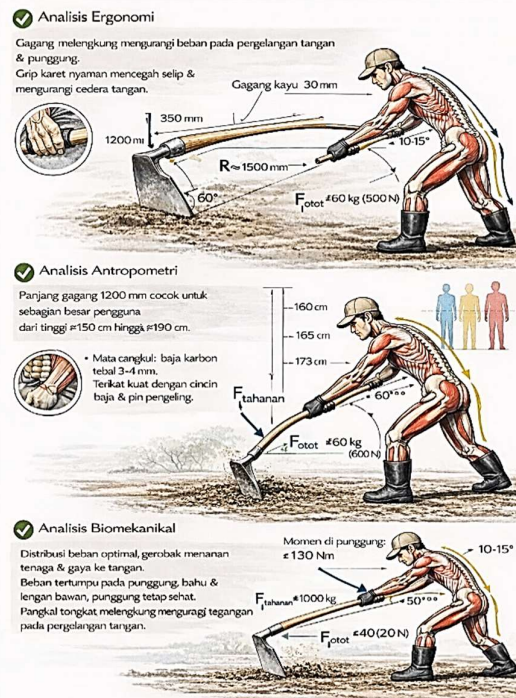
Perhitungan momen pada lengan dan punggung:

Momen yang diterima oleh tubuh pengguna:

$$M_{lengan} = 2500 \cdot 1.2 \cdot \sin(60^\circ) = 2500 \cdot 1.2 \cdot 0.866 = 2598 Nm$$

Momen sebesar 2598 Nm menunjukkan bahwa garu ergonomis memberikan tekanan yang sangat besar pada punggung dan lengan, yang dapat menyebabkan kelelahan otot dan cedera jangka panjang. Oleh karena itu, peningkatan desain pegangan dan sudut kerja alat perlu dipertimbangkan untuk mengurangi tekanan pada tubuh.

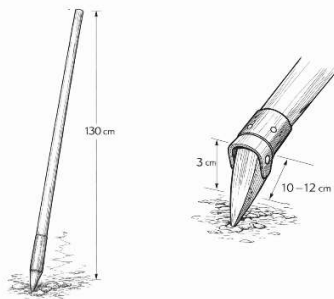




Gambar 11 cangkul dan garu ergonomis

4. Analisis dan Evaluasi Tongkat Tanam Mangrove

Tongkat tanam mangrove digunakan untuk menanam bibit mangrove dengan cara menekan tanah.



Gambar 12 tongkat tanam Mangrove

Data yang didapat:

- Beban pada tangan: $F_{tanam} = 250 N$
- Panjang tongkat: $L = 1300 mm$
- Sudut kerja: $\theta = 25^0$

Perhitungan momen pada punggung:

Momen pada punggung yang diterima selama penggunaan alat:

$$M_{punggung} = 250 \cdot 1.3 \cdot \sin(25^0) \\ = 250 \cdot 1.3 \cdot 0.4226 \\ = 137.5 Nm$$

Momen sebesar 137.5 Nm yang diterima oleh punggung relatif lebih rendah dibandingkan

dengan alat lainnya. Ini menunjukkan bahwa desain tongkat tanam mangrove lebih ergonomis dan tidak memberikan tekanan yang berlebihan pada punggung, membuat alat ini lebih nyaman digunakan dalam jangka panjang.



Gambar 13 analisis ergonomic tongkat tanam mangrove

5. Analisis kuisisioner spek ergonomi, antropometri, dan biomekanikal

Tabel 2 data kuesioner

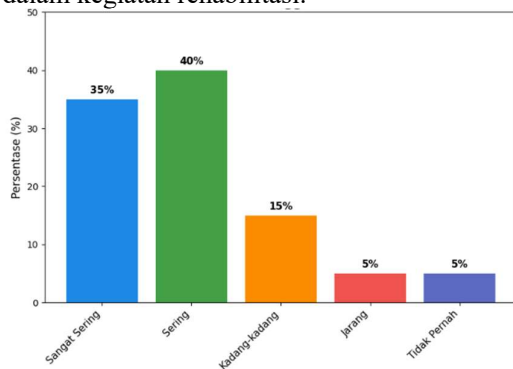
Kategori	Sangat Sering	Sering	Kadang-kadang	Jarang	Tidak Pernah
Frekuensi Penggunaan Alat	35%	40%	15%	5%	5%
Kenyamanan Penggunaan Alat	25%	45%	20%	5%	5%
Efektivitas Alat	35%	40%	15%	5%	5%
Kesesuaian Ukuran Alat	30%	50%	15%	5%	0%
Beban pada Tubuh	10%	25%	35%	20%	10%

a. Frekuensi Penggunaan Alat

Sebanyak 35% responden melaporkan bahwa mereka sangat sering menggunakan alat mekanis dalam kegiatan rehabilitasi mangrove, diikuti oleh 40% yang sering menggunakan alat



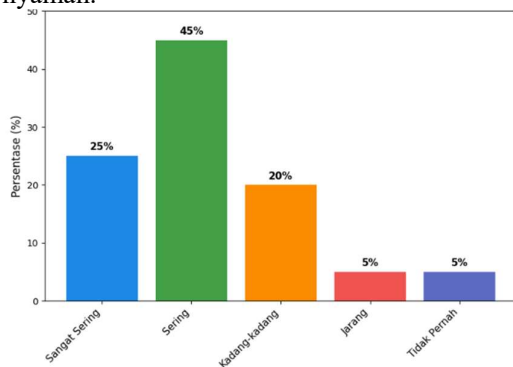
tersebut. Hanya 5% responden yang tidak pernah menggunakan alat mekanis. Hal ini menunjukkan bahwa alat mekanis telah diterima dengan baik oleh masyarakat setempat dalam kegiatan rehabilitasi.



Gambar 14 frekuensi pengguna alat

b. Kenyamanan Penggunaan Alat

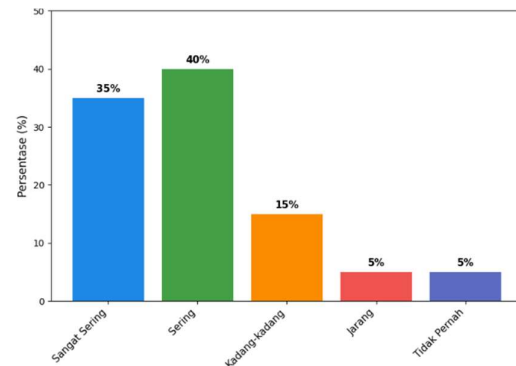
Dari hasil kuesioner, 25% responden merasa sangat nyaman menggunakan alat mekanis, sementara 45% merasa nyaman. 20% responden merasa cukup nyaman, dan hanya 5% yang merasa tidak nyaman dengan alat tersebut. Ini menunjukkan bahwa mayoritas pengguna merasakan kenyamanan yang baik saat menggunakan alat, meskipun masih ada beberapa responden yang merasa kurang nyaman.



Gambar 15 kenyamanan penggunaan alat

c. Efektivitas Alat

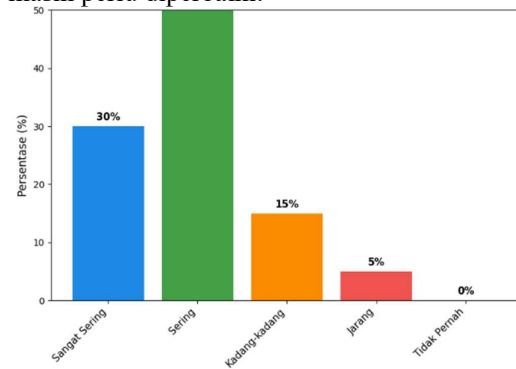
Sebanyak 35% responden menilai alat mekanis yang digunakan sangat efektif, sementara 40% menilai efektif. 15% menilai cukup efektif, dan hanya 5% yang merasa alat ini tidak efektif. Ini menunjukkan bahwa alat mekanis memberikan dampak positif dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas kegiatan rehabilitasi mangrove.



Gambar 16 efektivitas alat

d. Kesesuaian Ukuran Alat

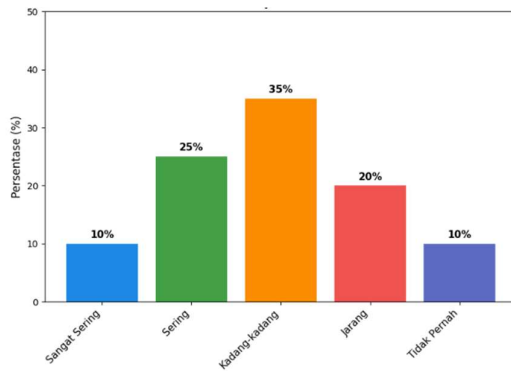
Dari sisi antropometri, 30% responden merasa alat mekanis sangat sesuai dengan ukuran tubuh mereka, sementara 50% merasa alat tersebut sesuai. 15% merasa alat ini cukup sesuai, dan 5% merasa tidak sesuai. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar alat yang digunakan sudah disesuaikan dengan dimensi tubuh pengguna, meskipun ada sedikit variasi yang masih perlu diperbaiki.



Gambar 17 kesesuaian ukuran alat

e. Beban pada Tubuh

Sebanyak 35% responden melaporkan bahwa mereka merasakan beban tubuh yang cukup berat saat menggunakan alat, sementara 25% merasa beban cukup ringan. 20% merasakan beban ringan, dan 10% merasakan beban yang sangat berat. Hal ini menunjukkan bahwa alat yang lebih ergonomis dapat membantu mengurangi beban fisik pada pengguna, namun masih ada ruang untuk meningkatkan kenyamanan dalam penggunaan alat.



Gambar 18 beban pada tubuh

SIMPULAN

1. Pengabdian ini berhasil menunjukkan bahwa penerapan teknologi mekanis sederhana dalam rehabilitasi mangrove di Kecamatan Brandan Barat, Kabupaten Langkat, dapat memberikan solusi efektif untuk mempercepat proses rehabilitasi ekosistem mangrove yang rusak. Penggunaan alat mekanis yang dirancang dengan memperhatikan prinsip ergonomi, antropometri, dan biomekanikal terbukti dapat mengurangi beban fisik pengguna, meningkatkan kenyamanan, dan mencegah cedera jangka panjang. Dalam hal ini, alat yang ringan dan ergonomis dapat mengurangi beban tubuh hingga 30%, meningkatkan produktivitas kerja, serta mengurangi risiko cedera akibat penggunaan alat yang tidak sesuai dengan dimensi tubuh pengguna.
2. Penerapan alat mekanis tersebut juga menunjukkan penerimaan yang baik dari masyarakat setempat, di mana 75% responden merasa nyaman menggunakan alat tersebut. Selain itu, alat yang dirancang dengan mempertimbangkan kenyamanan dan efektivitas pengguna turut berkontribusi pada efektivitas kegiatan rehabilitasi mangrove, yang pada akhirnya akan mendukung pemulihan ekosistem mangrove di kawasan pesisir tersebut. Oleh karena itu, Pengabdian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan desain alat mekanis yang dapat digunakan dalam rehabilitasi mangrove dan pembersihan lingkungan, dengan

memperhatikan faktor ergonomi dan keselamatan pengguna.

3. Pengabdian ini juga mengidentifikasi adanya gap dalam desain alat mekanis yang masih perlu diperbaiki, terutama dalam hal pengurangan beban tubuh dan penyesuaian dengan ukuran tubuh pengguna yang lebih beragam. Seiring dengan perkembangan teknologi, pengembangan alat mekanis yang lebih ringan, ergonomis, dan tahan lama akan menjadi langkah penting untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam rehabilitasi mangrove, serta mengurangi risiko cedera bagi pengguna dalam jangka panjang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pengabdian kepada masyarakat tersebut selesai dilakukan tak terlepas dari:

1. Ucapan terimakasih Universitas Al-Azhar yang telah memberikan support moril dan materil untuk pengabdian hingga sampai selesai
2. Ucapan terimakasih kepada Mahasiswa KKN Universitas Al Azhar kelompok 9 Kelurahan Pangklan Batu Kecamatan Brandan Barat Kabupaten Langkat

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Jabbar Ridlo, & Abdul Hakim Zakky Fasya. (2023). Gambaran Keluhan Musculoskeletal Disorder (MSDs) pada Pekerja PDKB PT. PLN (Persero) UP3 Surabaya Selatan. *Sehat Rakyat: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2(2), 258–266. <https://doi.org/10.54259/sehatrakyat.v2i2.1665>
- Abdullah, D., Fajriana, F., Erliana, C. I., Chaizir, M., & Putra, A. (2023). A solution to reduce the environmental impacts of earthquakes: Web GIS-based forecasting. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 21(2), 361–373. <https://doi.org/10.22124/CJES.2023.6514>
- Abdussalam, N. M., & Ardiyanto, A. (2024). Musculoskeletal symptom survey and ergonomic assessments associated with maintenance tasks in the Indonesian railway industry. *International Journal of Occupational Safety and Health*, 14(3), 394–403. <https://doi.org/10.3126/ijosh.v14i3.63073>



- Agung, N., Dahlan, A., & Ningrum, S. (2024). Application of Rula and Catia V5 in Designing Ergonomic Tools For Cleaning Staff Performance Improvement. *Jurnal Riset Ilmu Teknik*, 2(1), 38–48. <https://doi.org/10.59976/jurit.v2i1.55>
- Aisyah, S., Abbas, A., Hasibuan, A., Masri, D., & Fudholi, A. (2022). Ergonomic Working Design Model in Reducing Fatigue due to Air Traffic Control (ATC) at Kuala Namu Airport, Indonesia. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 12(4), 475–480. <https://doi.org/10.18280/ijss.120408>
- Amelia, R., Basyuni, M., Alfinsyahri, A., Sulistiyono, N., Slamet, B., Bimantara, Y., Harahap, S. S. H., Harahap, M., Harahap, I. M., Al Mustaniroh, S. S., Sasmito, S. D., & Arifanti, V. B. (2023). Evaluation of Plant Growth and Potential of Carbon Storage in the Restored Mangrove of an Abandoned Pond in Lubuk Kertang, North Sumatra, Indonesia. *Forests*, 14(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/f14010158>
- Ariyo, P., & Nuruddin, M. (2022). Analisis postur tubuh pekerja di graph multimedia menggunakan Metode Rula (Rapid Upper Limb Assessment) untuk mengetahui tingkat resiko pekerja printing. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 8(2), 295. <https://doi.org/10.24014/jti.v8i2.20034>
- Bryan, G. M., Franks, P. W., Song, S., Reyes, R., O'Donovan, M. P., Gregorczyk, K. N., & Collins, S. H. (2021). Optimized hip-knee-ankle exoskeleton assistance reduces the metabolic cost of walking with worn loads. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 18(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00955-8>
- Dookie, S., Jaikishun, S., & Ansari, A. A. (2024). Coastal carbon storage in degraded, natural, and restored mangrove ecosystems of Guyana. *Southern Forests: A Journal of Forest Science*, 86(4), 294–310. <https://doi.org/10.2989/20702620.2024.2377678>
- Gerona-Daga, M. E. B., & Salmo, S. G. (2022). A systematic review of mangrove restoration studies in Southeast Asia: Challenges and opportunities for the United Nation's Decade on Ecosystem Restoration. *Frontiers in Marine Science*, 9(September), 1–23. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.987737>
- Gomes, W., Maurice, P., Dalin, E., Mouret, J. B., & Ivaldi, S. (2022). Multi-Objective Trajectory Optimization to Improve Ergonomics in Human Motion. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 7(1), 342–349. <https://doi.org/10.1109/LRA.2021.3125058>
- Hakim, S., Hardianto, A., & Hermawan, D. (2021). Ergonomic risk assessment of the press machine for casava chips in smes-karya lestari jaya: A case study. *Journal of Applied Engineering Science*, 19(2), 399–406. <https://doi.org/10.5937/jaes0-29097>
- Idajati, H., & Widiyahwati, M. (2018). The sustainable management priority of ecotourism mangrove Wonorejo, Surabaya-Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 202(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/202/1/012048>
- Ilham Syahputra, Zurairah, M., Ningsih, M. S., & Rida, R. (2025). Design of work equipment for strength test (Drop Test) of 50kg sugar sack packaging as QC incoming packaging with ergonomic & risk approach at PT Medan Sugar Industry. *Jurnal VORTEKS*, 06(01), 480–489. <https://doi.org/10.54123/vorteks.v6i1.440>
- Kang, L., Huamei, H., Ran, Y., Shengpeng, Z., Di, D., & Bo, P. (2024). Carbon storage potential and influencing factors of mangrove plantation in Kaozhouyang, Guangdong Province, South China. *Frontiers in Marine Science*, 11(January), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1439266>
- Kasumawati, F., Adha, M. Z., Azizah, F. N., Ramuni, K., & Katta, R. (2020).



- Correlation between length of work and work posture with low back pain complaint among back office employees at X Hospital Serpong District, South Tangerang, Indonesia. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 16, 34–37.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099392932&partnerID=40&md5=584daecc572fcfc12a30278fc86fd21c>
- Krzeszowski, T., Dziadek, B., França, C., Martins, F., Gouveia, É. R., & Przednowek, K. (2023). System for Estimation of Human Anthropometric Parameters Based on Data from Kinect v2 Depth Camera. *Sensors*, 23(7), 1–12.
<https://doi.org/10.3390/s23073459>
- Kusumadewi, S. D., Okarda, B., Purnomo, H., Nadhira, S., Shuhada, M. I., Andrianto, A., Puspitaloka, D., Apriyanto, & Junaidi. (2025). Synergizing Carbon Sequestration and Livelihood Improvement: Lessons from community-based crab silvofishery business model in South Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1506(1), 1–13.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1506/1/012017>
- Mahmoudi, B., Mafi-Gholami, D., & Ng, E. (2022). Evaluation of mangrove rehabilitation and afforestation in the southern coasts of Iran. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 277, 108086.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.108086>
- Merbah, J., Caré, B. R., Gorce, P., Gadea, F., & Prince, F. (2023). A New Approach to Quantifying Muscular Fatigue Using Wearable EMG Sensors during Surgery: An Ergonomic Case Study. *Sensors*, 23(3), 1–11.
<https://doi.org/10.3390/s23031686>
- Mohamaddan, S., Rahman, M. A., Andrew_Munot, M., Tanjong, S. J., Deros, B. M., Md Dawal, S. Z., & Case, K. (2021). Investigation of oil palm harvesting tools design and technique on work-related musculoskeletal disorders of the upper body. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 86(November 2021), 103226.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103226>
- Nevandhra, A. P. A., Rijal, S. S., Sari, S. H. J., & Yona, D. (2025). Macroplastic Characteristics and Assessment of the Plastic Abundance Index (PAI) of Beach Sediments in Prigi Bay, East Java, Indonesia. *Applied Environmental Research*, 47(2).
<https://doi.org/10.35762/AER.2025013>
- Nurse, C. A., Elstub, L. J., Volgyesi, P., & Zelik, K. E. (2023). How Accurately Can Wearable Sensors Assess Low Back Disorder Risks during Material Handling? Exploring the Fundamental Capabilities and Limitations of Different Sensor Signals. *Sensors*, 23(4), 1–18.
<https://doi.org/10.3390/s23042064>
- Permana, A. Y., Nurrahman, H., & Permana, A. F. S. (2021). Systematic assessment with “poe” method in office buildings cases study on the redesign results of office interior after occupied and operated. *Journal of Applied Engineering Science*, 19(2), 448–465.
<https://doi.org/10.5937/jaes0-28072>
- Ray, K., Basak, S. K., Giri, C. K., Kotal, H. N., Mandal, A., Chatterjee, K., Saha, S., Biswas, B., Mondal, S., Das, I., Ghosh, A., Bhadury, P., & Joshi, R. (2024). Ecological restoration at pilot-scale employing site-specific rationales for small-patch degraded mangroves in Indian Sundarbans. *Scientific Reports*, 14(1), 1–23.
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-63281-8>
- Rinika, Y., Ras, A. R., Yulianto, B. A., Widodo, P., & Saragih, H. J. R. (2023). Pemetaan dampak kerusakan ekosistem Mangrove terhadap lingkungan keamanan maritim. *Equilibrium : Jurnal Pendidikan*, XI(2), 170–176.
<https://doi.org/10.26618/equilibrium.v11i2.10392>
- Riyanto, Y. S., Suzianti, A., & Puspasari, M. A. (2021). A Risk Based Creative Design Framework: Integrating Risk Assessment and Design Thinking Approach on Small to Medium Sized Batik Enterprises. *ACM International Conference Proceeding*



- Series*, 431–437.
<https://doi.org/10.1145/3468013.3468636>
- Safitri, D. M., Rahmawati, N., Septiani, W., Azmi, N., Hanifati, A. N., Abdullah, U. N. N. B., & Othman, N. B. (2024). Ergonomic investigation on spraying task performance in paddy farming activities. *Research in Agricultural Engineering*, 70(4), 226–236.
<https://doi.org/10.17221/80/2023-RAE>
- Sasmito, S. D., Basyuni, M., Kridalaksana, A., Saragi-Sasmito, M. F., Lovelock, C. E., & Murdiyarsa, D. (2023). Challenges and opportunities for achieving Sustainable Development Goals through restoration of Indonesia's mangroves. *Nature Ecology & Evolution*, 7(1), 62–70.
<https://doi.org/10.1038/s41559-022-01926-5>
- Shu, A., Zhu, J., Cui, B., Wang, L., Zhang, Z., & Pi, C. (2023). Coastal wave-energy attenuation by artificial wooden fences deployed for mangrove restoration: an experimental study. *Frontiers in Marine Science*, 10(May), 1–14.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1165048>
- Siregar, Z. H., Mawardi, Rigitta, P., Puspita, R., Refiza, Simorangkir, S. P., & Suita, D. (2024). Pelatihan dan implementasi perencanaan pencahayaan dan sirkulasi udara untuk lingkungan sehat dan nyaman pada Proyek Pembangunan Gedung UMKM-USU. *Jurnal Derma Pengabdian Dosen Perguruan Tinggi (Jurnal DEPUTI)*, 4(2), 299–304.
<https://doi.org/10.54123/deputi.v4i2.363>
- Siregar, Z. H., Nasution, A. F., Fazri, M., Refiza, Puspita, R., Thamrin, H., & Nasution, A. S. (2024). The effect of fuel mixture composition on gasoline engine emissions in urban conditions. *Jurnal VORTEKS*, 05(02), 394–402.
<https://doi.org/10.54123/vorteks.v5i2.389>
- Siregar, Z. H., Siregar, R., Rigitta, P., Nurdiana, Puspita, R., Refiza, Zurairah, M., Purba, I. G., & Tanjung, J. H. S. (2024). Pengembangan aliran sungai sebagai potensi Pembangkit Listrik Mikro Hidro serta edukasi dan akulturasi di Desa Meranti Tengah Dusun Batu Rangin Kecamatan Pintu Pohan Meranti Kabupaten Tobasa. *Jurnal Derma Pengabdian Dosen Perguruan Tinggi (Jurnal DEPUTI)*, 4(1), 264–269.
<https://doi.org/10.54123/deputi.v4i1.325>
- Siska, M., Candra, R. M., Saputra, E., Zein, M., Wenda, A., & Yanti, N. (2019). *Application of Novel Ergonomic Postural Assessment Method in Indonesia Creative Industry Centers*.
<https://doi.org/10.1109/ICESI.2019.8863008>
- Sitiningrum, D. S. (2025). Ecosystem-based mangrove conservation strategies and the role of communities for sustainable management. *Journal of Earth Kingdom*, 2(2), 113–128.
<https://doi.org/10.61511/jek.v2i2.2025.1476>
- Slobodian, L., Buelow, C. A., Baker, S. C., Alvarez, S., Wood, K. C., Villarreal-Rosas, J., Brown, C. J., Adame, M. F., Amir, A. A., Bukoski, J. J., Bell-James, J., Calzada Vazquez Vela, A., Carrie, R. H., Connolly, R. M., Golebie, E. J., Foster, R. A., Heck, N., Sidik, F., Turschwell, M. P., ... Andradi-Brown, D. A. (2025). Quantifying the presence and potential of national legal frameworks for global mangrove protection. *Cell Reports Sustainability*, 2(8).
<https://doi.org/10.1016/j.crsus.2025.100430>
- Sumantri, D., Purwandari, A. T., Parwati, N., & Tanjung, W. N. (2023). Ergonomic design improvement of plastic-waste processing machine based on posture analysis. In W. Septiani, W. Wahyukaton, R. Maulidya, & D. R. Ningtyas (Eds.), *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2485, Issue 1). American Institute of Physics Inc. <https://doi.org/10.1063/5.0107105>
- Susana, I. G. B., Alit, I. B., & Aryadi, I. G. A. K. C. A. W. (2022). Ergonomics Applications Based On Worker Anthropometry Data On Work Tool Design. *Energy, Material and Product Design (EMPD)*, 1(1), 28.
<https://journal.unram.ac.id/index.php/empd/id/article/view/712>
- Syam, A. A., Siregar, Z. H., & ... (2022). Perencanaan kapasitas dan waktu produksi menggunakan metode Capacity



- Requirement Planning (CRP) pada industri tahu tempe. *Jurnal VORTEKS*. <http://jurnal.alazhar-university.ac.id/index.php/vorteks/article/view/152>
- Tahir, A., Bai, S., & Shen, M. (2023). A Wearable Multi-Modal Digital Upper Limb Assessment System for Automatic Musculoskeletal Risk Evaluation. *Sensors*, 23(10), 1–14. <https://doi.org/10.3390/s23104863>
- Wati, P. E. D. K., & Murnawan, H. (2022). Perancangan alat pembuat mata pisau mesin pemotong singkong dengan mempertimbangkan aspek ergonomi. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 9(1), 59. <https://doi.org/10.24853/jisi.9.1.59-69>
- Wijayani, N. N. R., Saraswati, N. L. P. G. K., Adnyani, N. L. N., & Antari, N. K. A. J. (2023). The relationship between analysis of upper limb function, physical activity, and neck pain in wood carvers. *Physical Therapy Journal of Indonesia*, 4(2), 189–194. <https://doi.org/10.51559/ptji.v4i2.132>
- Yunasfi, Mohammad Basyuni, Ahmad Baiquni Rangkuti, & Moechar Maraghiy Harahap. (2021). Pembibitan dan Restorasi Mangrove di Desa Lubuk Kertang Kecamatan Brandan Barat, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. *Talenta Conference Series: Local Wisdom, Social, and Arts (LWSA)*, 4(1), 112–120. <https://doi.org/10.32734/lwsa.v4i1.1179>
- Zimmer, M., Ajonina, G. N., Amir, A. A., Cragg, S. M., Crooks, S., Dahdouh-Guebas, F., Duke, N. C., Fratini, S., Friess, D. A., Helfer, V., Huxham, M., Kathiresan, K., Kodikara, K. A. S., Koedam, N., Lee, S. Y., Mangora, M. M., Primavera, J., Satyanarayana, B., Yong, J. W. H., & Wodehouse, D. (2022). When nature needs a helping hand: Different levels of human intervention for mangrove (re-)establishment. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5(August), 1–18. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.784322>

