

**RANCANG BANGUN, UJI KINERJA, DAN ANALISIS TEKNO-EKONOMI
MESIN PENCACAH SAMPAH PERTANIAN TIPE *BLADE***

**Design, Performance Testing, And Techno-Economic Analysis of A Blade-Type
Agricultural Waste Shredder**

Rio Valery Allen^{*}, Yefsi Malrianti, Angga Defrian, Gilang Dwiko Febrian, Nadya Rahma Dhani

Program Studi Teknologi Mekanisasi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Jl. Raya Negara

KM7, Kec. Harau, Kab. Limapuluhkota, Sumatera Barat, Indonesia.

Email: Rioallen59@gmail.com

ABSTRAK

Pengolahan sampah organik, khususnya limbah sayuran basah, masih dominan dilakukan secara konvensional menggunakan alat manual yang membutuhkan tenaga fisik besar, kapasitas produksi rendah serta menghasilkan cacahan kasar yang tidak seragam. Penelitian ini bertujuan merancang, membuat, menguji, dan menganalisis kelayakan ekonomi mesin pencacah sampah tipe *blade*. Metodologi penelitian mencakup tahap perancangan desain mekanis, pembuatan komponen utama (rangka, ruang pencacah, pisau, dan saluran *outlet*), perakitan, hingga pengujian fungsional dan kinerja menggunakan sampel 2000 gram sampah sayuran dedaunan. Parameter pengujian meliputi tingkat kebisingan, kecepatan putar pisau, waktu pencacahan, *losses*, serta proporsi hasil cacahan berdiameter kecil dari 6 mm dan besar dari 6 mm. Hasil penelitian menunjukkan mesin beroperasi secara akurat tanpa hambatan teknis. Analisis ekonomi membuktikan kelayakan finansial mesin dengan Biaya Tetap sebesar Rp620.452/tahun, Biaya Tidak Tetap Rp12.870/jam, Biaya Pokok produksi Rp482/kg, dan *Break Even Point* (BEP) tercapai pada volume 23.863 kg/tahun.

Kata kunci: Mesin Pencacah Sampah; Tipe *Blade*; Limbah Sayuran; Uji Kinerja; Analisa Ekonomi

ABSTRACT

The processing of organic waste, particularly wet vegetable waste, is still predominantly carried out using conventional methods that rely on manual tools requiring significant physical labor, have low production capacity, and produce coarse, non-uniformly sized fragments. This study aims to design, build, test, and analyze the economic feasibility of a blade-type waste shredder. The research methodology includes the mechanical design phase, the fabrication of main components (frame, shredding chamber, blades, and outlet chute), assembly, and functional and performance testing using a 2,000-gram sample of vegetable and leaf waste. Test parameters included noise level, blade rotational speed, shredding time, losses, and the proportion of shredded material with diameters less than 6 mm and greater than 6 mm. The results showed that the machine operated accurately without technical issues. An economic analysis confirmed the machine's financial viability, with fixed costs of Rp620,452/year, variable costs of Rp12,870/hour, a cost of goods sold of Rp482/kg, and a break-even point (BEP) reached at a volume of 23,863 kg/year.

Kata kunci: Waste Shredder; Blade Type; Vegetable Waste; Performance Test; Economic Analysis

PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi global dan eskalasi aktivitas urbanisasi yang masif telah memicu peningkatan volume limbah padat secara eksponensial dalam beberapa dekade terakhir. Proyeksi demografis mengindikasikan bahwa populasi dunia akan mencapai 8,5 miliar jiwa pada tahun 2030, yang berimplikasi langsung pada lonjakan produksi limbah padat hingga menyentuh angka 2,59 miliar ton secara global (Dastjerdi *et al.*, 2021). Di negara-negara berkembang seperti Indonesia, sektor rumah tangga dan pasar tradisional merupakan produsen utama sampah pertanian, khususnya limbah sayuran basah yang memiliki laju dekomposisi sangat cepat. Berdasarkan data empiris dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), sekitar 60% dari total timbulan sampah di berbagai wilayah di Indonesia sebagai contoh spesifik di Kabupaten Lima Puluh Kota yang menghasilkan 40

hingga 50 ton sampah per hari didominasi oleh material organik yang mudah terurai (Pinto *et al*, 2022). Kegagalan sistemik dalam mengelola biomassa ini tidak hanya berdampak pada pencemaran lingkungan lokal, seperti lindi yang mencemari air tanah dan penyebaran patogen melalui vektor penyakit, tetapi juga berkontribusi secara signifikan terhadap perubahan iklim global melalui emisi gas metana (CH₄) selama proses dekomposisi anaerobik di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) (Sugandi *et al.*, 2024).

Secara tradisional, pengolahan limbah organik menjadi pupuk kompos atau pakan ternak kerap dilakukan secara manual menggunakan tenaga manusia. Namun, metode manual ini dinilai kurang efektif dan efisien karena membutuhkan waktu pengerjaan yang lama, kapasitas yang terbatas, serta biaya tenaga kerja yang cenderung tinggi seiring meningkatnya skala usaha (Alfarizi, 2024). Padahal, di tengah fluktuasi harga pupuk kimia serta tuntutan praktik industri yang ramah lingkungan, petani dan pelaku UMKM dituntut untuk mampu mengolah limbah mandiri secara cepat guna mendukung produktivitas dan menekan biaya operasional (Donna & Febrian., 2025).

Guna menjembatani permasalahan tersebut, penerapan teknologi tepat guna berupa mesin pencacah sampah menjadi suatu kebutuhan yang esensial. Penggunaan mesin pencacah terbukti mampu memperkecil ukuran fisik limbah organik secara merata, yang secara langsung akan mempercepat laju dekomposisi mikroorganisme dalam proses pengomposan serta mengoptimalkan tekstur pakan ternak. Dengan mereduksi volume sampah secara signifikan dan mengubahnya menjadi produk turunan yang bernilai jual—seperti kompos padat, pupuk organik cair (POC), atau pakan olahan. Pelaku UMKM tidak hanya dapat menyelesaikan persoalan limbah secara mandiri, tetapi juga membuka peluang diversifikasi usaha untuk memperkuat kemandirian ekonomi lokal yang berkelanjutan (Septriani *et al.*, 2025).

Artikel ilmiah ini bertujuan untuk menganalisis secara mendalam proses rancang bangun mesin pencacah sampah pertanian tipe *blade* berskala mikro, mengevaluasi unjuk kerja mekanis dan parameter kapasitasnya, meninjau implikasi biologis dari ukuran partikel hasil cacahan terhadap fisiologi pencernaan unggas, serta melakukan penilaian kelayakan tekno-ekonomi operasional mesin untuk mengkalibrasi potensinya sebagai pilar pendukung swasembada pakan berbasis ekonomi sirkular.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Penelitian dilakukan pada bulan September hingga Desember 2025 di Bengkel Logam Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mesin las, mesin gerinda, mesin bor, tang rivet, meteran dan jangka sorong. Desain alat menggunakan Autocad dan Solidwork. Bahan yang digunakan meliputi drum, besi poros, mata pisau, motor listrik, batu gerinda, baut, mur, ring plat, cat, paku rivet, dan aluminium.

B. Prosedur Penelitian

1. Identifikasi Masalah

Tahap awal perancangan mesin pencacah sampah tipe pisau (*blade*) diawali dengan identifikasi masalah utama terkait tingginya volume limbah organik yang belum terkelola secara optimal, di mana sebagian besar pengolahan di lapangan masih mengandalkan cara manual atau konvensional menggunakan alat potong sederhana seperti parang dan sabit. Metode konvensional ini memerlukan tenaga fisik yang besar, memakan waktu lama, serta menghasilkan kapasitas output yang sangat terbatas dan ukuran cacahan yang tidak seragam. Menjawab pertanyaan ini dilakukan perancangan alat pencacah sampah dengan tahap awalnya dengan melakukan studi literatur secara komprehensif.

2. Perancangan Alat

Proses perancangan mesin pencacah berfokus pada optimasi komponen struktural dan mekanisme pemotongan guna memastikan transfer daya berjalan efisien. Pemilihan material pisau potong yang tahan aus serta penentuan sudut potong yang presisi menjadi parameter kritis untuk mengurangi konsumsi energi selama proses perajangan bahan berserat (Wilczyński, 2024). Desain mesin digambar menggunakan aplikasi *Solidwork* dan *Autocad*.

3. Pembuatan Alat (Manufaktur)

Pembuatan diawali dengan pemotongan dan pengelasan profil besi untuk membentuk rangka mesin yang kokoh sebagai penopang beban serta dudukan bagi motor penggerak. Ruang pencacah (*chute/casing*) dibentuk dari drum plastik yang dibuat presisi guna menampung proses pemotongan limbah, yang terhubung langsung dengan saluran *outlet* sebagai jalur keluarnya hasil cacahan sampah secara lancar. Sementara itu, unit motor penggerak disiapkan dan disesuaikan dudukan serta kelengkapannya agar dapat mentransmisikan daya secara optimal.

4. Pengujian Alat

Pengujian mesin pencacah sampah tipe *blade* dilakukan untuk mengukur keandalan serta efektivitas mesin melalui dua tahapan utama, yaitu uji fungsional dan uji kinerja. Uji fungsional bertujuan untuk memastikan seluruh komponen mekanis, sistem transmisi tenaga, putaran poros, serta pisau pencacah bekerja secara normal tanpa adanya hambatan, getaran berlebih, atau potensi bahaya teknis saat mesin dihidupkan tanpa beban. Selanjutnya, uji kinerja dilakukan dengan memberikan beban kerja nyata menggunakan bahan uji berupa limbah sayuran berbentuk dedaunan lunak dan bukan batang keras. Pada tahap uji kinerja ini, parameter yang dievaluasi mencakup kapasitas kerja mesin (kg/jam), konsumsi daya listrik, keseragaman ukuran hasil cacahan, serta kelancaran pengeluaran bahan pada saluran *outlet* tanpa mengalami penyumbatan (*clogging*).

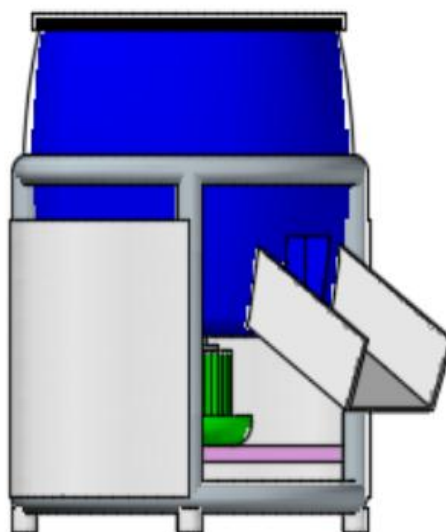
5. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi mesin pencacah sampah tipe *blade* dilakukan untuk menilai kelayakan finansial serta tingkat efisiensi operasional investasi mesin yang telah dirancang. Perhitungan diawali dengan mengidentifikasi biaya tetap (*fixed cost*), biaya tidak tetap (*variable cost*), dan titik impas operasional atau *Break Even Point (BEP)*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Mesin

Hasil pembuatan desain mesin pencacah sampah tipe *blade* berhasil direalisasikan dalam bentuk visualisasi rancangan tiga dimensi (3D). Rancangan ini menampilkan tata letak komponen secara proporsional, mulai dari struktur rangka utama penopang, ruang pencacah (*chute*), mekanisme susunan pisau potong (*blade*) dinamis dan statis, hingga saluran *outlet* tempat keluarnya hasil pencacahan. Secara keseluruhan, hasil desain ini memberikan acuan teknis yang jelas dan sistematis untuk mempermudah proses fabrikasi, pemilihan material, serta perakitan komponen pada tahap manufaktur selanjutnya. Desain mesin pencacah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Mesin Pencacah

B. Hasil Pembuatan dan Perakitan Komponen Mesin Pencacah

Hasil pembuatan komponen dan perakitan mesin pencacah sampah tipe *blade* menunjukkan bahwa seluruh tahapan fabrikasi dan penyatuan struktur telah berhasil direalisasikan sesuai dengan dimensi dan spesifikasi rancangan awal. Setiap komponen utama mulai dari rangka besi yang kokoh, ruang pencacah (*chute*), saluran *outlet*, hingga susunan pisau pencacah (*blade*) yang presisi telah terpasang dengan baik pada posisinya. Proses perakitan yang mengintegrasikan unit motor penggerak, serta bantalan poros berjalan lancar tanpa kendala interferensi antarkomponen. Hasil pengujian putaran awal secara manual (*hand turning*) maupun uji coba tanpa beban (*no load test*) mengonfirmasi bahwa poros dapat berputar dengan efisien, keselarasan (*alignment*) sistem berada pada kondisi optimal, dan *clearance* antarpisau teratur dengan aman tanpa timbul gesekan abnormal atau getaran yang berlebih. Bagian-bagian mesin pencacah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagian-bagian Mesin Pencacah

Pada tahap manufaktur dan perakitan, seluruh elemen pendukung seperti rangka utama, ruang pencacah (*chute*), dan saluran *outlet* disatukan secara sistematis untuk menjamin presisi mekanis. Konstruksi rangka berbahan besi profil yang kokoh dirancang untuk menopang beban kerja sekaligus meredam vibrasi mekanis serta tingkat kebisingan berlebih saat mesin beroperasi (Siebald *et al*, 2025; Wicaksono & Basuki, 2023). Penyesuaian letak motor penggerak dan kelancaran putaran poros tanpa beban (*no-load test*) menjadi kriteria penting untuk memastikan bahwa tidak terjadi gesekan abnormal atau ketidakselarasan (*misalignment*) sebelum mesin diuji secara berbeban (Marthiana *et al*, 2018). Perakitan yang presisi ini berpengaruh langsung terhadap daya tahan alat serta keamanan operasional bagi operator di lapangan.

C. Pengujian Mesin Pencacah

Uji kinerja mesin pencacah sampah tipe *blade* dilakukan secara terukur menggunakan sampel sampah sayuran dengan berat awal 2000 gram guna menilai efisiensi dan kapasitas kerja operasional mesin secara nyata. Pada proses pengujian ini, parameter dinamis seperti tingkat kebisingan unit saat beroperasi diukur menggunakan *sound level meter* untuk memastikan keamanan lingkungan kerja operator, sementara kecepatan putar mata pisau (*RPM*) diamati secara presisi menggunakan *tachometer* guna memastikan transmisi daya bekerja optimal di bawah pembebanan. Selain itu, waktu total yang diperlukan untuk mencacah seluruh sampel 2000 gram dicatat secara cermat untuk menghitung kapasitas kerja mesin secara kuantitatif (kg/jam).

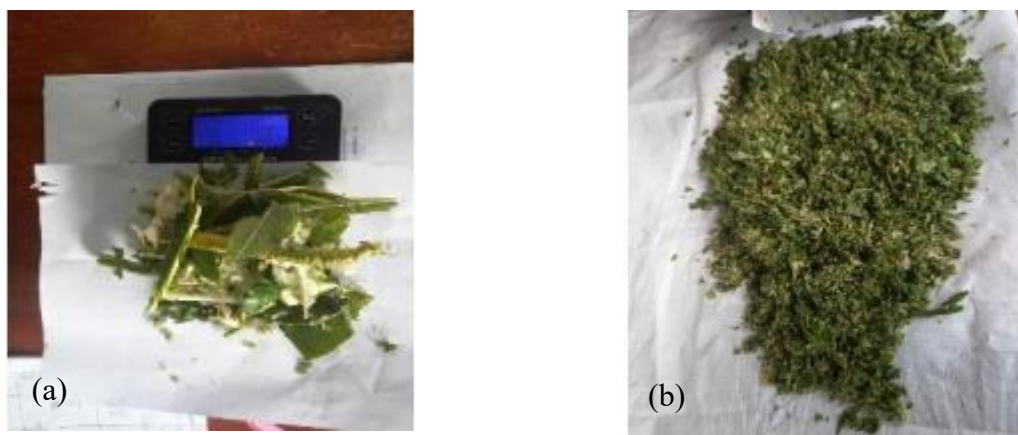
Setelah proses pencacahan selesai, analisis material dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat keandalan hasil pemotongan pisau serta efisiensi aliran material pada ruang pencacah. Parameter yang dievaluasi mencakup persentase hasil cacahan dengan diameter kurang dari 6 mm sebagai persentase output ideal, serta hasil cacahan dengan diameter lebih dari 6 mm untuk menilai kerapatan dan efektivitas pemotongan *blade*. Selain itu, jumlah massa limbah yang tertinggal atau terselip di dalam

ruang pencacah diukur sebagai parameter kehilangan hasil (*losses*), sehingga efisiensi persentase massa yang berhasil keluar melalui saluran *outlet* dapat dikalkulasikan secara akurat.

Tabel 1. Hasil Pengujian Mesin Pencacah

Parameter	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-Rata
Berat bahan (gram)	2000	2000	2000	2000
Hasil cacahan > 6 mm (gram)	27,7	79,9	96,2	67,93
Hasil cacahan < 6 mm (gram)	1962,3	1880	1900	1914,1
Kehilangan/ <i>losses</i> (gram)	10	40,1	3,8	17,96
Waktu (detik)	248	250	262	252,66
Kecepatan putar (rpm)	1469	1469	1469	1469
Kebisingan (dB)	94,5	93,3	92,6	93,46
Kapasitas Kerja	28	27	26	27

Perbedaan hasil cacahan sampah sayuran pada mesin pencacah tipe *blade* dikategorikan berdasarkan fraksi ukuran, yakni cacahan berdiameter kurang dari 6 mm dan cacahan berdiameter lebih dari 6 mm. Hasil cacahan dengan ukuran kurang dari 6 mm memiliki tekstur yang lebih halus, lembut, dan homogen, yang dihasilkan dari kontak pemotongan optimal serta penyayatan berulang oleh mata pisau (*blade*) pada ruang pencacah. Sebaliknya, hasil cacahan berukuran lebih dari 6 mm cenderung masih berupa potongan daun atau serat kasar yang terlewat dari celah pemotongan akibat orientasi masuknya bahan yang sejajar dengan arah putaran pisau atau kelolosan cepat sebelum terpapar gaya geser secara maksimal. Perbedaan hasil cacahan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. (a) Hasil cacahan dengan ukuran lebih dari 6 mm, (b) Hasil cacahan dengan ukuran kecil dari 6 mm

D. Analisa Ekonomi

Hasil analisa ekonomi mesin pencacah sampah tipe *blade* menunjukkan gambaran kelayakan finansial yang terukur untuk operasional pengolahan limbah organik secara efisien. Analisa biaya operasional mesin pencacah ini diasumsikan sebagai berikut

Tabel 2. Analisa Biaya Operasi Mesin

Harga jual	Rp 1.658.400
Jumlah jam kerja per hari	8 jam per hari
Perkiraan umur ekonomis mesin	3 tahun
Suku bunga per tahun	12% per tahun
Harga akhir	10% ddari harga jual
Upah operator	Rp. 100.000 per hari
Jumlah operator	1 Orang
Jumlah hari kerja per tahun	300 hari
Jumlah jam kerja per tahun	2.400 jam
Kapasitas alat	27

Berdasarkan kalkulasi komponen biaya, didapatkan Biaya Tetap (*fixed cost*) sebesar Rp620.452 per tahun, yang mencakup penyusutan nilai investasi alat, bunga modal, serta biaya gudang. Biaya Tidak Tetap (*variable cost*) terhitung sebesar Rp12.870 per jam, yang dialokasikan untuk upah operator, biaya perawatan dan biaya listrik selama mesin bekerja mencacah sampah. Dari penggabungan komponen biaya tetap dan biaya tidak tetap, diperoleh Biaya Pokok produksi pencacahan sebesar Rp482 per kg, yang menjadi landasan penetapan tarif jasa pengolahan yang kompetitif di pasaran. Selain itu, perhitungan *Break Even Point* (BEP) mengindikasikan bahwa titik impas operasional mesin tercapai pada tingkat produksi 23.863 kg per tahun. Angka BEP ini menunjukkan batas volume pencacahan minimum yang harus dipenuhi dalam kurun waktu satu tahun agar seluruh biaya investasi dan operasional tertutupi, sehingga volume produksi di atas angka tersebut akan menghasilkan keuntungan finansial yang optimal (Zuhri *et al.*, 2026).

E. Perbandingan dengan Metode Pencacahan Konvensional

Pencacahan secara manual umumnya menghasilkan persentase cacahan dengan ukuran kurang dari 6 mm yang sangat rendah, yaitu hanya sekitar 15%–25%, dengan dominansi ukuran cacahan kasar lebih dari 6 mm melebihi 75% akibat keterbatasan presisi ayunan tangan dan ketebalan pisau konvensional. Sebaliknya, mesin pencacah tipe *blade* mampu menghasilkan fraksi cacahan kurang dari 6 mm secara mendominasi mencapai 70% – 85. Pencacahan secara manual menggunakan alat potong sederhana tidak hanya membutuhkan waktu lama dan tenaga kerja yang besar, tetapi juga menghasilkan kapasitas kerja yang terbatas serta distribusi ukuran cacahan yang tidak seragam (Nugraha *et al.*, 2019; Sari *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, hingga pengujian mesin pencacah sampah tipe *blade*, dapat disimpulkan bahwa mesin yang dikembangkan telah berhasil direalisasikan secara mekanis dan dapat menggantikan metode pencacahan konvensional. Hasil pengujian fungsional dan uji kinerja menggunakan sampel 2000 gram sampah sayuran menunjukkan bahwa mesin mampu beroperasi secara stabil dengan keselarasan transmisi yang baik, menghasilkan fraksi cacahan yang dominan berukuran kurang dari 6 mm yang sesuai dengan SNI. Selain itu, dari aspek finansial, mesin ini memiliki tingkat kelayakan ekonomi yang terukur dengan Biaya Tetap sebesar Rp620.452/tahun, Biaya Tidak Tetap sebesar Rp12.870/jam, Biaya Pokok sebesar Rp482/kg, serta titik impas (*Break Even Point*) yang dicapai pada volume produksi 23.863 kg/tahun, sehingga terbukti efisien dan menguntungkan untuk penerapan skala operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarizi, I. A. (2024). Pengolahan limbah organik pertanian dan perkebunan sebagai pakan ternak untuk mengurangi pencemaran lingkungan: Literatur review. *Universitas Negeri Malang*.
- Dastjerdi, B. H., Strezov, V., Kumar, R., & Behnia, M. (2021). Economic Feasibility and Sustainability Assessment of Residual Municipal Solid Waste Management Scenarios in NSW, Australia. *Sustainability*, 13(16), 8972. <https://doi.org/10.3390/su13168972>
- Donna, R., & Febrian, A. (2025). Optimalisasi Produktivitas UMKM Prakarya melalui Inovasi Daur Ulang Sampah dan Strategi Pemasaran di Jorong Pasar Ahad. *Tanmiyah Impact: Islamic Economics & Business Service Journal*, 1(2), 1-12. <https://studentresearchhub.org/tanmiyahimpact/article/view/211>
- Pinto, J., Boavida-Dias, R., Matos, H. A., & Azevedo, J. (2022). Analysis of the food loss and waste valorisation of animal by-products from the retail sector. *Sustainability*, 14, 2830. <https://doi.org/10.3390/su14052830>
- Septriani, S., Ekaputri, R. A., & Purmini, P. (2025). Pengembangan Kewirausahaan Kreatif sebagai Strategi Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat Desa. *Madaniya*, 6(4), 3409-3419. <https://doi.org/10.53696/27214834.405>
- Sugandi, W., Suryadi, E., Lani, M. N., Dwiratna, S., & Razali, N. (2024). A Comprehensive Design and Performance Assessment of a Reel-Type Blade Organic Waste Chopper Machine. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 115(1), 166–180. DOI:10.37934/aram.115.1.166180

- Zuhri, N. M., Puspita, N., & Ayomi, N. M. S. (2026). Economic Feasibility Assessment of Robusta Coffee Farming. *Indonesian Journal Of Small Scale Farming*, 2(1), 49-59. <https://doi.org/10.24843/ijoss.2026.v02.i01.p05>
- Wilczyński, D., Talaśka, K., Wojtkowiak, D., Górecki, J., & Wałęsa, K. (2024). Energy consumption of the biomass cutting process preceding the biofuel production. *Biosystems Engineering*, 237, 142-156. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.12.007>
- Sari, N., Salim, I., & Achmad, M. (2018). *Uji Kinerja dan Analisis Biaya Mesin Pencacah Pakan Ternak (Chopper)*. *Jurnal Agritechno (Sinta 3)*, 11(2), 113–120. 10.70124/at.v11i2.115
- Nugraha, N., Pratama, D. S., Sopian, S., & Roberto, N. (2019). Rancang bangun mesin pencacah sampah organik rumah tangga. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 3(3). <https://doi.org/10.26760/jrh.v3i3.3428>
- Siebold, H., Pforte, F., Kulig, B., Schneider, M., Wenzel, A., Schweigel, M., & Hensel, O. (2023). Referencing acoustic monitoring of cutting knives sharpness in agricultural harvesting processes using image analysis. *Biosystems Engineering*, 226, 86-98. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.12.007>
- Wicaksono, P., & Basuki, B. (2023). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Mata Pisau (Blade) Pada Perancangan Mesin Pencacah Sampah Organik Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Mekanik Terapan*, 4(2), 117-126. <https://doi.org/10.32722/jmt.v4i2.5854>
- Marthiana, W., Duskiardi, Arman, R., Mahyoedin, Y., & Wardiyanto, D. (2018). Design and production of rotary type machine for chop up organic waste plantation. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 248, p. 01010). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824801010>