RANCANG BANGUN SISTEM PENGGERAK PISAU DAN PENGISIAN PADA MESIN POTONG RUMPUT SEMI *HYBRID*

Danu Ristanto[1)], Ardiyanto Darmanto[2)], Dedi Nugroho[3)]
Politeknik Angkatan Darat, Batu, Indonesia [1,2)]
Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakrta Indonesia[3)]
Email korespondensi: (ristantodanu378@gmail.com)

ABSTRAK

Penelitian ini membahas rancang bangun sistem penggerak pisau dan sistem pengisian pada mesin potong rumput semi *hybrid*. Permasalahan utama pada mesin potong rumput konvensional adalah pemanfaatan energi mekanik mesin yang masih terbatas pada pemotongan, sementara kebutuhan sistem kelistrikan pendukung tetap memerlukan sumber daya tersendiri. Sistem yang dirancang menggunakan mesin bensin GX220 sebagai sumber tenaga utama yang dibagi menjadi dua jalur, yaitu jalur penggerak pisau melalui pulley, V-belt, dan gearbox rasio 1:1, serta jalur pengisian melalui alternator 24 V 35 A untuk mengisi baterai 24 V 45 Ah. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif melalui perancangan, perhitungan, dan pengujian. Parameter yang dianalisis meliputi putaran pisau, kecepatan ujung pisau, torsi, daya pemotongan, tegangan pengisian, arus pengisian, dan total beban mesin. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pisau sepanjang 0,50 m menghasilkan kecepatan ujung 38,78 m/s pada putaran 1482,35 rpm. Pada gaya potong desain 40 N, torsi pisau sebesar 10 Nm dan daya pisau sebesar 1551,2 W. Total beban mesin pada kondisi berat sebesar 4218,6 W atau 5,66 HP, sehingga masih berada di bawah daya mesin 5968 W atau 8 HP. Hasil pengujian menunjukkan putaran pisau menurun maksimal 15% saat berbeban, sedangkan tegangan dan arus pengisian meningkat seiring kenaikan putaran mesin. Sistem semi *hybrid* yang dirancang mampu menjalankan fungsi pemotongan dan pengisian secara bersamaan.

Keyword : mesin potong rumput, semi hybrid, pisau pemotong, alternator, pengisian baterai

PENDAHULUAN

Pemeliharaan area terbuka seperti lapangan, pangkalan, dan fasilitas umum memerlukan mesin potong rumput yang kuat, mudah digunakan, dan mampu bekerja dalam waktu yang cukup lama. Mesin potong rumput berbasis *engine* bensin masih banyak digunakan karena memiliki daya dan torsi yang tinggi, namun sistem tersebut umumnya hanya dimanfaatkan untuk memutar pisau pemotong. Pada sisi lain, kebutuhan sistem kelistrikan seperti motor penggerak roda, sistem kontrol, dan baterai memerlukan sumber energi tambahan agar alat dapat bekerja lebih fleksibel.

Pengembangan mesin potong rumput berbasis listrik dan *hybrid* menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi. Mesin berbasis baterai memiliki keunggulan dari sisi kebisingan dan emisi, tetapi durasi kerjanya sangat dipengaruhi kapasitas baterai. Oleh karena itu, integrasi engine bensin dengan alternator dapat menjadi solusi untuk menjaga ketersediaan energi listrik selama alat beroperasi.

Penelitian ini berfokus pada rancang bangun sistem penggerak pisau dan sistem pengisian pada mesin potong rumput semi *hybrid*. Mesin bensin GX220 digunakan sebagai sumber tenaga utama untuk menggerakkan pisau pemotong dan alternator secara bersamaan. Dengan konsep ini, daya mekanik dari engine tidak hanya digunakan untuk proses pemotongan, tetapi juga dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik pengisian baterai.

Tujuan penelitian ini adalah menghitung kebutuhan daya sistem penggerak pisau berdasarkan ukuran pisau, putaran, kecepatan ujung, gaya potong, torsi, dan daya pemotongan, serta menganalisis kemampuan mesin GX220 dalam menyuplai daya pada sistem semi hybrid. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan mesin potong rumput yang lebih efisien dan aplikatif untuk kebutuhan kerja lapangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Mesin potong rumput merupakan alat pemeliharaan lahan yang memanfaatkan putaran pisau untuk memotong batang atau daun rumput. Pada pisau berputar, bagian ujung pisau memiliki kecepatan linear terbesar sehingga menjadi area utama terjadinya pemotongan. Kinerja pemotongan dipengaruhi oleh putaran pisau, bentuk pisau, ketajaman pisau, kondisi rumput, dan kestabilan sistem transmisi.

Sistem transmisi *pulley* dan *V-belt* digunakan untuk meneruskan putaran dari engine menuju komponen yang digerakkan. Perbandingan diameter *pulley* menentukan perubahan putaran. Jika *pulley* yang digerakkan lebih besar dari *pulley* penggerak, putaran *output* akan lebih rendah.

Sistem ini dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dirawat, dan dapat meredam getaran.

Alternator merupakan komponen yang mengubah energi mekanik putaran menjadi energi listrik. Pada sistem pengisian baterai, kenaikan putaran alternator umumnya diikuti kenaikan tegangan dan arus keluaran hingga mencapai batas kemampuan alternator dan regulator. Karena alternator membutuhkan daya mekanik dari engine, maka beban mekanik alternator perlu dimasukkan dalam analisis total beban sistem.

Pada sistem semi *hybrid*, kecukupan daya engine menjadi parameter penting. Sistem dinyatakan mampu bekerja apabila daya mesin lebih besar dari total beban yang terdiri atas beban pisau, beban alternator, dan rugi-rugi transmisi. Oleh karena itu, perhitungan daya, torsi, dan beban gabungan diperlukan sebelum alat diuji di lapangan.

Pisau pemotong rumput bekerja dengan prinsip gerak rotasi. Energi putar dari engine diteruskan ke poros pisau, kemudian bagian ujung pisau yang memiliki kecepatan linear paling tinggi berinteraksi langsung dengan rumput. Pada kondisi ini, gaya potong menghasilkan torsi pada poros. Oleh karena itu, hubungan antara gaya potong, jari-jari pisau, kecepatan ujung, torsi, dan daya menjadi dasar utama dalam analisis sistem penggerak pisau.

Gaya potong rumput tidak bersifat tetap karena dipengaruhi oleh jenis rumput, kerapatan, tinggi pemotongan, kadar air, dan kondisi ketajaman pisau. Dalam perancangan alat, gaya potong dapat dinyatakan dalam beberapa kategori desain agar sistem dapat dievaluasi pada kondisi ringan, sedang, dan berat. Kategori ini membantu peneliti memperkirakan kebutuhan daya pada variasi kondisi lapangan yang berbeda.

Pada sistem pengisian, alternator memberikan beban tambahan kepada engine. Beban tersebut tidak hanya ditentukan oleh daya listrik keluaran, tetapi juga oleh efisiensi alternator. Semakin besar arus pengisian yang dihasilkan, semakin besar pula daya mekanik yang perlu disediakan oleh engine. Oleh sebab itu, analisis sistem pengisian harus dihubungkan dengan analisis beban total mesin.

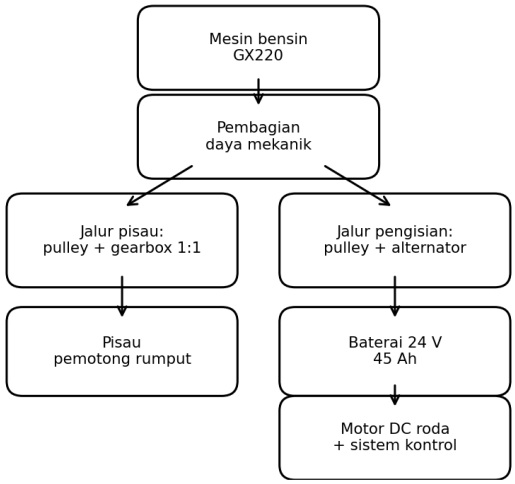
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan perancangan dan eksperimen. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem, pemilihan komponen, perakitan alat, perhitungan kebutuhan daya, serta pengujian sistem penggerak pisau dan sistem pengisian. Data primer diperoleh dari hasil pengujian alat, sedangkan data sekunder diperoleh dari literatur dan spesifikasi komponen.

Sistem yang dirancang terdiri dari mesin bensin GX220, *pulley* mesin 70 mm, *pulley gearbox* pisau 170 mm, pulley alternator 60 mm, gearbox rasio 1:1, pisau pemotong sepanjang 0,50 m, alternator 24 V 35 A, baterai 24 V 45 Ah, motor DC roda 2 × 500 W, dan sistem kontrol 20 W. Putaran mesin diteruskan menuju dua jalur, yaitu jalur pisau dan jalur alternator.



Gambar 1. Rancang bangun mesin potong rumput semi hybrid
Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026



Gambar 2. Blok diagram sistem kerja mesin potong rumput semi hybrid
Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026

Parameter mekanik yang dianalisis meliputi putaran pisau, kecepatan sudut, kecepatan ujung pisau, gaya potong, torsi, daya pisau, dan daya input mesin. Parameter kelistrikan yang dianalisis meliputi daya beban elektrik, arus beban, kapasitas baterai, daya keluaran alternator, arus pengisian aman, dan beban mekanik alternator. Seluruh hasil perhitungan kemudian digabungkan untuk mengetahui kemampuan mesin dalam menjalankan sistem semi hybrid.

Pengujian sistem penggerak pisau dilakukan dengan mengukur putaran pisau pada beberapa putaran engine. Pengukuran dilakukan pada kondisi tanpa beban dan berbeban untuk mengetahui penurunan putaran akibat tahanan pemotongan. Kondisi beban pemotongan dibagi menjadi beban ringan, sedang, dan berat berdasarkan tingkat tahanan rumput terhadap putaran pisau.

Pengujian sistem pengisian dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus keluaran alternator

pada beberapa variasi putaran engine. Data tegangan dan arus digunakan untuk menghitung daya keluaran alternator. Selanjutnya, daya listrik alternator dikoreksi berdasarkan efisiensi alternator untuk memperoleh beban mekanik yang harus ditanggung oleh mesin.

Evaluasi sistem semi hybrid dilakukan dengan membandingkan total beban mekanik terhadap daya engine. Total beban terdiri dari daya input jalur pisau dan daya input alternator. Jika total beban masih berada di bawah daya *engine*, maka sistem dinyatakan memiliki kecukupan daya untuk bekerja secara bersamaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data awal sistem

Data awal sistem digunakan sebagai dasar perhitungan sistem penggerak pisau dan sistem pengisian. Data utama yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data awal sistem

Komponen	Spesifikasi	Keterangan
Mesin bensin	GX220	Sumber tenaga utama
Daya mesin	8 HP / 5968 W	Daya tersedia
Pulley mesin	70 mm	Pulley penggerak
Pulley gearbox	170 mm	Jalur pisau
Pulley alternator	60 mm	Jalur pengisian
Gearbox	Rasio 1:1	Input sama dengan output
Pisau	0,50 m	Panjang ujung ke ujung
Alternator	24 V 35 A	Sistem pengisian
Baterai	24 V 45 Ah	Penyimpanan daya
Motor DC roda	2 × 500 W	Penggerak roda

Berdasarkan data awal tersebut, mesin GX220 memiliki daya 5968 W atau 8 HP. Daya ini menjadi batas kemampuan utama sistem. Pembagian daya dilakukan pada dua subsistem, yaitu subsistem mekanik untuk pemotongan dan subsistem pengisian untuk baterai. Oleh karena itu, perhitungan dilakukan secara berurutan agar kebutuhan masing-masing subsistem dapat diketahui sebelum digabungkan sebagai total beban mesin.

Pulley mesin 70 mm dan *pulley* gearbox 170 mm menghasilkan penurunan putaran pada jalur pisau. Penurunan putaran ini dibutuhkan agar pisau memperoleh torsi yang lebih sesuai untuk proses pemotongan. Sementara itu, pulley alternator 60 mm menghasilkan putaran alternator yang lebih tinggi dibandingkan putaran *pulley* mesin, sehingga alternator dapat menghasilkan tegangan dan arus pengisian yang lebih baik.

Perhitungan sistem pisau pemotong

Pisau pemotong memiliki panjang total 0,50 m dengan lubang tengah Ø24 mm sebagai dudukan poros gearbox. Jari-jari efektif pisau dihitung dari setengah panjang pisau.



Gambar 3. Pisau pemotong rumput panjang 0,50 m dengan lubang tengah Ø24 mm

Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026

$r = L / 2 = 0{,}50\ m / 2 = 0{,}25\ m$

Putaran pisau diperoleh dari perbandingan *pulley* mesin dan *pulley gearbox*. Pada putaran mesin 3600 rpm, *pulley* mesin 70 mm, dan *pulley gearbox* 170 mm, diperoleh:

$n_2 = n_1 \times D_1 / D_2 = 3600\ rpm \times 70\ mm / 170\ mm = 1482{,}35\ rpm$

Karena *gearbox* memiliki rasio 1:1, maka putaran pisau sama dengan putaran *output gearbox*, yaitu 1482,35 rpm.

$\omega = 2\pi n / 60 = 155{,}12\ rad/s$

$v = \omega \times r = 155{,}12\ rad/s \times 0{,}25\ m = 38{,}78\ m/s$

Gaya potong desain disusun berdasarkan kondisi rumput. Kondisi utama yang digunakan dalam perhitungan adalah rumput lapangan sedang/berat dengan gaya potong 40 N. Hasil perhitungan beban mekanik pisau ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan beban mekanik pisau

Kondisi	F (N)	T (Nm)	P (W)
Tanpa beban	0	0	0
Rumput normal	25	6,25	969,5
Sedang/berat	40	10,00	1551,2
Sangat tebal	60	15,00	2326,8

$T = F \times r = 40\ N \times 0{,}25\ m = 10\ Nm$

$P_{pisau} = F \times v = 40\ N \times 38{,}78\ m/s = 1551{,}2\ W$

$HP = P / 746 = 1551{,}2\ W / 746\ W/HP = 2{,}08\ HP$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa peningkatan gaya potong memberikan kenaikan langsung pada torsi dan daya pisau. Pada gaya 25 N, daya pisau sebesar 969,5 W. Pada gaya 40 N, daya meningkat menjadi 1551,2 W. Pada gaya 60 N, daya meningkat menjadi 2326,8 W. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi rumput sangat memengaruhi kebutuhan daya pemotongan.

Nilai gaya potong 40 N dipilih sebagai kondisi utama karena mewakili rumput lapangan sedang hingga berat. Nilai ini lebih konservatif dibandingkan gaya pemotongan ringan, tetapi masih berada dalam rentang yang wajar untuk perancangan mesin potong rumput lapangan. Dengan torsi 10 Nm dan daya 1551,2 W, sistem pisau membutuhkan suplai daya yang cukup namun masih jauh di bawah kemampuan engine GX220.

Dengan efisiensi transmisi *pulley, V-belt,* dan *gearbox* sebesar 90%, maka daya input mesin

untuk jalur pisau pada kondisi rumput lapangan sedang/berat adalah:

Pinput = Ppisau / η = 1551,2 W / 0,90 = 1723,6 W = 2,31 HP

Kapasitas kerja pemotongan dihitung menggunakan lebar kerja efektif 0,45 m, kecepatan maju 0,8 m/s, dan efisiensi lapangan 70%.

Ke = b × vm × 3600 × ηl = 0,45 m × 0,8 m/s × 3600 s/jam × 0,70

Ke = 907,2 m²/jam

t = A / Ke = 7140 m² / 907,2 m²/jam = 7,87 jam

Dengan demikian, estimasi waktu pemotongan satu lapangan seluas 7140 m² adalah 7,87 jam.

Perhitungan kapasitas kerja ini merupakan estimasi teoritis. Pada kondisi aktual, waktu pemotongan dapat berubah karena pola lintasan, waktu belok, berhenti sementara, *overlap* yang lebih besar, kondisi permukaan tanah, dan kerapatan rumput. Walaupun demikian, nilai kapasitas kerja efektif memberikan gambaran awal mengenai kemampuan alat dalam menyelesaikan area lapangan.

Lebar kerja efektif 0,45 m digunakan karena panjang pisau aktual 0,50 m tidak seluruhnya dimanfaatkan sebagai lebar kerja bersih. *Overlap* lintasan diperlukan agar hasil pemotongan lebih merata dan tidak meninggalkan rumput yang belum terpotong di antara lintasan kerja.

Perhitungan beban elektrik dan sistem pengisian

Beban elektrik berasal dari dua motor DC penggerak roda dan sistem kontrol. Total beban elektrik maksimum adalah:

Pelektrik = 500 W + 500 W + 20 W = 1020 W

I = P / V = 1020 W / 24 V = 42,5 A

Gaya dorong alat dihitung dari hambatan gelinding roda. Dengan massa alat 20 kg, koefisien hambat gelinding 0,12, dan percepatan gravitasi 9,81 m/s², diperoleh:

Froll = Crr × m × g = 0,12 × 20 kg × 9,81 m/s² = 23,54 N

Pdorong = Fdorong × vm = 23,54 N × 0,8 m/s = 18,83 W

Pinput-roda = 18,83 W / 0,85 = 22,15 W

Kapasitas energi baterai 24 V 45 Ah adalah:

E = V × Ah = 24 V × 45 Ah = 1080 Wh

t = E / Pelektrik = 1080 Wh / 1020 W = 1,05 jam

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan daya minimum untuk gerak maju pada permukaan datar relatif kecil jika hanya dihitung dari hambatan gelinding. Namun, penggunaan motor DC 2 × 500 W tetap diperlukan untuk memberikan cadangan daya saat alat mulai bergerak, melewati permukaan tidak rata, menghadapi hambatan rumput, atau melakukan manuver di lapangan.

Kapasitas baterai 1080 Wh secara teoritis mampu menyuplai beban elektrik maksimum selama 1,05 jam. Nilai aktual dapat lebih rendah karena rugi-rugi pada motor, controller, kabel, kondisi baterai, dan batas pemakaian aman. Oleh sebab itu, alternator digunakan untuk membantu pengisian selama alat beroperasi.



Gambar 4. Pemasangan alternator pada sistem pengisian

Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026

Alternator yang digunakan memiliki spesifikasi 24 V 35 A. Daya nominal alternator adalah 840 W, sedangkan pada tegangan pengisian 28 V daya teoritisnya menjadi 980 W. Arus pengisian aman baterai dihitung dengan pendekatan 0,1C dari kapasitas 45 Ah, yaitu 4,5 A.

Tabel 3. Beban mekanik alternator

Kondisi	Daya listrik (W)	Efisiensi	Beban mesin (W)
Pengisian aman	126	60%	210
Alternator nominal	840	60%	1400
Maksimum teoritis	980	60%	1633,3

Pada kondisi pengisian aman, beban mekanik alternator hanya 210 W sehingga tidak memberikan beban besar pada mesin. Pada kondisi nominal, beban alternator meningkat menjadi 1400 W. Pada kondisi maksimum teoritis, beban alternator mencapai 1633,3 W. Perbedaan ini menunjukkan bahwa arus pengisian memiliki pengaruh langsung terhadap beban mekanik mesin.

Sistem pengisian perlu dikendalikan agar arus dan tegangan pengisian tidak melebihi batas aman baterai. Penggunaan regulator atau charge controller menjadi penting agar baterai tidak mengalami overcharging dan agar beban alternator terhadap mesin tetap terkendali.

Perhitungan gabungan sistem semi hybrid

Perhitungan gabungan dilakukan dengan menjumlahkan beban input pisau dan beban mekanik alternator. Hasil perhitungan total beban mesin ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Total beban mesin

Kondisi	Input pisau (W)	Input alt. (W)	Total (W/HP)
Ringan	1077,2	210	1287,2 / 1,73
Sedang	1723,6	1400	3123,6 / 4,19
Berat	2585,3	1633,3	4218,6 / 5,66

Beban mesin = 4218,6 W / 5968 W × 100% = 70,68%

Psisa = 5968 W − 4218,6 W = 1749,4 W = 2,35 HP

Berdasarkan hasil tersebut, total beban mesin pada kondisi berat adalah 4218,6 W atau 5,66 HP. Nilai tersebut masih berada di bawah daya mesin GX220 sebesar 5968 W atau 8 HP, sehingga mesin masih memiliki sisa daya 1749,4 W atau 2,35 HP. Hal ini menunjukkan bahwa mesin masih mampu menjalankan sistem penggerak pisau dan sistem pengisian secara bersamaan.

Pada kondisi ringan, total beban hanya 1287,2 W atau 1,73 HP. Pada kondisi sedang, total beban menjadi 3123,6 W atau 4,19 HP. Pada kondisi berat, total beban mencapai 4218,6 W atau 5,66 HP. Ketiga kondisi tersebut masih berada di bawah kemampuan mesin GX220 sebesar 5968 W atau 8 HP.

Persentase beban mesin pada kondisi berat sebesar 70,68% menunjukkan bahwa mesin masih memiliki cadangan daya sekitar 29,32%. Cadangan daya ini penting untuk mengantisipasi rugi-rugi tambahan, fluktuasi beban pemotongan, slip belt, peningkatan beban alternator, dan variasi kondisi rumput di lapangan.

Hasil perhitungan gabungan menunjukkan bahwa konsep semi hybrid dapat diterapkan pada alat ini karena satu sumber tenaga utama masih mampu menjalankan dua fungsi kerja secara bersamaan. Fungsi pertama adalah pemotongan rumput melalui pisau, sedangkan fungsi kedua adalah pengisian baterai melalui alternator.

Hasil pengujian sistem penggerak pisau

Pengujian sistem penggerak pisau dilakukan untuk mengetahui perubahan putaran pisau akibat variasi putaran engine dan kondisi beban pemotongan. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.



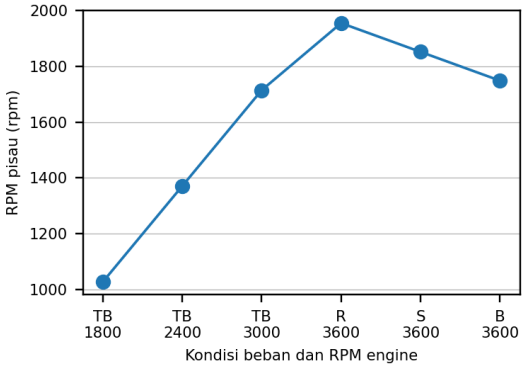
Gambar 5. Pengujian sistem penggerak pisau pada mesin potong rumput semi hybrid

Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026

Tabel 5. Hasil pengujian sistem penggerak pisau

Beban	RPM engine	RPM pisau	Penurunan
Tanpa beban	1800	1028	0%
Tanpa beban	2400	1371	0%
Tanpa beban	3000	1714	0%
Ringan	3600	1954	5%
Sedang	3600	1851	10%
Berat	3600	1748	15%

Putaran pisau meningkat dari 1028 rpm menjadi 1714 rpm saat putaran engine naik dari 1800 rpm menjadi 3000 rpm pada kondisi tanpa beban. Pada kondisi berbeban, putaran pisau menurun dari 1954 rpm pada beban ringan menjadi 1748 rpm pada beban berat. Penurunan ini menunjukkan adanya peningkatan tahanan pemotongan saat beban rumput semakin besar.



Gambar 6. Grafik hubungan kondisi beban terhadap RPM pisau

Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026

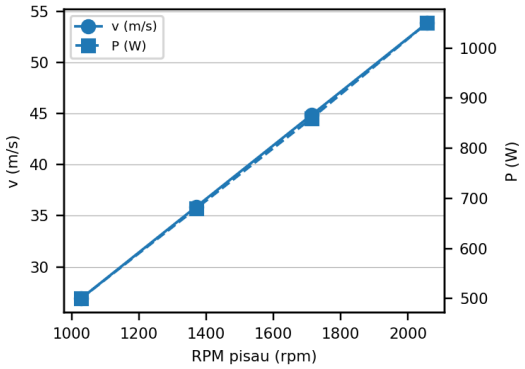
Hasil pengujian kecepatan ujung pisau

Analisis kecepatan ujung pisau menggunakan jari-jari efektif 0,25 m. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kenaikan RPM pisau meningkatkan kecepatan sudut dan kecepatan ujung pisau.

Tabel 6. Analisis kecepatan ujung pisau

RPM	ω (rad/s)	v (m/s)	Daya (W)
1028	107,60	26,90	500
1371	143,56	35,89	680
1714	179,46	44,87	860
2057	215,38	53,85	1050

Pada putaran 1028 rpm, kecepatan ujung pisau sebesar 26,90 m/s. Pada putaran 2057 rpm, kecepatan ujung meningkat menjadi 53,85 m/s. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan putaran pisau berpengaruh langsung terhadap kemampuan pemotongan.



Gambar 7. Grafik hubungan RPM pisau terhadap kecepatan ujung dan daya

Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026

Hasil pengujian sistem pengisian

Pengujian sistem pengisian dilakukan untuk mengetahui pengaruh putaran engine terhadap tegangan dan arus keluaran alternator.



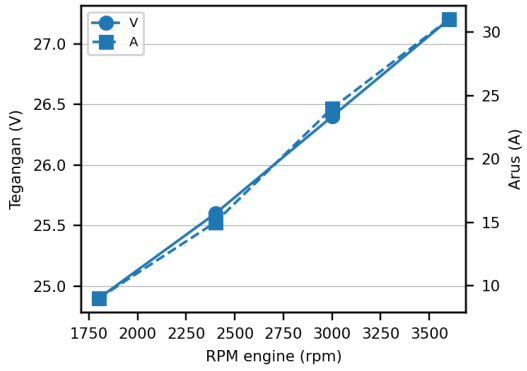
Gambar 8. Pengujian tegangan dan arus pada sistem pengisian

Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026

Tabel 7. Hasil pengujian sistem pengisian

Waktu	RPM	Tegangan	Arus
5 menit	1800	24,9 V	9 A
10 menit	2400	25,6 V	15 A
15 menit	3000	26,4 V	24 A
20 menit	3600	27,2 V	31 A

Tegangan pengisian meningkat dari 24,9 V pada 1800 rpm menjadi 27,2 V pada 3600 rpm. Arus pengisian meningkat dari 9 A menjadi 31 A. Hasil ini menunjukkan bahwa kenaikan putaran engine meningkatkan kemampuan alternator dalam menghasilkan energi listrik.



Gambar 9. Grafik hubungan RPM engine terhadap tegangan dan arus pengisian

Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026

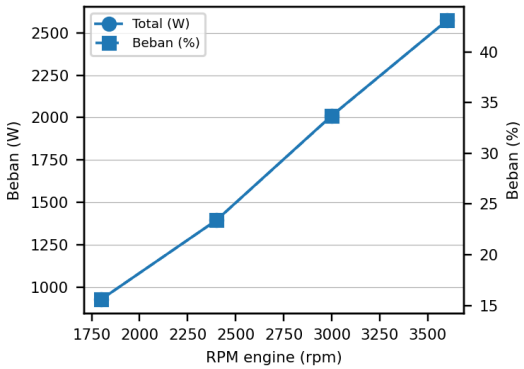
Evaluasi sistem semi hybrid terintegrasi

Evaluasi sistem semi hybrid dilakukan dengan membandingkan total beban sistem terhadap daya mesin GX220. Data pengujian menunjukkan bahwa total beban mesin meningkat seiring kenaikan putaran engine.

Tabel 8. Evaluasi sistem semi hybrid

RPM	Input pisau	Input alt.	Beban (%)
1800	555,6 W	373,5 W	15,6
2400	755,6 W	640,0 W	23,4
3000	955,6 W	1056,0 W	33,7
3600	1166,7 W	1405,3 W	43,1

Total beban mesin meningkat dari 929,1 W pada 1800 rpm menjadi 2572,0 W pada 3600 rpm. Jika dibandingkan dengan daya mesin 5968 W, beban tertinggi sistem adalah 43,1%. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin GX220 masih mampu menjalankan sistem penggerak pisau dan sistem pengisian secara bersamaan.



Gambar 10. Grafik hubungan RPM engine terhadap total beban mesin

Sumber: Diolah oleh peneliti, 2026

Pembahasan hasil pengujian

Hasil pengujian sistem penggerak pisau menunjukkan adanya hubungan antara beban pemotongan dan penurunan putaran pisau. Pada kondisi beban berat, penurunan putaran mencapai 15%. Penurunan ini masih dapat diterima karena sistem tetap mampu mempertahankan putaran pisau dan tidak menunjukkan indikasi kehilangan daya secara berlebihan.

Hasil pengujian kecepatan ujung pisau menunjukkan bahwa pada putaran rendah 1028 rpm, kecepatan ujung pisau sudah mencapai 26,90 m/s. Pada putaran tinggi 2057 rpm, kecepatan ujung mencapai 53,85 m/s. Nilai ini menunjukkan bahwa pisau memiliki kecepatan ujung yang cukup untuk menghasilkan efek pemotongan pada rumput lapangan.

Hasil pengujian sistem pengisian menunjukkan tren kenaikan tegangan dan arus seiring peningkatan putaran engine. Pada putaran 1800 rpm, tegangan pengisian sebesar 24,9 V dan arus sebesar 9 A. Pada putaran 3600 rpm, tegangan meningkat menjadi 27,2 V dan arus menjadi 31 A. Hal ini membuktikan bahwa alternator mampu menghasilkan daya pengisian saat mesin beroperasi.

Evaluasi sistem terintegrasi menunjukkan bahwa beban aktual tertinggi pada pengujian

berada pada 2572,0 W atau 43,1% dari daya mesin. Nilai ini lebih rendah dibandingkan hasil perhitungan teoritis kondisi berat, sehingga alat memiliki margin daya yang cukup besar. Perbedaan antara perhitungan teoritis dan hasil pengujian dapat dipengaruhi oleh kondisi rumput, tingkat pembebanan, efisiensi komponen, dan metode pengukuran daya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, perhitungan, dan pengujian, sistem penggerak pisau pada mesin potong rumput semi hybrid mampu bekerja sesuai kebutuhan pemotongan rumput lapangan. Pisau sepanjang 0,50 m menghasilkan jari-jari efektif 0,25 m, putaran teoritis 1482,35 rpm, kecepatan ujung 38,78 m/s, torsi 10 Nm, dan daya pisau 1551,2 W pada gaya potong desain 40 N. Daya input mesin untuk jalur pisau pada kondisi rumput lapangan sedang/berat adalah 1723,6 W atau 2,31 HP. Sistem pengisian menggunakan alternator 24 V 35 A mampu menghasilkan daya nominal 840 W dan daya teoritis 980 W pada tegangan pengisian 28 V. Total beban mesin pada kondisi berat sebesar 4218,6 W atau 5,66 HP, masih berada di bawah daya mesin 5968 W atau 8 HP. Hasil pengujian menunjukkan penurunan putaran pisau maksimal 15% dan kenaikan tegangan pengisian dari 24,9 V menjadi 27,2 V seiring kenaikan RPM engine. Dengan demikian, mesin GX220 mampu menjalankan sistem penggerak pisau dan sistem pengisian secara bersamaan.

Saran untuk penelitian berikutnya adalah melakukan pengujian pemotongan pada variasi rumput yang lebih banyak, seperti rumput kering, basah, tipis, dan sangat tebal agar karakteristik daya pemotongan dapat diketahui lebih detail. Sistem pengisian juga perlu dilengkapi regulator atau charge controller yang lebih baik agar tegangan dan arus pengisian tetap berada pada batas aman baterai selama alat beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Rajmani et al., “Hybrid operating grass cutter development,” International Journal of Engineering Research, vol. 15, no. 4, pp. 78–89, 2019.

[2] M. Kahar, “Hybrid lawn-mower machine design,” Jurnal Teknik Mesin Indonesia, vol. 8, no. 1, pp. 23–34, 2022.

[3] M. Azis et al., “Pengendalian motor DC pada mesin pemotong rumput menggunakan buck-boost converter,” Jurnal Teknik Elektro, vol. 12, no. 2, pp. 45–56, 2020.

[4] S. P. Sutisna, E. Sutoyo, and D. N. Pariatiara, “Rancang bangun pisau rotari robot pemotong rumput,” Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, vol. 6, no. 1, pp. 18–22, 2020.

[5] R. Wicaksono, “Rancang bangun mesin pencacah rumput gajah daya 373 watt menggunakan pisau dengan sudut 45° menggunakan material stainless steel 304,” Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana, vol. 11, no. 1, pp. 21–26, 2022.

[6] R. G. Budynas and J. K. Nisbett, Shigley’s Mechanical Engineering Design, 11th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020.

[7] S. J. Chapman, Electric Machinery Fundamentals, 5th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2012.

[8] D. A. Fadilla, M. Adli, Abdullah, J. Iriani, and Gunoro, “Rancang bangun sistem pengisian dan monitoring baterai 48 volt dengan sumber PLN,” Konferensi Nasional Social dan Engineering Politeknik Negeri Medan, pp. 590–598, 2024.

[9] S. Gajanayake, S. Bandara, and T. Sugathapala, “A novel approach to estimate power demand of auxiliary engine loads of light duty vehicles,” Frontiers in Mechanical Engineering, vol. 8, 2023.

[10] U.S. Department of Energy, “Replace V-belts with notched or synchronous belt drives,” 2012.