

Penerapan Mesin Chopper Otomatis dan Pemanfaatan Limbah Biogas untuk Mewujudkan Peternakan Sapi Berbasis *Green Economy*

¹⁾Gunawan*, ²⁾Rahmawati, ³⁾Amir D, ⁴⁾Eka Kurniasih, ⁵⁾Nawawi Juhan, ⁶⁾Jenne Syarif

¹⁾²⁾³⁾Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, Indonesia

⁴⁾Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, Indonesia

⁵⁾⁶⁾Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, Indonesia

Email Corresponding: gunawan.samin@gmail.com*

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Kata Kunci:
ekonomi hijau
limbah biogas
mesin chopper
pakan silase

Peternakan sapi di Desa Sekrak Kiri, Aceh Tamiang, dikelola secara tradisional dengan kendala penyediaan pakan alternatif menggunakan pencacah parang dan belum memanfaatkan secara optimal limbah biogas. Tujuan kegiatan program Pemberdayaan Berbasis Masyarakat (PBM) ini adalah meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mitra menggunakan mesin chopper otomatis, membuat silase dan pemanfaatan limbah biogas. Metode pelaksanaan kegiatan mencakup sosialisasi, pelatihan, pendampingan, dan evaluasi serta demonstrasi teknis penggunaan mesin chopper otomatis untuk mencacah limbah hijauan sebagai pakan silase dan pengelolaan limbah biogas menjadi produk pupuk cair dan padat. Otomasi pada mesin chopper adalah pengaturan kecepatan menggunakan teknik pengaturan daya listrik berbasis pulsa width modulation (PWM). Mesin chopper otomatis memiliki tiga tingkat kecepatan: 490 rpm (duty cycle 100%), 415 rpm (duty cycle 85%), dan 390 rpm (duty cycle 70%). Kapasitas rata-rata pencacahan mencapai 102 kg/jam untuk pelepah sawit dan 114 kg/jam untuk pelepah tebu. Duty cycle 85% dipilih untuk pelepah sawit guna mengurangi risiko gangguan mekanis pada tali kipas tanpa mengurangi kapasitas dan kualitas pencacahan. Sebaliknya, duty cycle 100% digunakan untuk pelepah tebu guna memastikan performa optimal dalam kapasitas dan kualitas pencacahan. Efektivitas pelatihan terlihat dari pencapaian N-Gain score, konsep green economy 83%, penggunaan dan perawatan mesin chopper otomatis 92%, pembuatan silase 76%, serta pemanfaatan limbah biogas 77%. Pemanfaatan limbah biogas menghasilkan pupuk untuk meningkatkan nilai ekonomi dan memperbaiki kualitas lingkungan. Dengan demikian peternakan sapi di Desa Sekrak Kiri menjadi lebih produktif, berkelanjutan, dan mendukung konsep *green economy*.

ABSTRACT

Keywords:
Green economy
Biogas waste
Chopper machine
Silage feed

Cattle farming in Sekrak Kiri Village, Aceh Tamiang, is managed traditionally with the constraints of providing alternative feed using machete choppers and not optimally utilizing biogas waste. The purpose of the Community-Based Empowerment (PBM) program is to increase the knowledge and skills of partners in using automatic chopper machines, making silage and utilizing biogas waste. The method of implementing the activity includes socialization, training, mentoring, and evaluation as well as technical demonstrations of the use of automatic chopper machines to chop green waste as silage feed and manage biogas waste into liquid and solid fertilizer products. Automation on the chopper machine is speed regulation using a pulse width modulation (PWM)-based electrical power regulation technique. The automatic chopper machine has three speed levels: 490 rpm (100% duty cycle), 415 rpm (85% duty cycle), and 390 rpm (70% duty cycle). The average chopping capacity reaches 102 kg/hour for oil palm fronds and 114 kg/hour for sugarcane fronds. Duty cycle 85% was chosen for oil palm fronds to reduce the risk of mechanical damage to the fan belt without reducing the capacity and quality of the chopping. In contrast, duty cycle 100% was used for sugarcane fronds to ensure optimal performance in capacity and quality of the chopping. The effectiveness of the training can be seen from the achievement of the N-Gain score, the green economy concept 83%, the use and maintenance of automatic chopper machines 92%, silage making 76%, and the utilization of biogas waste 77%. The utilization of biogas waste produces fertilizer to increase economic value and improve environmental quality. Thus, cattle farming in Sekrak Kiri Village becomes more productive, sustainable, and supports the green economy concept.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. PENDAHULUAN

Peternakan sapi merupakan salah satu sektor penting dalam industri pertanian di Indonesia, termasuk peternakan sapi Ibu Asmawati di Desa Sekrak Kiri, Kabupaten Aceh Tamiang. Digester biogas kapasitas 5000 liter telah terpasang di lokasi peternakan Ibu Asmawati dengan kebutuhan kotoran sapi sebanyak 54 kg/hari (Gunawan et al., 2024). Umpan biogas adalah campuran kotoran sapi dan air dengan perbandingan volume kotoran : air = 1 : 2. Saat ini kotoran hewan belum sepenuhnya terkumpul sebagai bahan biogas karena sapi sering dilepas untuk mendapatkan pakan hijauan di sekitar kandang. Kendala utama adalah ketidakmampuan memproduksi pakan silase dalam jumlah besar, terutama karena pelepah sawit yang keras sulit diolah menjadi makanan ternak. Proses pencacahan pelepah sawit masih dilakukan secara manual menggunakan parang, yang memakan banyak waktu dan tenaga, sehingga hasilnya tidak mencukupi kebutuhan. Jika ketersediaan pakan biomassa dapat terpenuhi, sapi dapat sepenuhnya dikandangkan sehingga memungkinkan kotoran terkumpul lebih banyak sebagai bahan baku biogas, sekaligus mempermudah pemantauan kesehatan sapi. Selain itu, peningkatan hasil samping dari proses biogas juga dapat dioptimalkan. Namun, saat ini Ibu Asmawati belum memanfaatkan limbah biogas (bio-slurry) secara optimal, sehingga menimbulkan potensi pencemaran lingkungan dari emisi metana dan limbah cair yang berlebih. Selain itu, ketersediaan pakan yang efisien menjadi tantangan utama bagi peternak, terutama saat pakan hijauan sulit didapat. Untuk menjawab tantangan ini, konsep ekonomi hijau (*green economy*) menjadi relevan sebagai pendekatan yang dapat mengintegrasikan efisiensi lingkungan dengan keberlanjutan ekonomi di sektor peternakan.

Konsep *green economy* dalam peternakan telah banyak diterapkan melalui pemanfaatan limbah biogas sebagai sumber energi alternatif dan pupuk organik. *Green economy* adalah konsep perilaku ekonomi yang berupaya mencapai pertumbuhan ekonomi dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan dan kualitas alam. Konsep ini berfokus pada peningkatan kesejahteraan manusia dan sosial tanpa mengorbankan lingkungan (Yupita et al., 2023). Pemanfaatan limbah biogas dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan penerapan teknologi rendah emisi di peternakan rakyat untuk meningkatkan produktivitas dengan dampak lingkungan minimal. Pemanfaatan limbah biogas dan pelepah sawit untuk pakan silase berkualitas, mendukung keberlanjutan ekonomi bagi masyarakat lokal. Pendekatan ini menunjukkan peluang inovasi untuk meningkatkan produktivitas ternak dengan memanfaatkan sumber daya lokal yang tersedia dan mengurangi ketergantungan pada pakan komersial.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat menyampaikan strategi ekonomi hijau di bidang peternakan dengan mengintegrasikan pengelolaan limbah biogas dan pembuatan silase pakan ternak dari pelepah sawit. Materi kegiatan berisi pengenalan dan penggunaan mesin chopper untuk mencacah pelepah sawit sebagai pakan silase serta mengolah limbah biogas menjadi pupuk cair dan padat, pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah, tetapi juga menciptakan nilai ekonomi tambahan melalui produk yang dapat dijual atau digunakan untuk meningkatkan produktivitas ternak. Penerapan konsep ekonomi hijau dalam usaha ternak sapi membawa dampak positif bagi aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial (Gunawan et al., 2024).

Program ini bertujuan untuk memberdayakan masyarakat dalam mengoptimalkan peternakan sapi berbasis *green economy* melalui penerapan mesin chopper otomatis dan pemanfaatan limbah biogas untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan peternakan. Pendekatan ini membantu mengatasi kendala yang dihadapi peternak di Desa Sekrak Kiri dengan penerapan inovasi teknologi untuk mendukung praktik peternakan yang berkelanjutan. Penerapan teknologi budidaya ternak yang ramah lingkungan dilakukan melalui pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas, pemanfaatan hasil samping pembuatan biogas, dan pemanfaatan limbah pertanian yang diperkaya nutrisi sebagai pakan tambahan pakan ternak. Hal ini dapat meningkatkan produktivitas ternak dan perbaikan lingkungan sebagai wujud penerapan konsep *green economy*.

II. MASALAH

Permasalahan utama peternakan sapi ini adalah rendahnya efisiensi pengelolaan limbah ternak dan keterbatasan ketersediaan pakan, yang berpotensi menurunkan produktivitas peternakan serta meningkatkan dampak lingkungan. Tim pengusul sebelumnya telah membangun digester biogas. Potensi hasil samping pembuatan biogas berupa pupuk cair dan padat belum dioptimalkan. Peternakan sapi ini dikelilingi oleh perkebunan sawit, sehingga sangat potensial untuk memanfaatkan limbah pelepah sawit menjadi pakan ternak.

Berdasarkan permasalahan maka disimpulkan peternakan sapi Ibu Asmawati masih belum sepenuhnya menerapkan prinsip *green economy* karena masih kurang kemampuan dalam menghasilkan pakan ternak silase yang cukup untuk pakan sapi, belum memanfaatkan secara optimal hasil samping pembuatan biogas. Penggunaan mesin chopper pelepah sawit dapat membantu meningkatkan efisiensi pengolahan limbah pelepah sawit, mengurangi volume limbah yang dihasilkan, sehingga dapat membantu mengurangi dampak lingkungan negatif dari pembuangan pelepah sawit yang tidak termanfaatkan.

Limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan biogas dapat menimbulkan masalah kompleks, seperti bau tidak sedap, pencemaran lingkungan, kebutuhan lahan pembuangan yang luas, dan potensi sebagai sumber penyakit. Untuk mengurangi dampak negatifnya, sisa bahan dari proses biogas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Nurjannah et al., 2018). Pemanfaatan hasil samping pembuatan biogas berupa pupuk cair dan padat dapat meningkatkan nilai ekonomi peternak sapi. Kondisi eksisting usaha peternakan sapi Ibu Asmawati dari hulu dan hilir ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi eksisting usaha peternakan sapi Ibu Asmawati

III. METODE

Kabupaten Aceh Tamiang termasuk lima terbesar populasi ternak sapi di Propinsi Aceh. Salah satu pelaku peternakan sapi di Dusun Baru Desa Sekrak Kiri Kabupaten Aceh Tamiang adalah Ibu Asmawati dengan Pendidikan tamat SMA yang memiliki 20 ekor sapi ternak. Usaha ini dibantu oleh 4 orang penduduk setempat yang putus sekolah (3 orang tamat SMP dan 1 orang tamat SMA) yang membantu dalam penyediaan pakan (pengarut hijauan), pembersihan kandang dan penjaga sapi.

Metode pelaksanaan kegiatan terkait dengan tahapan pada bidang permasalahan yang ditangani pada mitra, yaitu:

1. Survey lapangan dan sosialisasi program pengabdian.
2. Penggunaan mesin chopper otomatis.
3. Pelatihan dan pendampingan pembuatan silase, pupuk cair dan padat hasil samping biogas.
4. Evaluasi pelaksanaan program.
5. Monitoring keberlanjutan program.

Mesin chopper terdiri dari elemen mesin meliputi vbelt dan pully, motor penggerak, poros pada tabung silinder dudukan mata pisau, bearing (Zulfahmi et al., 2021). Mesin chopper pada kegiatan ini dilengkapi dengan kendali kecepatan berbasis PWM. Tahapan pelaksanaan PBM dilakukan mulai dari pengenalan elemen dan komponen, instalasi mesin chopper serta cara perawatannya, pembuatan pakan ternak teknik fermentasi dan monitoring program.

Komposisi bahan silase yang dibuat terdiri atas biomas hijauan (pelepah sawit/jerami/tanaman jagung) 100 kg, urea 0,25 kg, molases 0,4 kg, dedak padi 0,5 kg, dan starter EM 4 (Marlina & Afni, 2023; Sayuti et al., 2019). Biomas dapat terdiri sepenuhnya dari pelepah kelapa sawit, atau dicampur dengan bahan hijauan lain seperti bungkil sawit atau tumpi jagung, dengan syarat pelepah sawit harus minimal 70% (Ernis et al., 2021). Cara pembuatan silase dilakukan dengan terlebih dahulu melayukan biomas hijauan di ruang terbuka dibawah atap agar kandungan airnya berkurang. Proses fermentasi selama 21 hari, kemudian wadah silase dibuka dan siap diberikan pada ternak.

Limbah padat biogas yang digunakan sebagai bahan baku pupuk organik cair diperoleh dari instalasi biogas milik Ibu Asmawati. Pengumpulan bio-slurry yang keluar dari bio reaktor secara bertahap selama ± satu minggu. Bahan utama untuk pembuatan pupuk organik cair adalah sludge bio-slurry, yang dipress untuk memisahkan padatan dan cairan, sehingga hanya cairan hasil press yang digunakan. Komposisi pupuk cair terdiri dari 3,5 liter bio-slurry, 12,5 liter urin, 500g kulit pisang, 500g batang pisang, dan 0,8 liter molase, yang difermentasi selama 21 hari (Fadilah et al., 2019). Penambahan kulit pisang dan batang pisang dalam campuran digunakan untuk meningkatkan kandungan unsur hara Kalium dan Fosfor pada pupuk organik cair, sementara urin sapi ditambahkan untuk meningkatkan kandungan unsur hara Nitrogen. Molase berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi mikroorganisme selama proses fermentasi.

Padatan yang diperoleh dari pengepresan bio-slurry dipindahkan ke tempat yang telah disiapkan, dilapisi terpal, dan diberi naungan. Kemudian, padatan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan dan dibalik 1-2 kali seminggu. Proses pengeringan berlangsung sekitar 40 hari (Muanah et al., 2019). Setelah itu, pupuk bio-slurry padat yang telah kering dikemas menggunakan karung atau plastik.

Penyajian materi disampaikan dan dipandu seluruh tim pelaksana dibantu nara sumber bidang pembuatan silase, pupuk cair dan padat. Kegiatan ini dilakukan dengan cara demonstrasi langsung kepada mitra bagaimana cara menggunakan mesin chopper, pembuatan silase sebagai pakan ternak tambahan, pembuatan pupuk cair dan padat hasil samping biogas sebagai perwujudan konsep *green economy*.

Evaluasi meliputi pengujian teori dan praktek pada bidang materi yang diberikan dalam kegiatan PBM menggunakan N-Gain score. N-Gain score adalah peningkatan nilai posttest terhadap nilai pretest menunjukkan peningkatan pemahaman atau penguasaan peserta setelah pembelajaran yang telah dilakukan untuk mengetahui efektivitas pelatihan ditunjukkan pada Persamaan 1 (Rahmatih et al., 2024; Sesmiyanti et al., 2019). Kategori tafsiran efektivitas N-Gain ditunjukkan pada Tabel 1.

$$N\text{-Gain} = \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pretest}} \quad (1)$$

Tabel 1. Kategori tafsiran efektivitas N-Gain

Skor N-Gain (%)	Tafsiran
< 40	Tidak Efektif
40 - 55	Kurang Efektif
56 - 75	Cukup Efektif
> 76	Efektif

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan sektor peternakan yang pesat untuk memenuhi kebutuhan pangan global menuntut peningkatan produksi yang signifikan. Namun, hal ini seringkali diimbangi dengan dampak negatif terhadap lingkungan. Produksi peternakan yang terus berkembang memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan, termasuk pencemaran dan emisi gas rumah kaca (Kartika Nuringsih et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan solusi inovatif dan berkelanjutan untuk memproduksi hasil peternakan yang berkualitas tinggi tanpa merusak lingkungan melalui transfer pengetahuan dan keterampilan kepada mitra:

- 1) Mesin chopper pencacah pelepah kelapa sawit yang dilengkapi sistem pengaturan kecepatan.
- 2) Pembuatan pupuk cair dan padat hasil samping biogas.

Pelaksanaan PBM menunjukkan serangkaian kegiatan yang memberdayakan mitra melalui peningkatan pengetahuan, keterampilan, dan aset produktif, serta mendukung penyediaan sumber pakan alternatif untuk ternak dan pemanfaatan limbah biogas menjadi pupuk.

1. Penggunaan Mesin Chopper Otomatis

Mesin chopper adalah sebuah peralatan mekanis yang digunakan untuk menghancurkan bahan hijauan. Proses penggunaan mesin chopper dimulai dengan memasukkan bahan hijauan ke dalam ruang pemotongan. Rotor yang berputar dengan kecepatan tinggi akan menghancurkan bahan hijauan menjadi serpihan-serpihan kecil. Mesin chopper dilengkapi dengan motor penggerak, sistem pengumpanan untuk memasukkan bahan hijauan ke dalam ruang pemotongan, serta sistem pengaturan kecepatan dan ukuran potongan yang dihasilkan. Realisasi penggunaan teknologi mesin chopper pakan hijauan dapat meningkatkan produktivitas peternakan (Zulfahmi et al., 2021). Kecepatan putar mesin chopper dilakukan dengan mengukur kecepatan

mesin chopper. Motor mesin chopper menggunakan motor bahan bakar diesel (Mesin: ASAHIGO, Model: AGX 200, Power: 7.5HP, 3600 rpm). Pengenalan bagian mesin chopper terdiri dari pisau pemotong, pemukul, saringan ditunjukkan pada Gambar 2. Praktek penggunaan mesin chopper ditunjukkan pada Gambar 3.

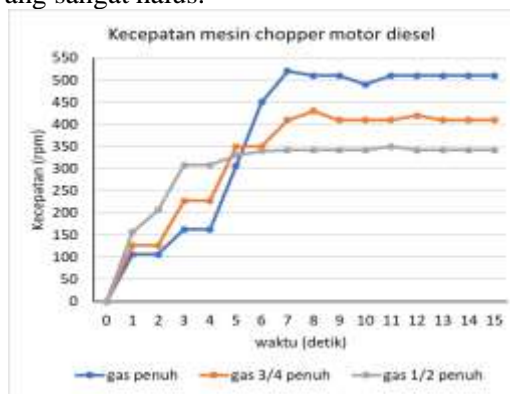


Gambar 2. Pengenalan bagian mesin chopper



Gambar 3. Pemberian praktek penggunaan mesin chopper

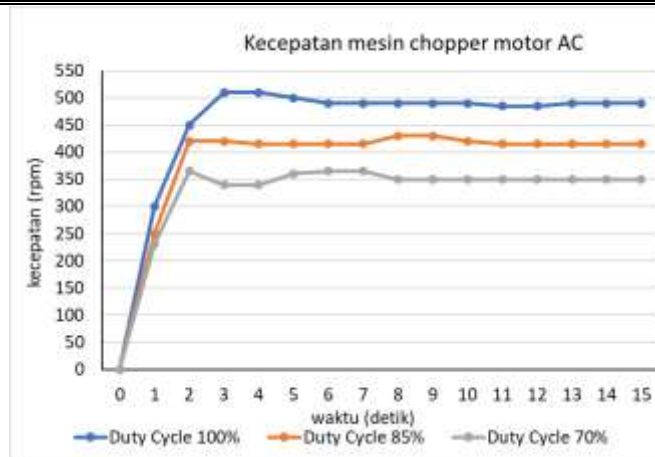
Pengaturan tuas dilakukan secara manual dengan merubah posisi tuas gas. Kecepatan berdasarkan pengaturan tuas gas pada posisi penuh, 3/4 penuh dan 1/2 penuh adalah 510 rpm, 410 rpm, 342 rpm ditunjukkan pada Gambar 4. Stabilitas kecepatan ketiga kondisi mulai detik ke-9 dan mampu mempertahankan kestabilan. Pengaturan kecepatan motor diesel diatur secara mekanis melalui tuas gas, kurang presisi untuk penyesuaian yang sangat halus.



Gambar 4. Kecepatan putar mesin chopper menggunakan motor diesel

Mesin chopper motor AC menggunakan pengaturan kecepatan kendali PWM. Mikrokontroler Arduino digunakan untuk menghasilkan sinyal PWM. Penggerak motor bertenaga inverter PWM lebih bervariasi dan menawarkan efisiensi yang lebih baik dan kinerja yang lebih tinggi dalam rentang yang luas jika dibandingkan dengan penggerak motor frekuensi tetap (Bae et al., 2019; C.S.Sharma & Nagwani, 2013).

Pemilihan kecepatan dilakukan dengan memutar potensiometer untuk memilih salah satu level kecepatan yang diinginkan. Mikrokontroler mengubah sinyal PWM untuk menyesuaikan daya yang diteruskan ke motor berdasarkan kecepatan yang dipilih. Dalam kegiatan ini percobaan pencacahan dilakukan dengan tiga variasi kecepatan dan dua bahan cacahan. Kecepatan rendah pada duty cycle 70%, kecepatan sedang pada duty cycle 85%, dan kecepatan tinggi pada duty cycle 100%. Sistem ini adalah kendali *open loop* yang tidak memerlukan sistem umpan balik, sehingga sistem tetap sederhana dan mudah diimplementasikan. Pengaturan otomatis menggunakan metode PWM pada motor AC, 1 fasa, 1 HP, 2850 rpm. Kecepatan chopper dengan kendali PWM ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kecepatan putar mesin chopper menggunakan kendali PWM

Pengaplikasian dilakukan dengan pengaturan duty cycle PWM. Stabilitas kecepatan ketiga kondisi PWM tersebut mulai detik ke-8 dan mampu mempertahankan kestabilan. Kecepatan berdasarkan duty cycle adalah 490 rpm, 415 rpm dan 390 rpm untuk duty cycle 100%, 90% dan 80% berturut-turut. Kecepatan chopper ini sangat rendah dibandingkan motor diesel karena perbedaan tenaga motor. Pengaturan kecepatan menggunakan kendali PWM lebih presisi dibandingkan dengan pengaturan manual secara mekanik. Selain itu dapat difungsikan untuk pengaturan halus dengan variasi duty cycle 0-100%. Rata-rata kapasitas pencacah untuk masing-masing jenis bahan cacahan dan variasi duty cycle ditunjukkan pada Tabel 2. Pencacahan dilakukan selama lima menit sebanyak lima kali untuk masing-masing kondisi.

Tabel 2. Kapasitas pencacah

Duty Cycle	Kecepatan putaran (rpm)	Pelepeh sawit			Pelepeh tebu		
		Kapasitas pencacah (kg/jam)	Ukuran cacahan < 5cm (%)	Ukuran cacahan > 5cm (%)	Kapasitas pencacah (kg/jam)	Ukuran cacahan < 5cm (%)	Ukuran cacahan > 5cm (%)
100%	490,0	102,0	98,8	1,2	114,0	98,9	1,1
85%	415,0	102,0	98,2	1,8	108,0	98,6	1,4
70%	390,0	96,0	98,8	1,3	102,0	98,8	1,2

Pada duty cycle 100% pencacahan pelepeh sawit sering terjadi masalah dengan tali kipas, sehingga kurang andal untuk penggunaan jangka panjang. Kapasitas pencacah tidak berbeda secara signifikan antara duty cycle 100% dan 85%. Dengan menerapkan maksimal ukuran cacahan > 5 cm adalah 2%, maka ketiga duty cycle memenuhi persyaratan. Dengan demikian pilihan terbaik untuk mencacah pelepeh sawit adalah pada duty cycle 85% karena memberikan kapasitas pencacahan yang sama dengan duty cycle 100%, ukuran cacahan yang masih dalam batas toleransi, serta mengurangi risiko masalah tali kipas. Duty cycle 100% adalah pilihan terbaik untuk mencacah pelepeh tebu, karena menghasilkan kapasitas dan kualitas cacahan terbaik, serta sepenuhnya memenuhi kriteria maksimal cacahan > 5 cm.

Dari penelitian (Sari et al., 2018) dengan kecepatan putaran mesin chopper sebesar 740 rpm diperoleh nilai rata rata kapasitas kerja mesin pencacah rumput gajah sebesar 121,4 kg/jam, dan panjang cacahan rumput gajah <5 cm sebanyak 45,28 %. Kapasitas ini lebih tinggi dari pencacahan pelepeh tebu dengan kecepatan 490 rpm menghasilkan cacahan 114 kg/jam. Hal ini karena kecepatan putaran (rpm) lebih tinggi, maka bahan yang dicacah akan cepat keluar dan sebaliknya, jika rpm lebih rendah, maka kapasitas hasil pencacahan akan berkurang. Hasil cacahan pelepeh tebu <5 cm lebih sedikit yaitu kurang dari 2%, karena pada mesin chopper ini menggunakan pemukul bahan dan saringan keluarnya bahan yang dicacah.

Sistem kendali open loop dengan PWM memungkinkan pemilihan level kecepatan motor, kendali tanpa umpan balik cocok untuk aplikasi sederhana yang tidak memerlukan presisi tinggi. Pengaturan kecepatan pada mesin chopper meningkatkan efisiensi dengan menyesuaikan kecepatan rendah untuk bahan keras (pelepeh sawit) dan kecepatan tinggi untuk bahan lunak (pelepeh tebu). Pengaturan kecepatan yang tepat meningkatkan efisiensi mesin dengan mengoptimalkan waktu dan tenaga, serta memberikan fleksibilitas

dalam pengoperasian sesuai kebutuhan proses pengolahan bahan. Kendali otomatis ini meningkatkan efisiensi pengolahan limbah hijauan, mengurangi volume limbah, dan membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

2. Pembuatan silase

Pembuatan pakan biomass dari pelepah sawit ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses pembuatan silase pakan ternak sapi

Proses pembuatan silase (Ernis et al., 2021):

1. Pelepah sawit dikupas dan dicacah menggunakan mesin chopper, dibiarkan lebih kurang 1 jam.
2. Limbah hijauan yang telah dicacah, dicampur dengan molase dan konsentrat (dedak) dan diberi larutan urea secara merata, 1 liter molase diencerkan dengan 10 liter air, pupuk urea (3-5% dari bahan pakan) dan probiotik berupa Suplemen Organik Cair (SOC, 1 tutup botol/3 liter air).
3. Komposisi bahan silase yang dibuat terdiri atas 25 kg biomas hijauan (pelepah sawit/jerami/tanaman jagung), 0,75 kg urea, 25 ml molases, 1,25 kg dedak padi, dan 25 ml EM 4.
4. Semua campuran dimasukkan ke dalam drum, dipadatkan dan ditutup rapat (anaerob).
5. Diinkubasi selama 21 hari, siap menjadi pakan ternak sapi.

Ciri-ciri silase yang baik (Ali & Irma, 2022) adalah:

- 1) Warna silase akan berubah dari hijau menjadi kekuningan.
- 2) Derajat keasaman pH 3,8 – 4,2.
- 3) Teksturnya lembut, dan jika digemgam tidak keluar air dan tidak bau.
- 4) Baunya wangi dan tidak berjamur.
- 5) Suhu pada saat dibuka tidak panas (kurang dari 30 °C).

Praktek pembuatan silase dan produk yang dihasilkan 25 kg ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Praktek pembuatan silase

3. Pembuatan pupuk hasil samping biogas

Dari pembuatan biogas menghasilkan limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk. Sisa biogas ini siap digunakan sebagai pupuk karena gas yang terkandung di dalamnya sudah dihilangkan, sehingga saat diaplikasikan ke tanaman, pupuk ini sudah layak sebagai pupuk organik yang tidak lagi panas. Penerapan teknologi sumber daya ini memberikan manfaat bagi masyarakat, seperti mengurangi kotoran ternak yang berserakan di jalanan, karena kotoran tersebut dapat diolah menjadi biogas. Selain itu, sisa dari proses produksi biogas (bio slurry) juga dapat dimanfaatkan kembali sebagai pupuk organik, yang bermanfaat untuk menyuburkan lahan pertanian (Indriyani et al., 2022). Pembuatan pupuk padat: menyiapkan tempat pengoalahan atau naungan (shelter) dengan ukuran 2 x 2 m. Komposisi pupuk yaitu limbah biogas 80%, serbuk kayu 5%, pemicu organisme 2%, limbah pakan yang berasal dari dedaunan 10% dan abu serbuk kayu 3%. Pemberian pupuk organik dari limbah biogas kotoran sapi dengan dosis 12 kg per petak berpengaruh

positif terhadap tinggi tanaman, jumlah cabang produktif, umur berbunga, jumlah dan panjang buah, berat buah per tanaman, serta produksi tanaman cabai merah keriting, dibandingkan dosis yang lebih rendah (Maruapey, 2017).

Pembuatan pupuk cair: slurry dan starter berupa EM4 0,1% diaduk sampai homogen dan diperam kembali kurang lebih satu bulan. Keunggulan penambahan urine ternak sebagai pupuk organik cair adalah kandungan nitrogen, fosfor, kalium, dan air dalam urine ternak relatif tinggi dibandingkan dengan kotoran padat sapi (Nurjannah et al., 2018). Campurkan bio slurry cair dengan urine, air cucian beras, molase, EM4, ragi sedikit. Campur dan aduk bahan, tutup selama 10 hari. Setiap hari diaduk 5-10 menit. Ciri: tidak berbau dan bergelembung. Cara penggunaan: encerkan pupuk organik 200 ml dengan 5 liter air. Semprotkan 1-2 gelas air pada tanaman 1 sampai 2 minggu. Pemberian materi dan praktek pembuatan pupuk cair dan padat dari limbah biogas ditunjukkan pada Gambar 8.

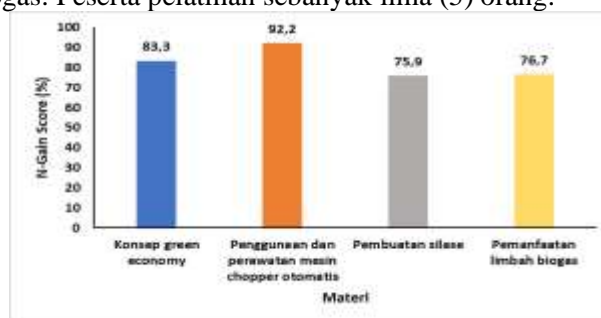


Gambar 8. Pembuatan pupuk dari limbah biogas

Praktek pembuatan pupuk padat menghasilkan 10 kg dengan komposisi limbah biogas 8 kg, serbuk kayu 0,5 kg, EM4 200 ml, limbah dedaunan 1 kg, serbuk kayu 0,3 kg. Pupuk cair yang dihasilkan 5 liter dengan komposisi 4 liter bioslurry cair, 0,4 liter urine, 0,4 liter air cucian beras, 0,1 liter molase, dan 0,1 liter EM4. Pemanfaatan hasil samping pembuatan biogas berupa pupuk cair dan padat dapat meningkatkan nilai ekonomi peternak sapi.

4. Evaluasi Kemampuan Peserta

Evaluasi kemampuan awal dan akhir peserta dilaksanakan untuk melihat kemampuan peserta pelatihan terhadap materi yang diberikan. Evaluasi dilakukan dengan memberikan pretest dan posttest berupa pertanyaan tentang konsep *green economy*, pemahaman dan implementasi mesin chopper, pembuatan silase dan pemanfaatan limbah biogas. Peserta pelatihan sebanyak lima (5) orang.



Gambar 9. Perkembangan hasil evaluasi pengetahuan peserta

Perkembangan hasil evaluasi pengetahuan peserta ditunjukkan pada Gambar 9. Efektifitas kegiatan pelatihan ini diperoleh dengan menghitung skor Gain (uji N-gain) ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Efektifitas kegiatan pelatihan

No.	Materi	Nilai Akhir Pelatihan		N-Gain score	N-Gain score (%)	Tafsiran N-Gain
		Awal	Akhir			
1	Konsep green economy	52,00	92,00	0,8	83,3	Efektif
2	Penggunaan dan perawatan mesin chopper otomatis	10,00	93,00	0,9	92,2	Efektif

keberlanjutan peternakan sapi. Mesin chopper otomatis dilengkapi dengan tiga tingkat kecepatan, yaitu 490 rpm (duty cycle 100%), 415 rpm (duty cycle 85%), dan 390 rpm (duty cycle 70%). Rata-rata kapasitas cacahan 102 kg/jam untuk pelepah sawit dan 114 kg/jam untuk pelepah tebu.

Duty cycle 85% digunakan untuk pelepah sawit guna meminimalkan risiko gangguan mekanis pada tali kipas sambil tetap mempertahankan kapasitas dan kualitas hasil pencacahan. Sementara itu, untuk pelepah tebu, duty cycle 100% dipilih agar menghasilkan performa terbaik dalam hal kapasitas dan kualitas pencacahan. Kegiatan pelatihan ini dinilai efektif dengan ditunjukkan berdasarkan hasil capaian persentase N-Gain score konsep green economy sebesar 83%, penggunaan dan perawatan mesin chopper otomatis 92%, pembuatan silase 76%, pemanfaatan limbah biogas 77%. Pemanfaatan limbah biogas menjadi pupuk cair dan padat berpeluang meningkatkan nilai ekonomi dan mendukung perbaikan lingkungan. Keberhasilan program ini juga memberikan dampak ekonomi positif bagi masyarakat setempat, sejalan dengan konsep *green economy*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi yang telah memberikan dukungan pendanaan untuk kegiatan ini selama satu periode (tahun pelaksanaan 2024). Terima kasih juga ditujukan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Lhokseumawe. Penghargaan khusus diberikan kepada Mitra peternak sapi, Ibu Asmawati dari Desa Sekrak Kiri, Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh atas kerja sama dan kehangatan silaturahmi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, N., & Irma, S. S. (2022). Uji Organoleptik Silase Komplit Di Desa Bala Kecamatan Balanipa. *Jurnal Maduranah*, 7(1), 1–5.
- Bae, C.-J., Lee, D.-C., & Nguyen, T. H. (2019). Detection and identification of multiple IGBT open-circuit faults in PWM inverters for AC machine drivers. *IET Power Electronics*, 12(4), 923–931.
- C.S.Sharma, & Nagwani, T. (2013). Simulation and analysis of multilevel inverter fed induction motor drive. *Indian Journal of Science and Technology*, 2(2), 67–69. <https://doi.org/10.17485/ijst/2009/v2i2.6>
- Ernis, G., Windirah, N., & Harahap, A. S. (2021). *Peningkatan Kapasitas Kelompok Wanita Tani Desa dalam Pemanfaatan Limbah Sawit sebagai Silase*. 9(1), 38–46.
- Fadilah, H. F., Kusuma, M. N., & Afrianisa, R. D. (2019). Pemanfaatan bioslurry dari digester biogas menjadi pupuk organik cair. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VII 2019*, 70, 513–518.
- Gunawan, Rahmawati, & D, A. (2024). Penerapan Konsep Green Economy Untuk Meningkatkan Nilai Ekonomi Ternak Sapi Desa Sekrak Kiri Aceh Tamiang. *Jurnal Vokasi*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.30811/vokasi.v8i1.4646>
- Indriyani, N., Heremba, S., & Agustian, I. (2022). Pemanfaatan Kotoran Ternak Sebagai Biogas Dan Pupuk Organik Di Desa Klasmek. *Jurnal Abdimasa*, 5(1), 69–74. <https://unimuda.e-journal.id/jurnalabdimasa/article/download/2114/930>
- Kartika Nuringsih, Nuryasman MN, & Jovita Aurellia Rosa. (2022). Mendorong Green Entrepreneurial Intention Melalui Green Economy dan Green Entrepreneurial Orientation. *Jurnal Ekonomi*, 27(3), 417–438. <https://doi.org/10.24912/je.v27i3.1203>
- Marlina, L., & Afni, A. K. D. (2023). *PEMANFAATAN SILASE BERBASIS LIMBAH JERAMI PADI (ORYZA SATIVA) YANG DIFERMENTASI MENGGUNAKAN PROBIOTIK MIKROORGANISME PADA PAKAN RUMINANSIA*. 17(1).
- Maruapey, A. (2017). Pengaruh Pupuk Organik Limbah Biogas Kotoran Sapi Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Cabai Merah Keriting (*Capsicum annum* var . Longum) Growth And Production Plant Chili Curly Red (*Capsicum annum* var Longum) On Various Organic Fertilizer Waste. *Jurnal Agrologia*, 6(2), 93–100. <https://ojs.unpatti.ac.id/index.php/agrologia/article/download/173/113>
- Muanah, Karyanik, Muliatiningsih, Suwati, & Dewi, E. S. (2019). Pembuatan Pupuk Organik Padat Dari Ampas Biogas (Bio-Slurry) Kotoran Sapi Di Desa Peresak Kabupaten Lombok Barat. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 3(1), 139. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v3i1.1295>
- Nurjannah, N., Arfah, N., & Fitriani, N. (2018). Journal Of Chemical Process Engineering PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DARI LIMBAH BIOGAS N Nurjannah , Nurfajriani Arfah , Nur Fitriani Journal Of Chemical Process Engineering ISSN = 2303-3401. *Journal Of Chemical Process Engineering ISSN = 2303-3401 Vol.03, 03(01)*, 43–46.
- Rahmatih, A. N., Fauzi, A., Ermiana, I., Handika, I., & Rosyidah, A. N. K. (2024). MEDIA MANIPULATIF PAPAN PEREDARAN DARAH MANUSIA: PENGARUHNYA TERHADAP PENGUASAAN KONSEP SAINS

-
- PESERTA DIDIK SEKOLAH DASAR. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, 4(1), 392–399. <https://doi.org/10.52562/biochephy.v4i1.1134>
- Sari, N., Iqbal, & Achmad, M. (2018). Uji Kinerja Dan Analisis Biaya Mesin Pencacah Pakan Ternak (Chopper). *Jurnal Agritechno*, 11(2), 113–120. <https://doi.org/10.20956/at.v11i2.115>
- Sayuti, M., Ilham, F., & Erwin Nugroho, T. A. (2019). Pembuatan Silase Berbahan Dasar Biomas Tanaman Jagung. *JPPM (Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat)*, 3(2), 299. <https://doi.org/10.30595/jppm.v3i2.4144>
- Sesmiyanti, S., Antika, R., & Suharni, S. (2019). *N-Gain Algorithm for Analysis of Basic Reading*. <https://doi.org/10.4108/eai.19-7-2019.2289527>
- Yupita, D., Putri, F. M., Sulastri, N., Amanda, P. A., Pratama, R., Maharani, W., Yunita, V., & Susdianto, E. (2023). Penerapan Green Economy dalam Upaya Peningkatan Ekonomi Masyarakat melalui Pemanfaatan Limbah Plastik. *Jurnal Manajemen Dan Akuntansi*, 1(2), 311–318.
- Zulfahmi, Z., Amani, Y., Rahman, A., Islami, N., & Alchalil, A. (2021). Alih Teknologi Mesin Chopper Blender Pakan Hijauan Guna Peningkatan Produktivitas Peternakan Ruminansia Masa Pandemi Covid-19. *JURNAL HURRIAH: Jurnal Evaluasi Pendidikan Dan Penelitian*, 2(4), 119–127. <https://doi.org/10.56806/jh.v2i4.39>