

**PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH RUMAH POTONG
HEWAN DAN KUALITAS LUMPUR BUANGAN
HASIL SAMPING BIOGAS SEBAGAI
PUPUK ORGANIK**

Dr. Ir. Salundik, MSi
Dr. Mochammad Sriduresta Soenarno, S.Pt, MSc
Dr. Iwan Prihantoro, S.Pt, MSi
Dr. Iyep Kumala, S.Pt, MSi
Delia Rizkita
Afifah Mujahidin Ibadurrohman



**DEPARTEMEN ILMU PRODUKSI DAN TEKNOLOGI
PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2023**

Judul : Produksi Biogas dari Limbah Rumah Potong Hewan dan Kualitas Lumpur Buangan Hasil Samping Biogas sebagai Pupuk Organik

Penulis : Dr. Ir. Salundik, MSi
Dr. Mochammad Sriduresta Soenarno, S.Pt, MSc
Dr. Iwan Prihantoro, S.Pt, MSi
Dr. Iyep Kumala, S.Pt, MSi
Delia Rizkita
Afifah Mujahidin Ibadurrohman

Bogor, 14 Desember 2023

Mengetahui
Ketua Departemen
Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan



Prof. Dr. agr. Asep Gunawan, S.Pt,M.Sc
NIP. 198007042005011005

Penulis



Dr. Ir. Salundik,MSi
NIP. 196404061989031003

ABSTRAK

Rumah Potong Hewan (RPH) menghasilkan produk samping berupa limbah organik yang terdiri atas darah, sisa-sisa pencernaan (isi rumen, kotoran), urin, dan pencemar lainnya yang dapat mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Isi rumen dan darah sapi memiliki potensi untuk dijadikan biogas. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis produksi biogas yang dihasilkan dari kombinasi isi rumen dan darah sapi serta kualitas pupuk cair lumpur hasil smping biogas sebagai pupuk organik tanaman.

Berdasarkan hasil penelitian didapat bahwa jumlah produksi biogas yang dihasilkan produksi biogasnya tinggi, namun uji nyala api yang paling baik dihasilkan oleh isi rumen 100%. Hasil optimum untuk pertumbuhan bayam (*Amaranthun sp*) adalah kombinasi 100% pupuk organik komersial dan 100% pupuk anorganik komersial.

Kata kunci: biogas, darah sapi, isi rumen, bayam hijau (amaranthus sp), lupur hasil samping

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Mahakuasa atas segala kasih dan karunia-Nya. Tema yang dipilih dalam tulisan ini adalah pemanfaatan limbah Rumah Potong Hewan (RPH) dengan judul tulisan Produksi Biogas dari Limbah Rumah Potong Hewan dan Kualitas Lumpur Hasil Samping Biogas sebagai Pupuk Organik. Tulisan ini mengungkapkan produksi biogas dari kombinasi bahan masukan berupa isi rumen dan darah sapi yang merupakan limbah RPH, serta kualitas dari lumpur buangan yang merupakan hasil samping pembuatan biogas yang digunakan sebagai pupuk organik pada tanaman kangkong.

Tulisan ini merupakan rangkaian penelitian dari Delia Rizkita dan Afifah Mujahidah Ibadurrohman. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua dalam pengelolaan dan pengolahan limbah ternak khususnya RPH.

Bogor, 14 Desember 2023

Salundik

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Biogas	3
2.2 Limbah RPH	3
III. METODE	5
3.1 Produksi Biogas	5
3.2 Kualitas Pupuk Cair	5
3.3 Peubah yang Diamati	6
3.4 Analisis Data	8
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	9
4.1 Kualitas Lumpur Hasil Sampingan Biogas	9
4.2 Imbangan C/N	9
4.3 Temperatur selama Proses Pembentukan Biogas	10
4.4 Derajat Keasaman (pH) selama Proses Pembentukan Biogas	11
4.5 Produksi Biogas Isi Rumen Sapi dan Darah Sapi	12
4.6 Nyala Biogas	14
4.7 Kualitas Lumpur Hasil Sampingan Biogas	15
4.8 Tinggi Tanaman	16
4.9 Jumlah Daun	18
4.10 Diameter Batang	19
4.11 Berat Segar Tanaman	20
4.12 Berat Kering Tanaman	21
IV SIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 Simpulan	22
5.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23

DAFTAR TABEL

1	Komposisi isi rumen	4
2	Konsentrasi TS dan VS bahan substrat (%)	9
3	Imbangan C/N bahan susbstrat biogas	10
4	Produksi biogas dari isi rumen sapi dan darah sapi	13
5	Kualitas pupuk cair limbah biogas kombinasi isi rumen dan darah sapi	15
6	Tinggi tanaman bayam hijau dengan pemberian pupuk organik dan anorganik yang berbeda	17
7	Jumlah daun tanaman bayam hijau dengan pemberian pupuk organik dan anorganik yang berbeda	18
8	Diameter batang tanaman bayam hijau dengan pemberian pupuk organik dan anorganik yang berbeda	19
9	Berat segar tanaman bayam hijau dengan pemberian pupuk organik dan anorganik yang berbeda	20
10	Berat kering tanaman bayam hijau dengan pemberian pupuk organik dan anorganik yang berbeda	21

DAFTAR GAMBAR

1	Disain digester biogas	5
2	Temperatur harian substrat	10
3	Nilai pH harian substrat	12
4	Produksi biogas harian pada setiap perlakuan	13
5	Uji nyala api biogas perlakuan	14

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Isi rumen dan darah sapi merupakan limbah dari proses pemotongan sapi yang banyak dihasilkan dari RPH. Isi rumen sapi sebanyak 10% dan darah sebanyak 3,5% dari bobot hidup sapi Juraida *et al.* (2019). Isi rumen sapi memiliki kandungan bahan organik yang tinggi karena merupakan bahan pakan ternak yang sudah maupun belum dicerna oleh mikroba rumen. Darah adalah cairan yang sangat penting yang terdapat pada semua hewan tingkat tinggi yang berfungsi untuk membawa zat-zat makanan hasil metabolisme dalam pencernaan dan oksigen ke seluruh jaringan tubuh (Desmawati, 2013). Darah memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, terutama komponen karbon dan nitrogen.

Isi rumen dan darah sapi sebagai limbah RPH masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Isi rumen sapi umumnya lebih banyak dimanfaatkan sebagai pupuk organik, dan darah sapi dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau ikan lele. Belum maksimalnya pemanfaatan limbah RPH membuat limbah ini seringkali menimbulkan permasalahan bagi lingkungan terutama bau yang menyengat. Isi rumen dan darah sapi memiliki potensi sebagai bahan masukkan untuk menghasilkan biogas yang bermanfaat sebagai sumber energi sekaligus mengurangi potensi pencemaran lingkungan. Biogas adalah kombinasi beberapa gas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik pada kondisi kedap udara (anaerob), dengan gas yang dominan adalah gas metana (CH_4) sekitar 50-70%, gas karbon dioksida (CO_2) sekitar 30-40%, hidrogen (H_2) sekitar 5-10%, dan gas-gas lainnya dalam jumlah yang sedikit.

Biogas merupakan energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar yang memiliki nilai kalor 4800 - 6700 kkal/ m^3 dan mendekati gas metan murni yaitu 8900 kkal/ m^3 atau 1 m^3 biogas setara sekitar 4,7 kWh/ m^3 dan 20 – 40 kg kotoran sapi menghasilkan 1 m^3 biogas. Biogas digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak, penerangan dan pembangkit energi listrik, dan merupakan energi yang dapat diperbarui (renewable).

Lumpur buangan dari proses pembuatan biogas merupakan bahan yang kaya dengan bahan organik tinggi yang telah terombak oleh bakteri. Lumpur buangan merupakan pupuk organik yang berkualitas baik untuk tanaman. Pemberian pupuk organik ke dalam tanah dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, menyuburkan tanah, dan menambah unsur hara tanah (Indrawan *et al.* 2018).

Bayam hijau (*Amaranthus sp.*) merupakan tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai sayuran hijau. Bayam dikenal sebagai sayuran hijau sumber zat besi yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan sayuran lain sehingga bermanfaat bagi penderita anemia (Kusmawati *et al.* 2015). Tanaman bayam mudah tumbuh pada semua tempat dan dapat ditanam sepanjang tahun. Tanaman bayam dapat dipanen pada saat 25 hari setelah masa tanam (Anastasia *et al.* 2014). Salah satu usaha untuk meningkatkan produksi dan kualitas tanaman bayam yaitu dengan melakukan pemupukan. Bio-Slurry atau limbah biogas merupakan salah satu alternatif sebagai pupuk organik untuk tanaman bayam. Menurut Dharmayanti *et al.* (2013) dalam penelitiannya disebutkan bahwa pemberian pupuk organik dengan konsentrasi 300 ml L^{-1} air mampu merubah sifat kimia tanah dan meningkatkan berat segar pada tanaman bayam.

1.2. Rumusan Masalah

Limbah merupakan permasalahan yang muncul dalam suatu proses industri, tidak terlepas RPH yang menghasilkan limbah organik berupa isi rumen dan darah sapi. Selama ini limbah RPH tidak dimanfaatkan secara maksimal, oleh karena itu perlu dilakukan kajian untuk melihat potensi pemanfaatan isi rumen dan darah sapi sebagai bahan baku masukkan untuk menghasilkan biogas, serta pemanfaatan hasil sampingan pembuatan biogas berupa lumpur.

Rumusan masalah yang mendasari tulisan ini adalah :

1. Bagaimana produksi biogas yang dihasilkan dari kombinasi isi rumen dan darah sapi.
2. Bagaimana kualitas lumpur buangan hasil samping pembuatan biogas kombinasi rumen dan darah sapi sebagai pupuk organik.

1.3. Tujuan

Tulisan ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis produksi biogas yang dihasilkan dari kombinasi isi rumen dan darah sapi.
2. Menganalisis kualitas lumpur hasil samping pembuatan biogas dari kombinasi rumen dan darah sapi sebagai pupuk organik untuk tanaman bayam (*Amaranthus sp*).

1.4. Manfaat

Tulisan ini dapat memberikan informasi mengenai potensi pembuatan biogas dari kombinasi isi rumen dan darah sapi serta pemanfaatan lumpur hasil samping pembuatan biogas sebagai pupuk organik cair tanaman bayam hijau (*Amaranthus sp*). Diharapkan tulisan ini dapat membantu dalam pengembangan pembuatan biogas untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah RPH.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Biogas

Biogas merupakan bahan bakar gas yang dapat diperbaharui yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerob bahan organik oleh mikroorganisma anaerob. Biogas dihasilkan dalam bioreaktor yang dirancang khusus untuk bahan organik yang mudah dirombak seperti limbah peternakan (kotoran), limbah RPH (isi rumen dan darah), limbah pertanian, sampah padat hasil aktivitas perkotaan dan lain-lain.

Banyak faktor yang mempengaruhi produksi biogas antara lain Perbedaan unsur- kandungan unsur C dan N pada bahan organik tersebut (imbangan C/N), ketersediaan bakteri metanogenik pada bahan organik, suhu ruang digester, derajat keasaman, pengadukan, dan bahan toksik (Yulistiawati 2008). Pembentukan biogas akan berjalan secara optimal pada rentang suhu 25-27 °C dan pH 7-7.8 4 (Rahayu *et al.* 2009).

Kandungan utama biogas adalah gas CH₄ dengan konsentrasi sebesar 50-80 % vol. Kandungan lain dalam biogas yaitu CO₂, gas hidrogen (H₂), gas nitrogen (N₂), gas karbon monoksida (CO) dan gas hidrogen sulfida (H₂S). Komposisi biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Gas dalam biogas yang dapat berperan sebagai bahan bakar yaitu gas CH₄, H₂ dan CO (Price dan Cheremisinoff, 1981). Pembentukan biogas terjadi dalam empat tahap yaitu hidrolisis, pengasaman (acidogenesis), pembentukan asetat (acetogenesis), pembentukan metana (methanogenesis) (Nelson, 2011). Komponen lainnya yang ditemukan dalam kisaran konsentrasi kecil (trace element) antara lain senyawa sulfur organik, senyawa hidrokarbon terhalogenasi, H₂, N₂, CO dan O₂.

1.2. Limbah RPH

Rumah Potong Hewan (RPH) adalah suatu bangunan atau kompleks bangunan dengan desain dan syarat tertentu yang digunakan sebagai tempat memotong hewan bagi konsumsi masyarakat umum. Lokasi RPH harus memenuhi persyaratan yaitu tidak menimbulkan gangguan dan pencemaran lingkungan dan mempunyai akses air bersih yang cukup untuk pelaksanaan pemotongan hewan dan kegiatan pembersihan serta disinfeksi. Setiap kabupaten/kota harus mempunyai RPH yang memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan oleh menteri pertanian. Untuk menyediakan daging yang Aman, Sehat, Utuh, dan Halal (ASUH).

Kegiatan pemotongan hewan di RPH menghasilkan produk samping limbah RPH. Limbah RPH adalah limbah organik biodegradable yang terdiri atas darah, sisa-sisa pencernaan (isi rumen, kotoran), urin, dan pencemar lainnya (Budiyono *et al.*, 2011).

1.2.1. Isi Rumen

Isi rumen merupakan salah satu limbah RPH yang belum dimanfaatkan secara optimal dan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Komposisi isi rumen sapi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Isi Rumen Sapi

Komponen	Komposisi (%)	
	Suhermiyati (1984)	Widodo (2002)
Air	8,8	10,92
Abu	16,76	18,54
Protein	8,86	9,63
Lemak	1,81	2,60
Serat Kasar	24,60	28,78
BETN	38,40	-
Fosfor	0,29	0,55
Kalsium	0,68	-

Menurut Jeung *et al.* (2016) isi rumen sapi memiliki kandungan rasio C/N sebesar 19.20%, kandungn C sebesar 48% dan N sebesar 2.5%.

1.2.2. Darah Sapi

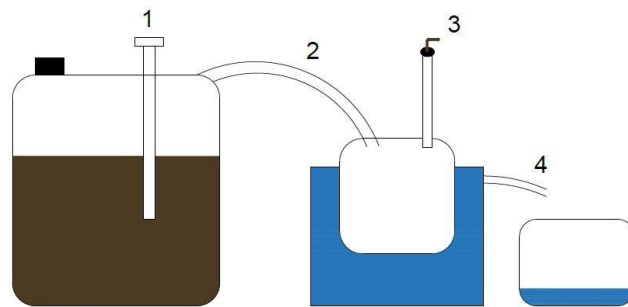
Darah merupakan hasil ikutan ternak yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein bagi ternak dan memiliki potensi yang sangat besar untuk dijadikan bahan pakan penyusun ransum unggas. mengandung protein kasar yang tinggi yaitu 79,3% dan serat kasar 0,31%. Kandungan air darah segar sekitar 80% sedangkan kandungan air tepung darah sekitar 16,5% (Setiowati et al., 2014). Darah sapi memiliki imbalanced C/N sebesar 3.41%, dengan kandungan C sebesar 53.8%, dan kandungan N sebesar 15.8%.

III. METODE

3.1. Produksi Biogas

a. Pembuatan Biogas

Alat untuk pembuatan biogas berupa digester yang kedap udara (Gambar 1). Isi rumen dan darah sapi diambil RPH dalam keadaan segar. Isi rumen dan darah sapi kemudian dimasukkan ke dalam digester yang telah disiapkan sesuai masing-masing perlakuan dan diaduk merata.



Gambar 1 Desain digester biogas

b. Perlakuan

Penelitian ini dilakukan dengan tiga perlakuan yaitu

1. $R_{100}D_0$: Kontrol sebanyak 100% isi rumen sapi + 0% darah sapi
 2. $R_{70}D_{30}$: 70% isi rumen sapi + 30% darah sapi
 3. $R_{40}D_{60}$: 40% isi rumen sapi + 60% darah sapi
- Masing-masing perlakuan mendapat tiga ulangan.

3.2. Kualitas Pupuk Cair

a. Pesiapan Media Tanam

Persiapan media tanam diawali dengan penyediaan *polybag* dan tanah. Tanah latosol ditimbang sebanyak 3 kg kemudian ditambahkan pupuk cair sesuai perlakuan dan diaduk rata. Tanah yang sudah dicampur pupuk dimasukan kedalam *polybag* dan didiamkan selama tujuh hari. Setelah tujuh hari, pH tanah dihitung, karena pH tanah asam, maka tanah diberi tambahan kapur sesuai dosis dan didiamkan selama tujuh hari. Setelah diberi kapur pH tanah dihitung kembali dan menghasilkan pH netral, maka media tanam siap digunakan

b. Penanaman dan Pemeliharaan

Bibit yang digunakan adalah benih bayam hijau. Penanaman bayam dilakukan setelah media tanam siap digunakan. Pembibitan bayam dilakukan dengan menebar benih bayam sebanyak 10 per *polybag*. Selanjutnya dipilih tiga tanaman terbaik pada umur 1 Minggu Setelah Tanam (MST). Tanaman yang

digunakan sebagai tanaman uji dipelihara dengan melakukan penyiraman setiap pagi dan sore hari.

c. Pemanenan

Bayam cabut dapat dipanen pada saat umur tanaman 4 MST (minggu setelah tanam). Cara panen ialah mencabut bayam hingga akarnya.

d. Perlakuan

Penelitian ini dilakukan dengan lima perlakuan yaitu :

1. P0: 100% organik komersial + 100% anorganik
2. P1: 50% organik komersial + 50% anorganik
3. P2: 100% pupuk cair R₁₀₀D₀ + 50% anorganik
4. P3: 100% pupuk cair R₇₀D₃₀ + 50% anorganik
5. P4: 100% pupuk cair R₄₀D₆₀ + 50% anorganik

Masing-masing perlakuan mendapat tiga ulangan. Dosis rekomendasi pupuk cair yang digunakan adalah 300 ml dan dosis berdasarkan rekomendasi pupuk anorganik untuk tanaman bayam 150 kg ha⁻¹ urea, 100 kg ha⁻¹ SP-36, 100 kg ha⁻¹ KCl pada setiap tanaman (Dharmayanti *et al.* 2013).

3.3. Peubah yang Diamati

a. Total Solids (TS) dan Volatile Solids (VS)

Pengukuran TS dilakukan dengan mengukur berat segar masing-masing perlakuan dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 104 °C. Setelah bahan kering maka diukur berat bahan sehingga didapatkan nilai kadar air. Setelah nilai kadar air didapatkan kemudian dihitung nilai TS bahan.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1} \right) \times 100\%$$

$$\text{Total Solid (\%)} = (1 - \text{KA}) \times 100\%$$

$$\text{Kadar Abu} = \left(\frac{W_4}{W_3} \right) \times 100\%$$

Diketahui :

W1 = berat sampel basah (g)

W2 = berat sampel kering (g)

W3 = berat sampel sebelum pengabuan (g)

W4 = berat sampel abu (g)

b. Volatile Solids (VS)

Pengukuran VS dilakukan dengan mengukur massa setelah dikeringkan di dalam oven yang kemudian diabukan dengan tanur selama 2 jam dengan suhu 550 °C. Bahan yang telah menjadi abu kemudian diukur beratnya dan dihitung.

$$\text{Volatile Solid (\%)} = \left(\frac{(W_3 - W_4) \times \text{TS}}{W_3} \right) \times 100\%$$

Diketahui :

W1 = berat sampel basah (g)

W2 = berat sampel kering (g)

W3 = berat sampel sebelum pengabuan (g)

W4 = berat sampel abu (g)

c. Temperatur Biogas

Pengukuran suhu di dalam digester menggunakan alat yaitu termometer ke dalam lobang pipa yang berada di bagian atas digester. Pengukuran dilakukan setiap hari pada pukul 09.00-11.00 WIB.

d. Derajat Keasaman (pH) Biogas

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan metode Potensiometrik, yakni dengan menggunakan alat pH meter. Pengukuran dilakukan setiap hari dengan cara pengambilan sampel bahan melalui pipa yang berada pada bagian atas digester menggunakan selang.

e. Produksi Biogas

Pengukuran produksi biogas dilakukan setiap hari, mulai sehari setelah pengisian bahan hingga 35 hari pengamatan. Produksi gas harian diukur dengan cara mengukur volume air yang ada di penampungan. Air tersebut diperoleh dari toples yang berisi air dimana terdapat toples yang berukuran lebih kecil dengan posisi terbalik dihubungkan oleh selang kecil ke digester sebagai jembatan perpindahan gas sehingga air yang ada pada toples ditekan oleh gas dan masuk ke toples penampung. Produksi biogas yang diamati yaitu produksi biogas harian dan produksi biogas kumulatif.

f. Uji Nyala Api

Uji nyala api dilakukan dengan mengeluarkan gas melalui pipa yang berada diatas toples terbalik dan dinyalakan dengan korek. Uji nyala api dilakukan setelah gas mulai terproduksi, hal ini bertujuan untuk mengetahui biogas yang dihasilkan apakah mengandung metan atau tidak, sehingga dapat dijadikan bahan pengganti minyak tanah atau elpiji.

g. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman diukur dari permukaan media tanam sampai titik tumbuh yang tertinggi menggunakan alat ukur penggaris dengan bantuan tusuk sate, pengamatan dilakukan pada umur 1, 2, 3, dan 4 MST.

h. Jumlah Daun

Daun yang dihitung yaitu seluruh daun tanaman yang telah terbuka sempurna dan masih berwarna hijau, pengamatan dilakukan pada umur 1, 2, 3, dan 4 MST.

i. Diameter Batang

Pengukuran diameter batang bayam menggunakan jangka sorong, pengamatan dilakukan pada umur 1, 2, 3, dan 4 MST.

3.4. Analisis Data

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan model statistik yang digunakan:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan

Y_{ij} = Nilai pengamatan pada perlakuan ke – i (perlakuan pupuk cair) pada ulangan ke – j;

μ = Rataan umum;

α_i = Pengaruh pemberian perlakuan ke-i; dan

ϵ_{ij} = Pengaruh galat percobaan pada jenis perlakuan ke – i pada ulangan ke – j.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Total solid dan Volatile solid pada Pembentukan Biogas

Konsentrasi *total solid* pada substrat menunjukkan kandungan padatan dalam air dan *volatile solid* menggambarkan bahan organik yang ditunjukkan dengan bahan padatan yang menguap (Nisrina dan Andarani 2018). Pengujian konsentrasi *total solid* dan *volatile solid* penting untuk dilakukan karena akan menentukan produksi biogas yang dihasilkan oleh substrat. Hasil pengukuran kandungan *total solid* dan *volatile solid* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1 Konsentrasi *total solid* dan *volatile solid* bahan substrat (%)

Perlakuan n	TS			VS		
	Awal	Akhir	Penuruna n	Awal	Akhir	Penuruna n
R ₁₀₀ D ₀	13,51±1,7 6	7,94±0,6 8	41,23	12,06±0,9 2	7,20±0,6 3	40,30
R ₇₀ D ₃₀	13,84±1,8 4	8,43±0,4 1	39,09	12,62±1,0 7	7,87±0,3 6	37,64
R ₄₀ D ₆₀	15,64±1,9 0	8,67±0,1 8	44,57	14,92±1,6 4	8,20±0,1 4	45,04

Sumber : Rizkita (2022)

Hasil pengukuran menunjukkan terjadi penurunan kandungan TS dan VS. Penurunan terbesar TS dan VS ada pada perlakuan R₄₀D₆₀. Penurunan kandungan TS dan VS ini menunjukkan terjadinya proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme menjadi biogas. *Volatile solid* merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme non metanogen yang bekerja pada tahap awal produksi biogas, penurunan *volatile solid* menunjukkan terjadinya proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme non metanogen di dalam biodigester (Ni'mah 2014).

Penambahan darah mempengaruhi nilai TS dan VS yang didapat dari bahan substrat. Nilai TS dan VS meningkat seiring dengan penambahan darah sapi. Semakin besar jumlah darah sapi yang ditambahkan, semakin tinggi pula nilai TS dan VS yang diperoleh. Hal ini juga dijelaskan oleh Wahyudi (2017) dan Widarti *et al.* (2012) *volatile solid* adalah padatan yang dapat dikonversi menjadi biogas sehingga semakin tinggi VS semakin banyak biogas yang akan dihasilkan. Haryanto *et al.* (2019) bahwa semakin besar pengurangan VS maka semakin banyak bahan organik yang dicerna oleh mikroorganisme sehingga diharapkan semakin banyak pula biogas yang dihasilkan.

4.2. Imbangan C/N

Imbangan C/N merupakan perbandingan antara karbon (C) dan nitrogen (N) pada bahan organik. Imbangan C/N merupakan faktor penting yang mempengaruhi pembentukan biogas, karena sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme. Unsur C digunakan untuk energi dan unsur N digunakan untuk membangun struktur sel bakteri. Imbangan C/N yang paling baik adalah 30. Menurut Jeung *et al.* (2016) darah sapi memiliki imbangan C/N sebesar 3,41 dan isi rumen sapi memiliki imbangan C/N sebesar 19,20. Imbangan C/N pada substrat hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2 Rasio C/N bahan substrat biogas

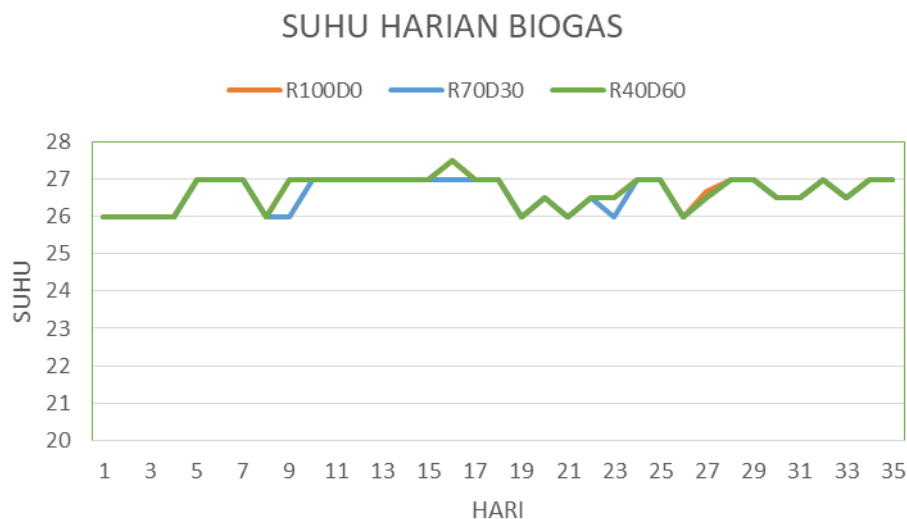
Perlakuan	Isi rumen sapi (%)	Darah sapi (%)	Rasio C/N
R ₁₀₀ D ₀	100	0	19,20
R ₇₀ D ₃₀	70	30	14,46
R ₄₀ D ₆₀	40	60	9,73

Sumber : Rizkita (2022)

Hasil perhitungan imbalan C/N pada Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan R₁₀₀D₀ memiliki imbalan C/N tertinggi sebesar 19,20 dan perlakuan R₄₀D₆₀ memiliki imbalan C/N terendah sebesar 9,73. Imbalan C/N yang tinggi dibandingkan imbalan C/N optimal 30, akan mengakibatkan kekurangan nitrogen yang penting dalam formasi protein sehingga produksi gas menjadi rendah. Sebaliknya imbalan C/N yang rendah mengakibatkan akumulasi ammonia dan nilai pH melebihi 8,5, yang merupakan kondisi toksik bagi metanogen sehingga gas yang dihasilkan juga rendah (Deublein dan Steinhauser 2008 dalam Haryanto *et al.* 2019).

4.3. Tempertur selama Proses Pembentukan Biogas

Temperatur merupakan salah satu faktor penting dalam pembuatan biogas. Peningkatan atau penurunan temperatur di dalam digester akan mengganggu kelangsungan hidup bakteri pembentuk biogas, karena beberapa bakteri hidup pada temperatur tertentu. Temperatur harian biogas pada tiap perlakuan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Temperatur harian substrat (Sumber : Rizkita 2022)

Hasil pengukuran temperatur harian substrat biogas pada Gambar 2 menunjukkan temperatur substrat biogas pada penelitian ini berkisar antara 26-27,5 °C. Hal tersebut menunjukkan tidak terjadi perubahan temperatur pada substrat biogas selama penelitian, perombakan berlangsung baik pada temperatur yang stabil. Tidak terjadinya perubahan temperatur karena penempatan digester biogas di dalam ruangan, sehingga suhu pada substrat biogas menjadi lebih stabil. Temperatur tersebut menunjukkan bahwa proses pembentukan biogas terjadi pada

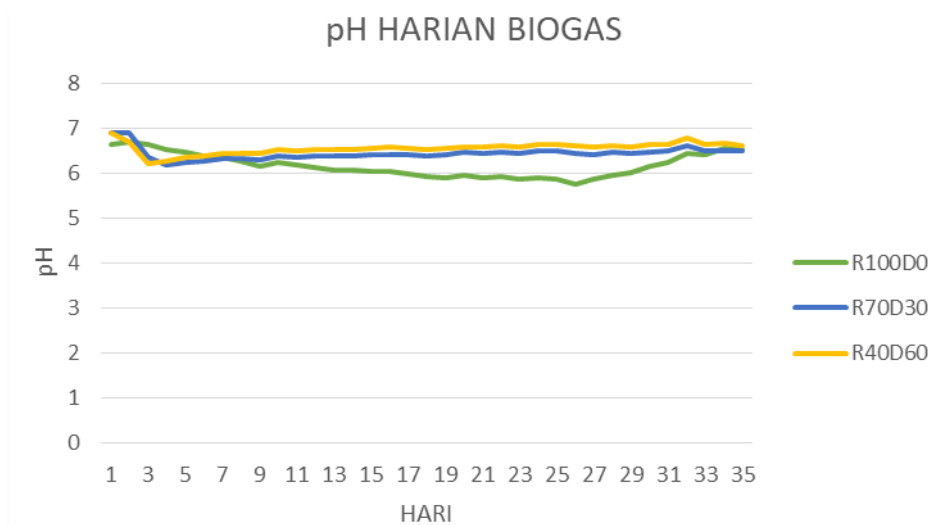
kondisi mesofilik yang memiliki rentang suhu antara 25-40%, akan mengalami proses perombakan yang baik. Hal ini juga diungkapkan oleh Chotimah (2010) bahwa kondisi perombakan terjadi pada temperatur mesofilik pada 25-40 °C,

4.4. Derajat Keasaman (pH) selama Proses Pembentukan Biogas

Derajat keasaman (pH) sangat berpengaruh terhadap kerja mikroba yang terdapat di dalam digester. Kondisi pH yang terlalu asam atau terlalu basa sangat mempengaruhi kerja mikroba pada digester (Budiyono *et al.* 2021). Jumlah biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerob sangat dipengaruhi oleh nilai pH substrat. Nilai pH harian substrat biogas ditunjukkan pada Gambar 3. Kisaran pH ideal untuk mikroorganisme metanogenik dan asidogenik berbeda. Methanogenesis paling efisien pada pH 6,5-8,2 menjadi pH optimal 7,0 dan aktivitas bakteri metanogenik menurun pada pH yang lebih tinggi atau lebih rendah (Ceron *et al.* 2019). pH optimal tergantung pada jenis substrat serta pada jenis mikroorganisme yang terlibat dalam proses pencernaan.

Derajat keasaman (pH) sangat berpengaruh pada proses perombakan anaerob karena pada rentang pH yang tidak sesuai, mikroba tidak tumbuh dengan maksimum dan bahkan dapat menyebabkan kematian. Kondisi pH netral pertumbuhan mikroorganisme di dalam digester dapat berlangsung optimal. Kondisi pH berpengaruh pada pertumbuhan mikrobia anaerobik dalam menghasilkan biogas terutama metan (Saputra *et al.* 2010). Nilai pH harian biogas yang disajikan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa setiap perlakuan memiliki pH berkisar pada rentang 5,8-7. Hal ini menunjukkan nilai pH substrat tersebut masih berada dalam rentang nilai pH optimum, sehingga bakteri masih dapat tumbuh dengan baik. Nilai pH yang tinggi menyebabkan ketidakstabilan pencernaan anaerobik karena laju konversi yang cepat dari nitrogen amonia terionisasi menjadi nitrogen amonia bebas.

Terjadi penurunan pH pada minggu pertama pada setiap perlakuan yang menunjukkan terjadinya proses asidogenesis yaitu proses konversi senyawa-senyawa organik menjadi asam organik. Selanjutnya terjadi kenaikan pH secara bertahap hingga hari ke 35 pada perlakuan R₇₀D₃₀ dan R₄₀D₆₀ yang menunjukkan proses pembentukan gas metana. Pada perlakuan R₁₀₀D₀ penurunan pH terjadi hingga pengamatan hari ke-27, dan selanjutnya nilai pH mengalami kenaikan hingga pengamatan hari ke-35. Hal ini dapat disebabkan karena proses perombakan senyawa organik pada perlakuan R₁₀₀D₀ terjadi lebih lama dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan R₄₀D₆₀ memiliki pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan R₁₀₀D₀ dan R₇₀D₃₀. Penambahan darah sapi yang lebih tinggi akan memiliki pH yang lebih tinggi.



Gambar 3 Nilai pH harian biogas (Sumber : Rizkita(2022))

Derajat keasaman (pH) sangat berperan dalam dekomposisi anaerobik karena pada rentang pH yang tidak sesuai, bakteri tidak dapat tumbuh dengan maksimal dan bahkan dapat menyebabkan kematian, sehingga dapat memengaruhi produksi gas metana. Pada umumnya produksi biogas akan tinggi pada pH sekitar 7 (netral). Pada kondisi ini mikroorganisme mampu mengurai bahan organik secara maksimal, sehingga menghasilkan produksi biogas yang tinggi (Haryanto *et al.* 2019). Proses penguraian oleh mikroba menyebabkan perubahan pH di dalam digester. Pada tahapan hidrolisis optimum, H^+ biasanya digunakan untuk mengkatalisis reaksi pemutusan ikatan polimerik pada polisakarida, lipid maupun protein sehingga pH cenderung naik. Kemudian terjadi penurunan pH yang diakibatkan asam-asam organik yang dihasilkan seperti asam butirat, propionat, dan asetat. Asam organik ini yang mendominasi tahap asidogenesis dan asetogenesis. Selanjutnya pH cenderung mengalami peningkatan karena asam-asam organik diuraikan menjadi metana dan karbondioksida dan kemungkinan terbentuknya NH_3 yang meningkatkan pH larutan (Chotimah 2010).

4.5. Produksi Biogas Isi Rumen Sapi dan Darah Sapi

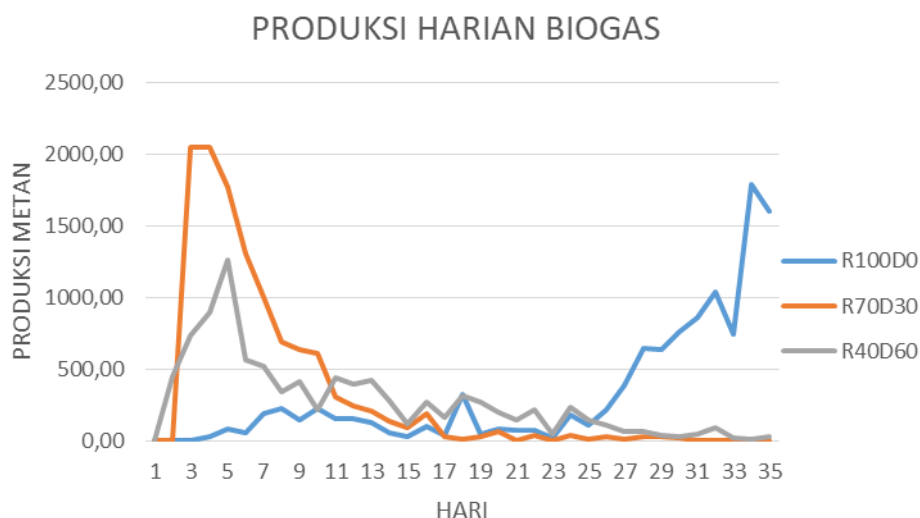
Hasil analisis data jumlah produksi biogas yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah produksi biogas dari perlakuan R_{100D_0} , $R_{70D_{30}}$ dan $R_{40D_{60}}$ tidak berbeda nyata ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan penambahan darah sapi pada konsentrasi 0, 30 dan 60% tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah produksi biogas yang dihasilkan. Perlakuan R_{100D_0} memiliki jumlah produksi biogas paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya yaitu sebesar 11.233 ml. Jumlah produksi biogas terendah didapat pada perlakuan $R_{40D_{60}}$ yaitu sebesar 9.600 ml. Produksi biogas dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah suhu, pH, substrat, imbalanced C/N, pengadukan dan starter (Wati *et al.* 2014). Produksi biogas dalam penelitian ini sangat dipengaruhi oleh imbalanced C/N substrat, dimana imbalanced C/N substrat dari yang tertinggi hingga yang terendah R_{100D_0} , $R_{70D_{30}}$ dan $R_{40D_{60}}$ (Tabel 3).

Tabel 3 Produksi biogas isi rumen sapi dan darah sapi

Perlakuan	Volume (ml)
R ₁₀₀ D ₀	11233,33±3255,416
R ₇₀ D ₃₀	11653,33±4919,55
R ₄₀ D ₆₀	9600±10430,52

Sumber : Rizkita (2022)

Semakin tinggi penambahan darah sapi menghasilkan produksi biogas yang semakin rendah. Hal ini dapat disebabkan karena tingginya kadar protein pada darah yang mengakibatkan turunnya imbalanced C/N, hingga menghambat pembentukan biogas pada digester. Hal ini juga dijelaskan oleh Chotimah (2010) bahwa senyawa mudah didegradasi seperti protein dan lemak dapat pula menghambat proses perombakan anaerob. Oleh karena itu diperlukan periode waktu tinggal lebih lama jika input biomassa memiliki kandungan protein tinggi. Pola produksi biogas harian pada setiap perlakuan selama penelitian 35 hari ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Produksi biogas harian pada setiap perlakuan (Sumber : Rizkita 2022)

Pada Gambar 4, setiap perlakuan memiliki perbedaan dalam proses produksi biogas. Perlakuan R₁₀₀D₀ atau perlakuan kontrol mulai memproduksi biogas pada hari ke-4 dan terus mengalami peningkatan produksi hingga mencapai puncak produksi pada pengamatan hari ke-34. Perlakuan R₇₀D₃₀ mulai memproduksi biogas pada hari ke-2 dan merupakan produksi biogas tertinggi yaitu sebesar 2.050 ml pada hari ke-3 dan ke-4. Kemudian setelah hari ke-4 produksi biogas mengalami penurunan hingga pengamatan hari ke-35. Perlakuan R₄₀D₆₀ mulai memproduksi biogas pada hari ke-2 kemudian mengalami peningkatan dan mencapai puncak produksi pada hari ke-5. Kemudian produksi biogas mengalami penurunan hingga hari pengamatan ke-35.

Cepatnya pembentukan biogas pada Perlakuan R₇₀D₃₀ dan R₄₀D₆₀ dibandingkan dengan perlakuan R₁₀₀D₀. Hal ini dapat disebabkan karena perlakuan R₇₀D₃₀ dan R₄₀D₆₀ memiliki penambahan darah sapi pada substratnya, yang memiliki bentuk cair sehingga lebih mudah mengalami degradasi dibandingkan

perlakuan R_{100D_0} yang hanya terdiri dari isi rumen sapi. Perlakuan R_{100D_0} membutuhkan waktu lebih lama untuk memproduksi biogas, karena mikroba pengurai membutuhkan waktu lebih lama untuk mengurai substrat berupa serat kasar bahan pakan ternak yang belum tercerna. Hal ini juga disebutkan oleh Jeung *et al.* (2016) bahwa darah sapi dan babi memiliki rasio C/N yang rendah namun menunjukkan biodegradabilitas yang tinggi karena bahannya yang cair, sedangkan rumen sapi dipenuhi dengan pakan ternak belum tercerna yang mengandung bahan fibroid, yang membuat biodegradasi menjadi sulit.

4.6. Nyala Biogas

Uji nyala api pada biogas dilakukan untuk mengetahui kandungan metan pada biogas. Biogas baru dapat dibakar setelah tahap pembentukan gas metan terjadi (Felix *et al.* 2019). Biogas bisa menyala pada komposisi gas metan sekitar 55%. Uji nyala api biogas dilakukan dengan membakar biogas dan mengamati nyala apa yang dihasilkan (Gambar 5). Biogas dengan kandungan CH_4 yang tinggi akan menghasilkan nyala api biru yang besar (Haryanto *et al.* 2019).



Gambar 5 Uji nyala api biogas perlakuan (a) R_{100D_0} dan (b) $R_{70D_{30}}$ (Sumber : Rizkita 2022)

Hasil pengamatan uji nyala api biogas diperlihatkan pada Gambar 5. Biogas perlakuan R_{100D_0} menghasilkan nyala api biru yang besar ketika dibakar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa biogas yang dihasilkan perlakuan R_{100D_0} memiliki kandungan CH_4 yang tinggi. Perlakuan $R_{70D_{30}}$ biogas yang dibakar menghasilkan nyala api biru dan kemerahan, dan nyala api yang dihasilkan tidak besar. Hal ini disebabkan karena kadar CO_2 pada biogas perlakuan $R_{70D_{30}}$ yang masih cukup tinggi. Hal ini juga disebutkan oleh Haryanto *et al.* (2019) jika api berwarna kuning kemerahan menunjukkan bahwa kadar CO_2 yang terkandung dalam biogas cukup tinggi. Pada perlakuan $R_{40D_{60}}$, ketika biogas dibakar tidak menimbulkan api. Hal ini dapat disebabkan karena kadar CH_4 yang belum mencapai 55-70% dari keseluruhan gas yang dihasilkan.

4.7. Kualitas Lumpur Hasil Sampingan Biogas

Lumpur hasil samping merupakan produk samping dari pembentukan biogas yang berbentuk lumpur. Lumpur ini merupakan limbah biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik bagi tanaman. Pupuk cair lumpur hasil samping biogas adalah pupuk organik berkualitas tinggi yang memiliki kandungan unsur hara makro sehingga mampu menambahkan humus, mendukung aktivitas perkembangan mikroba dan cacing yang bermanfaat bagi tumbuhan (Indrawan *et al.* 2018). Kualitas lumpur hasil samping biogas dipengaruhi oleh beberapa parameter, seperti C-organik, N total, P dan K, dan pH. Kualitas lumpur hasil samping biogas dari limbah biogas berbahan dasar rumen dan darah sapi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Kualitas pupuk cair limbah biogas kombinasi rumen dan darah sapi

Komponen		Nilai	Kriteria	Standar Mutu*
pH	R ₁₀₀ D ₀	5.32	Baik	4 - 9
	R ₇₀ D ₃₀	6.69		
	R ₄₀ D ₆₀	6.92		
C-Organik (%)	R ₁₀₀ D ₀	0.14	Kurang Baik	Min 10
	R ₇₀ D ₃₀	0.24		
	R ₄₀ D ₆₀	1.2		
Nitrogen (%)	R ₁₀₀ D ₀	1.5		
	R ₇₀ D ₃₀	4		
	R ₄₀ D ₆₀	12.2		
Phosfor (%)	R ₁₀₀ D ₀	0.3	Baik	2 - 6
	R ₇₀ D ₃₀	0.2		
	R ₄₀ D ₆₀	0.2		
Kalium (%)	R ₁₀₀ D ₀	0.3		
	R ₇₀ D ₃₀	0.2		
	R ₄₀ D ₆₀	0.14		

sumber: Ibadurrohman (2022)

* Kepmentan No. 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah

Pupuk cair berasal dari limbah biogas berbahan dasar kombinasi darah dan rumen sapi dengan konsentrasi yang berbeda, pupuk cair R₁₀₀D₀ merupakan limbah biogas berbahan dasar 100% rumen sapi, pupuk cair R₇₀D₃₀ merupakan limbah biogas berbahan dasar 70% rumen sapi dan 30% darah sapi, sedangkan pupuk cair R₄₀D₆₀ merupakan limbah biogas berbahan dasar 40% rumen sapi dan 60% darah sapi. Proses pengolahan biogas dilakukan dengan cara fermentasi selama 35 hari hingga menghasilkan biogas, lalu hasil samping pengolahan biogas berupa lumpur hasil samping biogas diambil dan dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair.

Nilai pH yang dihasilkan pada semua pupuk cair lumpur hasil samping biogas (pH 5,32 – 6,92) telah sesuai dengan Standar mutu (pH 4-9) sesuai

Kepmentan No. 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah. Nilai pH pupuk memiliki pengaruh penting untuk menentukan penyerapan ion-ion unsur hara oleh tanaman. Umumnya unsur hara mudah diserap oleh tanaman pada pH 5.5 – 7, kondisi pH juga dapat menentukan perkembangan mikroorganisme pengurai bahan organik akan tumbuh dengan baik. Pupuk yang diaplikasikan dan menyebabkan tanah menjadi asam maka terdapat unsur aluminium (Al) yang dapat meracuni tanaman, sedangkan dalam kondisi basa akan ditemukan unsur natrium (Na) dan molybdenum (Mo) yang dapat meracuni tanaman (Sundari *et al.* 2014).

Kandungan C-organik pupuk lumpur buangan hasil samping biogas cair kombinasi rumen dan darah sapi (C-organik 0,14-1,2) tidak sesuai dengan Standar mutu Kepmentan No. 261 tahun 2019 yaitu minimal 10. Nilai C-organik kecil disebabkan oleh kandungan organik yang rendah diakhir proses fermentasi yang berkaitan dengan lamanya waktu fermentasi, karena adanya mikroba yang menggunakan karbon untuk berkembang biak. Mikroba mengambil energi untuk penguraian bahan organik dari kalori yang dihasilkan dalam reaksi biokimia, yaitu perubahan karbohidrat menjadi gas CO₂ dan H₂O yang terus menerus dan menyebabkan kandungan zat karbon dalam pupuk menjadi semakin rendah (Trivana *et al.* 2017). Nitrogen pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas yang diteliti sangat bervariasi mulai dari yaitu sangat tinggi sampai rendah namun tetap sesuai SNI yaitu minimal 0.5. Pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas R₁₀₀D₀ berasal dari limbah biogas 100% rumen sapi menghasilkan kadar N paling rendah karena menurut Jeung *et al.* (2016) isi rumen sapi memiliki kandungan nitrogen sebesar 2.5%. Sedangkan Pupuk cair dengan kandungan darah sapi yang tinggi menghasilkan pupuk cair dengan kandungan N tinggi juga, karena kandungan N dalam darah sapi sebesar 15.8% (Jeung *et al.* 2016). Selain itu, tingginya N dipengaruhi oleh lamanya fermentasi hal ini terjadi karena adanya proses dekomposisi yang dilakukan oleh mikroorganisme yang menghasilkan ammonia dan nitrogen (Tallo dan Sio 2017). Kandungan fosfor (P) dan kalium (K) pada pupuk lumpur buangan hasil samping biogas tidak begitu bervariasi dan terbilang baik. Menurut Tallo dan Sio (2017) semakin lama fermentasi maka kandungan fosfor dan kalium akan tinggi. Kandungan fosfor dipengaruhi oleh nitrogen, semakin tinggi kandungan nitrogen menyebabkan multiplikasi mikroorganisme yang merombak fosfor akan meningkat sehingga kandungan fosfor menjadi tinggi. Tingginya kandungan kalium dipengaruhi oleh laman waktu terbentuknya asam organik selama proses penguraian sehingga menyebabkan daya larut unsur Ca, P, dan K menjadi lebih tinggi. Kandungan unsur hara N, P, K dari pupuk cair lumpur hasil samping biogas sudah sesuai dengan Standar mutu Kepmentan No. 261 tahun 2019 sebesar 2-6%.

4.8. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui respon pertumbuhan tanaman dalam pemberian pupuk organik dan anorganik (Malik 2014). Hasil pengamatan tinggi tanaman bayam disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Tinggi tanaman bayam hijau dengan pemberian pupuk organik dan anorganik yang berbeda (cm)

Perlakuan	1 mst	2 mst	3 mst	4 mst
P0	$1.5 \pm 0.17a$	2.57 ± 0.25	$5.27 \pm 0.25ab$	$15.5 \pm 1.32a$
P1	$0.9 \pm 0.12b$	2.23 ± 0.40	$5.33 \pm 0.35ab$	$10.67 \pm 0.57b$
P2	$1.37 \pm 0.25a$	2.47 ± 0.35	$4.83 \pm 0.28b$	$5 \pm 0.3c$
P3	$0.93 \pm 0.05b$	2.17 ± 0.32	$5 \pm 0.1ab$	$5.17 \pm 0.76c$
P4	$1.2 \pm 0.1ab$	2.53 ± 0.05	$6.1 \pm 0.85a$	$11.16 \pm 0.76b$

sumber: Ibadurrohman, 2022

angka yang disertai huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang berbeda nyata

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk lumpur hasil samping biogas berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap tinggi tanaman bayam hijau (*Amaranthus sp*) pada setiap perlakuan. Tinggi tanaman bayam umur 1 mst pada perlakuan kontrol (P0) tidak berbeda nyata dengan P2 namun memiliki hasil yang berbeda nyata dengan P1 dan P3, sedangkan P4 memiliki hasil yang tidak berbeda nyata ataupun tidak sama dengan perlakuan lainnya. Tinggi tanaman bayam umur 2 mst memiliki tinggi yang seragam dan tidak bervariasi. Minggu ketiga setelah masa tanam, tinggi tanaman bayam memiliki hasil yang berbeda nyata pada P2 dan P4 sedangkan pada P0 tidak berbeda nyata dengan P2 dan P3. Pada minggu terakhir yaitu umur 4 minggu, tinggi tanaman bayam dengan perlakuan kontrol memiliki hasil yang berbeda nyata dengan semua perlakuan, sedangkan P1 dan P4 memiliki tinggi yang berbeda nyata dengan P2 dan P3.

Tinggi tanaman dengan hasil terbaik terdapat pada perlakuan kontrol (P0) yaitu 15.5 cm pada umur 4 mst. Tinggi tanaman bayam dengan perlakuan kontrol (P0) memiliki hasil yang tidak berbeda nyata dengan penelitian Fauzila *et al.* (2021) disebutkan bahwa tinggi tanaman bayam dengan pemberian pupuk organik cair komersial merek NASA pada umur 4 mst yaitu 16.08 cm. Tinggi tanaman bayam hijau pada setiap minggu mengalami kecepatan yang sama, namun pada minggu ke 4 memiliki kecepatan yang lebih signifikan terutama pada perlakuan kontrol. Menurut Ritonga *et al.* (2021) tanaman bayam hijau memiliki pertumbuhan yang cepat karena tanaman bayam hijau memiliki kandungan klorofil tinggi didalam daun. Kandungan klorofil memiliki kolerasi yang nyata dan positif terhadap tinggi tanaman bayam Sarker *et al.* (2014) dalam Ritonga *et al.* (2021). Pemberian pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas memiliki pengaruh terhadap tinggi tanaman bayam hijau (*Amaranthus sp*). Tinggi tanaman P4 dengan pemberian pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas R₄₀D₆₀ memiliki tinggi yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol negatif (P1). Namun pemberian lumpur buangan hasil samping biogas cair R₁₀₀D₀ dan R₇₀D₃₀ memiliki hasil yang tidak baik terhadap tinggi tanaman bayam hijau. Setelah umur minggu ke-3 tanaman bayam P2 dan P3 mengalami pertumbuhan lambat, tanaman bayam kerdil dan daun menguning. Hal tersebut dapat disebabkan oleh kandungan Nitrogen yang kecil dibandingkan dengan P4. Menurut Winarni *et al.* (2013) tanaman yang kekurangan unsur N akan mengalami pertumbuhan lambat, kerdil, daun hijau menjadi kekuningan, dan daunnya sempit. Nitrogen merupakan unsur yang dibutuhkan oleh tanaman dalam pertumbuhan, tanaman yang kekurangan N akan menjadi kerdil, daun menjadi kuning dan gugur, serta pertumbuhan akar terbatas.

4.9. Jumlah Daun

Bagian daun merupakan bagian utama yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat (Segheloo *et al.* (2014). Kualitas tanaman bayam dipengaruhi oleh jumlah daun, hal ini berhubungan dengan ketersediaan unsur hara didalam tanah yang terserap dan digunakan oleh daun. Berdasarkan hasil penelitian jumlah daun tanaman bayam disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Jumlah daun tanaman bayam hijau dengan pemberian pupuk organik dan anorganik yang berbeda

Perlakuan	1 mst	2 mst	3 mst	4 mst
P0	2.00 ± 0.00	4.00 ± 0.00	$6.67 \pm 1.15a$	$9.00 \pm 1.00a$
P1	2.00 ± 0.00	2.33 ± 0.57	$5 \pm 1ab$	$8.33 \pm 0.57a$
P2	2.00 ± 0.00	3.33 ± 0.57	$3.67 \pm 0.57b$	$4.33 \pm 0.57b$
P3	2.00 ± 0.00	3.00 ± 1.00	$3.67 \pm 0.57b$	$4.67 \pm 0.57b$
P4	2.00 ± 0.00	3.66 ± 0.57	$6.33 \pm 1.52ab$	$8.67 \pm 0.57a$

sumber: Ibadurrohman, 2022

Angka yang disertai huruf berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas yang berbeda memiliki pengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap jumlah daun tanaman bayam pada minggu ke-3 dan 4. Sedangkan pada minggu ke-1, dan 2 memiliki hasil yang tidak berbeda nyata dalam setiap perlakuan. Jumlah daun terbaik dimiliki oleh tanaman bayam dengan perlakuan kontrol positif (P0). Tidak berbeda jauh dengan penelien Fauzila *et al.* (2021) pada tanaman bayam merah dengan pemberian pupuk organik cair merek NASA dihasilkan rata-rata jumlah daun yaitu 11.42. Penelitian Ritonga *et al.* (2021) menyebutkan bahwa tanaman bayam hijau memiliki jumlah per tanaman lebih sedikit dibandingkan dengan bayam merah.

Jumlah daun mengalami peningkatan pada P0, P1, dan P4 dapat dilihat pada Tabel 7 saat tanaman bayam berumur 4 mst ketiga perlakuan tersebut memiliki hasil yang sama atau tidak berbeda nyata. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh tinggi tanaman, karena dibandingkan dengan P2 dan P3 yang memiliki tinggi lebih pendek maka memiliki jumlah daun yang lebih sedikit oleh karena itu jumlah daun tanaman bayam P0, P1, dan P4 memiliki hasil yang berbeda nyata dengan P2 dan P3. Menurut Goldsworthy (1992) dalam Fauzila *et al.* (2021), dengan bertambahnya tinggi maka jumlah nodus akan bertambah dikarenakan daun muncul dari nodus begitu pula sebaliknya. Jumlah daun tanaman bayam P2 dan P3 mengalami penambahan daun yang lambat saat berumur 2 mst hingga 4 mst salah satu penyebabnya yaitu kurangnya unsur hara dalam tanah sehingga ketersediaannya tidak cukup bagi tanaman dan menyebabkan proses perkembangan tidak normal, unsur hara sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif salah satunya bagi pertumbuhan jumlah daun (Anastasia *et al.* 2014). Pada tabel 2 disebutkan bahwa hasil uji pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas R₁₀₀D₀ dan R₇₀D₃₀ memiliki kandungan C-organik dan nitrogen yang terbilang kecil. Menurut Gardner dan Roger (1991) dalam Latifah *et al.* (2012) menyebutkan bahwa hal utama berlangsungnya pertumbuhan tanaman itu ditentukan oleh air dan nitrogen. Lingga

& Marsono (2008) menyatakan bahwa unsur N dan K berfungsi untuk merangsang pertumbuhan daun serta berperan untuk memperkuat daun agar tidak gugur, yang menjadi faktor penyebab bertambahnya jumlah daun pada tanaman bayam adalah adanya tercukupinya suplay hara ke dalam tanaman

4.10. Diameter Batang

Diameter batang tanaman bayam hijau dengan pemberian pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas memiliki hasil yang bervariasi. Berdasarkan penelitian diameter batang tanaman bayam disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Diameter batang tanaman bayam hijau dengan pemberian pupuk organik dan anorganik yang berbeda

Perlakuan	1 mst	2 mst	3 mst	4 mstT
P0	0.18 ± 0.02	$0.35 \pm 0.05a$	$1.06 \pm 0.11a$	$2.00 \pm 0.3a$
P1	0.11 ± 0.02	$0.23 \pm 0.05ab$	$0.76 \pm 0.05b$	$1.06 \pm 0.11b$
P2	0.10 ± 0.00	$0.26 \pm 0.05ab$	$0.33 \pm 0.05c$	$0.56 \pm 0.11c$
P3	0.10 ± 0.00	$0.27 \pm 0.05ab$	$0.30 \pm 0.00c$	$0.57 \pm 0.05c$
P4	0.13 ± 0.05	$0.20 \pm 0.00b$	$0.83 \pm 0.05b$	$1.20 \pm 0.10b$

sumber: Ibadurrohman, 2022

Angka yang disertai huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang berbeda nyata

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas memiliki pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0.05$) terhadap diameter batang tanaman bayam umur ke-2, 3, dan 4 mst. Sedangkan pada tanaman bayam umur 1 mst memiliki hasil yang tidak berbeda nyata terhadap pemberian pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas. Pertumbuhan diameter batang terbaik dimiliki oleh tanaman bayam dengan perlakuan kontrol karena setiap minggu mengalami kenaikan, namun diameter batang tanaman bayam P0 terbilang kecil karena tidak sesuai dengan penelitian Ritonga *et al.* (2021) yang menjelaskan bahwa diameter batang tanaman bayam hijau saat umur panen yaitu sebesar 6.10 mm, sedangkan pada Tabel 8 diameter batang tanaman bayam hijau yaitu sebesar 2.00 mm. Pertumbuhan diameter batang tanaman bayam hijau dapat dipengaruhi oleh unsur hara dan air dalam tanah yang belum bisa memenuhi kebutuhan tanaman, apabila unsur hara mencukupi maka pertumbuhan tanaman pun akan baik.

Pemberian pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas terhadap tanaman bayam memiliki hasil yang tidak baik terutama pada tanaman P2 dan P3 karena mengalami pertumbuhan yang lambat dimulai dari umur 2 mst dan memiliki hasil yang berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya. Sedangkan diameter batang tanaman bayam dengan pemberian cair lumpur buangan hasil samping biogas P4 memiliki hasil yang sama nyata dengan control negatif P2 namun berbeda nyata dengan perlakuan kontrol positif. Menurut Kurniawan dan Utami (2014) pertambahan diameter batang pada tanaman disebabkan oleh aktivitas jaringan meristem tanaman yang dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara yang diserap dan diangkut dari dalam tanah serta hasil fotosintesis. Apabila unsur hara dalam tanah dapat mencukupi kebutuhan tanaman maka organ-organ tanaman akan tumbuh

dangan baik, salah satunya yaitu batang tanaman. Batang tanaman akan bertambah besar jika unsur hara dan air yang membantu aktivitas mistes tanaman sudah terpenuhi.

4.11. Berat Segar Tanaman

Berat segar merupakan salah satu parameter yang sering digunakan untuk mengetahui kualitas tanaman. Berat segar tanaman merupakan berat tanaman setelah dipanen diukur sebelum tanaman layu dan kehilangan air. Berat segar tanaman merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman karena mencerminkan kemampuan dalam penyerapan unsur hara serta proses metabolisme yang terjadi pada tanaman. Hasil berat segar tanaman bayam disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Berat segar tanaman bayam hijau dengan pemberian pupuk organik dan anorganik yang berbeda

Perlakuan	Berat Segar Tanaman Bayam Hijau (gram)
P0	$1.00 \pm 0.10a$
P1	$0.43 \pm 0.05b$
P2	$0.10 \pm 0.00c$
P3	$0.10 \pm 0.00c$
P4	$0.60 \pm 0.10b$

sumber: Ibadurrohman, 2022

Angka yang disertai huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p < 0.05$)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap berat segar tanaman bayam hijau (*Amaranthus* sp). Berat segar tanaman yang diberi pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas memiliki hasil yang berbeda nyata terhadap tanaman bayam dengan perlakuan kontrol, namun berat segar tanaman bayam P4 memiliki hasil yang sama nyata dengan tanaman bayam P2 (kontrol negatif). Berat segar tanaman bayam terbaik dimiliki oleh P0 (kontrol) yaitu sebesar 1 gram. Berat segar tanaman bayam terbilang kecil karena tidak sesuai dengan penelitian Ritonga *et al.* (2021) yang menyebutkan bahwa berat kering tanaman bayam hijau sebesar 8 – 16 gram tergantung varietas bayam tersebut. Kecilnya berat segar bayam yang dihasilkan pada penelitian ini dapat disebabkan oleh kurangnya nutrisi dan unsur hara yang didapatkan oleh tanaman, sehingga tanaman bayam tidak tumbuh dengan baik. Selain itu, berat segar tanaman bayam juga dipengaruhi oleh parameter lain seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Semakin tinggi parameter tersebut, maka akan semakin besar berat segar tanaman.

Tanaman bayam yang diberi pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas memiliki berat segar terbaik pada tanaman P4 dengan pemberian cair lumpur buangan hasil samping biogas R₇₀D₃₀ yaitu sebesar 0.6 gram, namun memiliki hasil yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol positif (P0) dan memiliki hasil yang sama nyata terhadap P1 (kontrol negatif).

4.12. Berat Kering Tanaman

Berat kering merupakan salah satu indikator proses metabolisme tanaman karena ketika proses metabolisme meningkat maka bahan kering yang dihasilkan juga akan meningkat, begitu pula sebaliknya apabila aktivitas metabolisme turun maka berat kering juga akan mengalami penurunan (Taiz dan Zieger 2010). Semakin besar berat kering tanaman menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman berjalan dengan baik. Hasil berat kering tanaman disajikan pada Tabel 10.

Tabel 6 Berat kering tanaman bayam hijau dengan pemberian pupuk organik dan anorganik yang berbeda

Perlakuan	Berat Kering Tanaman Bayam Hijau (gram)
P0	$0.04 \pm 0.005a$
P1	$0.01 \pm 0.005c$
P2	$0.00 \pm 0.00d$
P3	$0.00 \pm 0.00d$
P4	$0.02 \pm 0.005b$

sumber: Ibadurrohman, 2022

Angka yang disertai huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p < 0.05$)

Berdasarkan hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas memiliki hasil yang berbeda nyata ($p < 0.05$) terhadap berat kering tanaman bayam hijau. Bobot kering tanaman bayam yang diberi perlakuan pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas memiliki hasil yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman bayam P0 (kontrol) terutama pada tanaman P2 dan P3 berat kering tidak dapat ditunjukkan karena sangat kecil. Tanaman bayam P4 memiliki hasil berat kering yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman bayam P2 (kontrol negatif) hal ini dapat disebabkan oleh parameter lainnya yang menjelaskan bahwa tanaman P4 lebih baik dibandingkan dengan kontrol negatif. Selain itu, berat kering tanaman dipengaruhi oleh berat segar tanaman, apabila berat segar tanaman besar maka berat kering tanaman pun akan besar.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Penambahan darah pada pembuatan biogas dengan bahan dasar isi rumen sapi pada taraf 0, 30 dan 60% tidak berpengaruh nyata terhadap volume produksi biogas yang dihasilkan. Namun pada penambahan darah yang lebih tinggi menyebabkan biogas yang dihasilkan tidak dapat dibakar. Penambahan darah sapi dengan konsentrasi yang lebih sedikit menghasilkan biogas yang lebih baik.

Kualitas pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas belum memenuhi standar nasional Indonesia. Pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas terbaik dimiliki oleh pupuk dari lumpur buangan hasil sampingan biogas perlakuan 40% isi rumen dan 60% darah sapi. Pemberian pupuk cair lumpur buangan hasil samping biogas bagi tanaman bayam hijau (*Amaranthus sp*) belum mampu menggantikan pupuk komersial dosis 100% namun dapat menggantikan pupuk komersial dosis 50%.

5.2. Saran

Penelitian pembuatan biogas dari isi rumen sapi dan darah sapi dapat dikembangkan dengan melakukan penelitian lanjutan dengan penambahan bahan organik tinggi kandungan C. Penelitian ini juga dapat dikembangkan dengan melakukan pembuatan biogas dari jenis kotoran lain dengan penambahan darah sapi.

Perlu peningkatan kualitas pupuk cair lumpur buangan hasil sampingan biogas agar memenuhi standar SNI dengan penambahan bahan yang dapat meningkatkan kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Chotimah SN. 2010. Pembuatan biogas dari limbah makanan dengan variasi dan suhu substrat dalam biodigester anaerob. [Skripsi]. Surakarta: Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Dewi TK, Dewi CK. 2014. Pembuatan gas bio dari serbuk gergaji, kotoran sapi, dan larutan EM4. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(20): 1-9.
- Ernawati H, Chotimah NC, Kresnatita S, Ichriani GI. 2015. Pemanfaatan limbah darah sapi dan kiambang sebagai pupuk ramah lingkungan untuk mendukung pertanian lahan gambut yang berkelanjutan. *Udayana Mengabdi*. 14 (1):13 – 17.
- Felix AS, Paramitha SBU, Ikhsan D. 2019. Pembuatan biogas dari sampah sayuran. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 1(1): 103-108.
- Haryanto A, Okfrianas R, Rahmawati W. 2019. Pengaruh komposisi subtrat dari kombinasi kotoran sapi dan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap produktivitas biogas pada digester semi kontinu. *Jurnal Rekayasa Proses*. 13(1): 47-56.
- Ihsan A, Bahri S, Musafira. 2013. Produksi biogas menggunakan cairan isi rumen sapi dengan limbah cair tempe. *Jurnal of Natural Science*. 2(2): 27-35.
- Irawan D, Suwanto E. 2016. Pengaruh EM4 (*Effective microorganisme*) terhadap produksi biogas menggunakan bahan baku kotoran sapi. *Jurnal Turbo*. 5(1): 44-49.
- Jeung JH, Moon DH, Chang SW. 2016. Methane Potential of Various Organic Wastes: Study of Biochemical Methane Potential (BMP) Test Before Co-Digestion. Di dalam: Saha B, editor. *Environmental Science and Sustainable Development*. International Conference on Environmental Science and Sustainable Development (ICESSD 2015); 2015 Okt 25-26; Bangkok, Thailand; India: University of Burdwan. hlm 283-288.
- Juraida A, Prambudia Y, Rahman A. 2019. Studi pemanfaatan biogas dari limbah rumah potong hewan untuk mendukung ketahanan energi di Kota Bandung. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*. 7(1):26-37.
- Kocu Y, Hariadi BT, Rumetor SD. 2018. Potensi isi rumen sapi asal rumah potong hewan sebagai pakan ternak ruminansia di Kabupaten Manokwari. *Jurnal Ilmu Peternakan dan Veteriner Tropis*. 8(2):56 – 65.
- Ni'mah L. 2014. Biogas from solid waste of tofu production and cow manure mixture: composition effect. *Chemica*. 1(1): 1-9.
- Nisrina H, Andarani P. 2018. Pemanfaatan limbah tahu skala rumah tangga menjadi biogas sebagai upaya teknologi bersih di laboratorium pusat teknologi lingkungan-BPPT. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. 15(2): 139-147.
- Said MF. 2016. *By Product Ternak, Teknologi dan Aplikasinya*. Bogor: IPB Press.
- Steel R, Torrie JK. 1997. *Prinsip dan Prosedur Statistik*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wahyuni S. 2013. *Panduan praktis biogas*. Jakarta: Penebar Swadaya Grup.
- Wati L, Ahda Y, Handayani D. 2014. Pengaruh volume cairan rumen sapi terhadap bermacam feses dalam menghasilkan biogas. *Jurnal Sainstek*. 6(1): 43-51.
- Ramli, Hartono. 2015. Produksi biogas limbah isi rumen sapi asal Rumah Pemotongan Hewan (RPH). *Jurnal Bionature*. 16(2):122-126.

- Budiyono B, Muttaqin I, Febriatiningrum RD, Matin HHA. 2021. Effects of comparison of feed composition, pH, and preliminary treatment of biogas production from cow blood waste and molasses. *Waste Technology*. 9(1): 11-19.
- Abdurachman O, Mutiara M, Buchori L. 2013. Pengikatan karbon dioksida dengan mikroalga (*Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas sp.*, *Spirulina sp.*) dalam upaya untuk meningkatkan kemurnian biogas. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(4): 212-216.
- Anastasia I, Izzati M, Suedy S W A. 2014. Pengaruh pemberian kombinasi pupuk organik padat dan organik cair terhadap porositas tanah dan pertumbuhan tanaman bayam (*Amarantus tricolor L.*). *Jurnal Akademika Biologi*. 3(2): 1-10.
- Apriliani I N, Heddy S, Suminarti N E. 2016. Pengaruh kalium pada pertumbuhan dan hasil dua varietas tanaman ubi jalar (*Ipomea batatas (L.) Lamb*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(4): 264-270.
- Basri E. 2017. Potensi dan pemanfaatan rumen sapi sebagai bioaktivator. In *Prosiding Seminar Nasional Agroidinovasi Spesifik Lokasi Untuk Ketahanan Pangan Pada Era Masyarakat Ekonomi ASEAN*. 1053-1059.
- Damanik L H, Husodo A H, Gunawan T. 2014. Pemanfaatan feses ternak sapi sebagai energi alternatif biogas bagi rumah tangga dan dampaknya terhadap lingkungan. *Jurnal Teknosains*. 4(1): 54-64.
- Dharmayanti N K S, Supadma A N, Arthagama I D M. 2013. Pengaruh pemberian biourine dan dosis pupuk anorganik (N, P, K) terhadap beberapa sifat kimia tanah Pegok dan hasil tanaman bayam (*Amaranthus sp.*). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 2(3): 165-174.
- Ernawati H, Chotimah NC, Kresnatita S, Ichriani GI. 2015. Pemanfaatan limbah darah sapi dan kembang sebagai pupuk ramah lingkungan untuk mendukung pertanian lahan gambut yang berkelanjutan. *Udayana Mengabdi*. 14 (1):13 – 17.
- Hilmi A, Laili S, Rahayu T. 2018. Pengaruh pemberian limbah biogas cair dan padat (bio slurry) sebagai pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea*). *Jurnal Sains Alami (Known Nature)*. 1(1): 65-73.
- Indrawan R M, Yafizham Y, Sutarno S. 2018. Respon tanaman kedelai terhadap pemupukan kombinasi *bio-slurry* dengan urea. *Journal of Agro Complex*. 2(1): 36-42.
- Kusumawati K, Muhartini S, Rogomulyo R. 2015. Pengaruh konsentrasi dan frekuensi pemberian limbah tahu terhadap pertumbuhan dan hasil bayam (*Amaranthus tricolor L.*) pada media pasir pantai. *Vegetalika*, 4(2): 48-62.
- Mufairoh L, Laili S, Rahayu T. 2018. Pengaruh pemberian hasil samping pembuatan biogas sebagai pupuk organik cair terhadap pertumbuhan bawang merah (*Allium cepa L.*). *Jurnal Sains Alami (Known Nature)*. 1(1):39-45.
- Mulqan M, Rahimi S A E, Dewiyanti I. 2017. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan nila gesit (*Oreochromis niloticus*) pada sistem akuaponik dengan jenis tanaman yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. 2(1): 193-193.
- Novitamala C B, Suwerda B, Werdiningsih I. 2015. Efektifitas berbagai dosis bio-slurry sebagai bumbu kompos terhadap waktu pembentukan dan kualitas

- kompos di dusun Gadingharjo, Donotirto, Kretek, Bantul. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 7(2): 51-58.
- Ozturk B. 2013. Evaluation of biogas production yields of different waste materials. *Earth Science Research*. 2(1):165-174.
- Said MF. 2016. *By Product Ternak, Teknologi dan Aplikasinya*. Bogor: IPB Press.
- Steel R, Torrie JK. 1997. *Prinsip dan Prosedur Statistik*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Susilo DEH. 2015. Identifikasi nilai konstanta bentuk daun untuk mengukur luas daun metode panjang kali lebar pada tanaman hortikultura di tanah gambut. *Anterior*. 14(2):139-146.
- Winarni E, Ratnani R D, Riwayati I. 2013. Pengaruh jenis pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman kopi. *Jurnal Ilmiah Momentum*. 9(1): 35-39.

