

III. METODE PENELITIAN

A. BAHAN DAN ALAT

Bahan utama yang diperlukan adalah limbah padat pertanian berupa jerami padi dari wilayah Bogor. Jerami dikecilkan ukurannya (dicacah) hingga ± 2 cm. Bahan lain adalah bahan-bahan kimia untuk analisis COD, TS, VS, TKN, dan PO_4 .

Peralatan yang digunakan adalah reaktor digester anaerobik skala laboratorium yang berbahan flexiglass dengan pirantinya, dan peralatan untuk analisa parameter yang diuji seperti *COD analyzer*, *Kjeldahl apparatus*, pH meter, spektrofotometer, pompa, dan alat-alat gelas lainnya.

B. METODOLOGI

1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan, tren produksi biogas pada skala kecil dan pengaruh pengaturan suhu (mesofilik) terhadap produksi biogas.

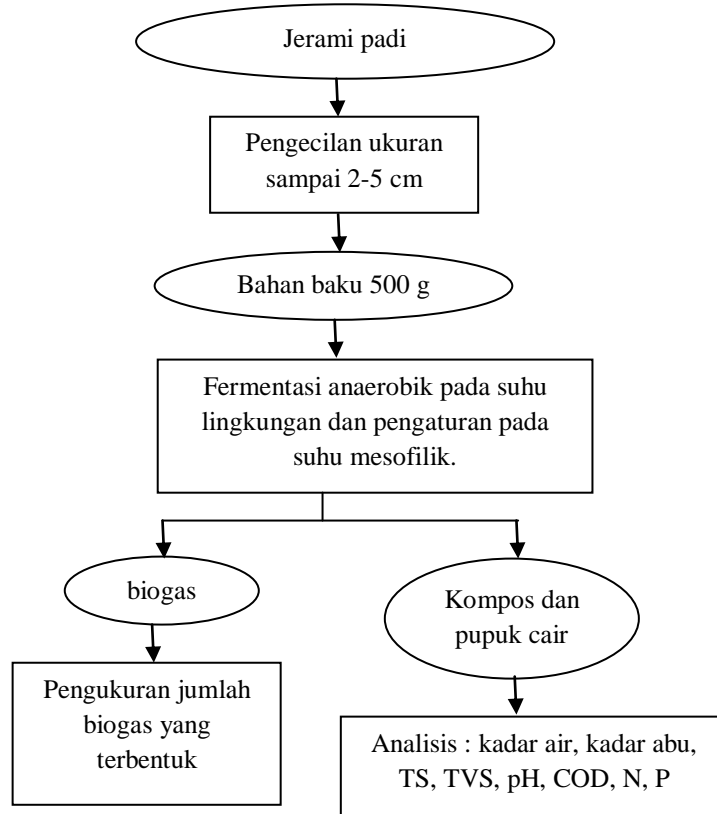
Karakterisasi bahan yang dilakukan adalah : kadar air, kadar abu, kadar nitrogen (metode kjeldahl), COD, *total solid (TS)* dan *total volatile solid (TVS)*. Pengukuran tren produksi dilakukan dengan menggunakan reaktor skala kecil, dengan ukuran 1, 5 liter (Gambar 2). Bahan yang difermentasikan adalah jerami padi kering dan jerami busuk (dibiarkan tiga bulan disawah) yang telah dicacah (2 cm) dengan penambahan air (kadar air 70 %) dan berat 0,5 kg.

Pada penelitian pendahuluan tahap pertama bahan difermentasikan dalam reaktor tanpa pengaturan suhu (suhu lingkungan) dengan bahan yang digunakan adalah jerami kering dan jerami busuk. Lama waktu tinggal bahan adalah 45 hari (sampai gas tidak dihasilkan). Dari penelitian pendahuluan pertama ini didapatkan data produksi gas dari bahan jerami kering dan jerami busuk.



Gambar 2. Reaktor biogas skala 1,5 L

Penelitian pendahuluan kedua, bahan yang memproduksi biogas terbanyak dari hasil penelitian pendahuluan sebelumnya difermentasikan dengan pengaturan suhu (mesofilik), guna mendapatkan data produksi gas yang terbaik dari bahan jerami kering dan jerami busuk pada kondisi suhu yang dibuat konstan (mesofilik) dan suhu lingkungan. Pada Gambar 3 berikut adalah diagram alir proses penelitian pendahuluan yang dilakukan.

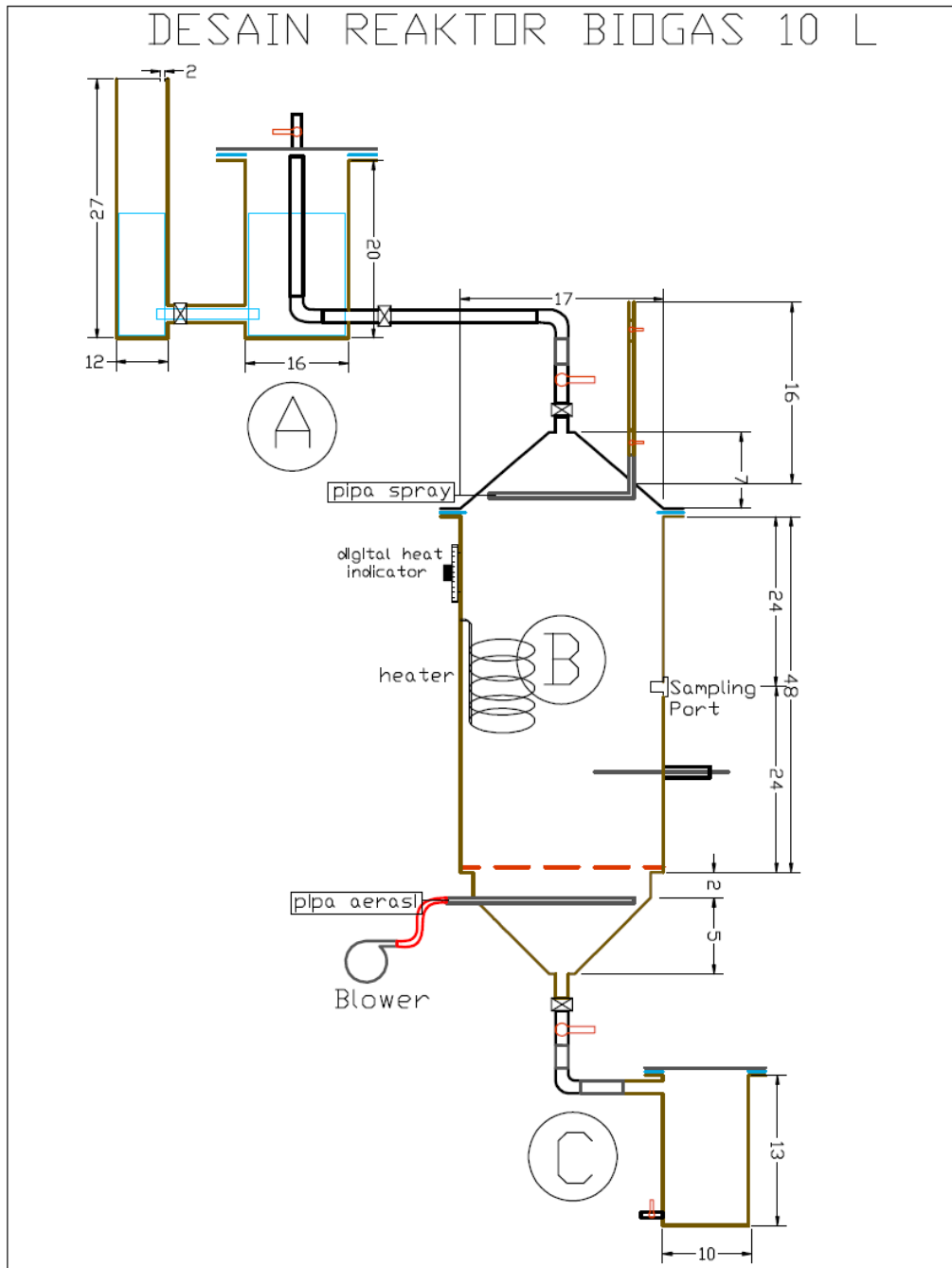


Gambar 3. Diagram alir penelitian pendahuluan

2. Penelitian Utama

A. Desain Reaktor Biogas

Penelitian utama dilakukan dengan menggunakan reaktor biogas skala 10 liter. Hasil penelitian pendahuluan digunakan untuk mengetahui karakteristik baha, pengaruh suhu pada produksi gas optimal. Berikut adalah gambar desain reaktor yang digunakan ;



Ket : (A) Penampung gas; (B) Digester, (C) Penampung air lindi

Gambar 4. Desain reaktor biogas 10 liter

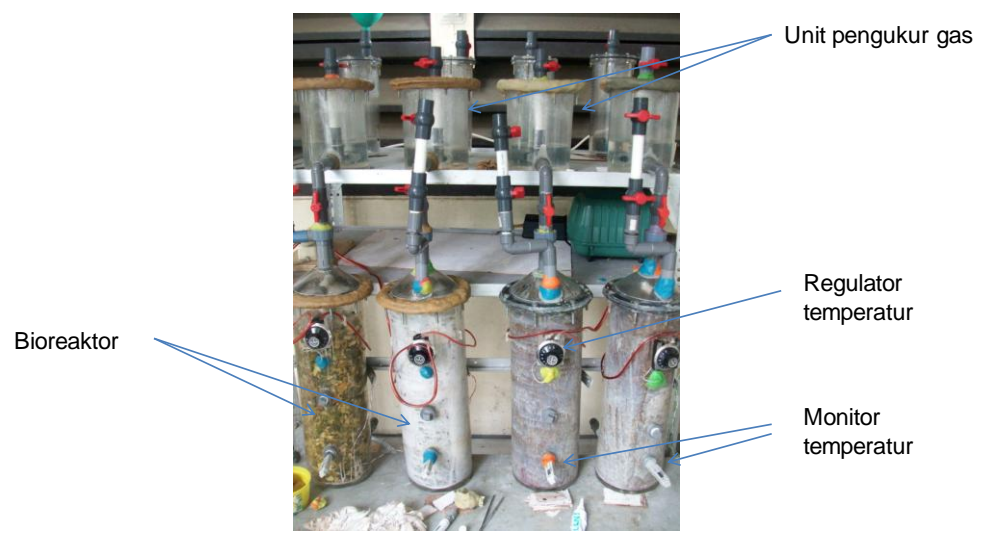
Pada Gambar 4 terlihat bahwa reaktor biogas yang digunakan terdiri atas tiga bagian yaitu : Bagian penampung gas (A), digester (B), dan Bagian penampung cairan lindi. Bahan (limbah jerami padi) akan difermentasikan di dalam bagian digester (A) yang dilengkapi dengan elemen pemanas (*heater*) dan pengatur suhu, guna menjaga suhu pada kisaran 35-40 °C (mesofilik). Selain itu juga terdapat pengontrol suhu (*thermometer*) dan lubang sampling. Pada proses fermentasi bahan akan dihasilkan gas yang akan mengalir ke atas melalui pipa menuju tempat penampungan gas (bagian B).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tempat penampungan gas ini tersambung dengan tabung pengukur gas, pada dua tabung ini sebelumnya telah diisi dengan air. Cara pengukuran gas yang dihasilkan adalah dengan menggunakan keseimbangan cairan. Gas yang dihasilkan dari proses fermentasi pada digester (Bagian A) akan terkumpul pada tabung pengumpul gas, kemudian menekan air didalamnya, sehingga air posisi air pada tabung pengumpul gas akan turun dan pada tabung pengukur gas posisi air akan naik. Selisih posisi air awal dan pada tabung penampung gas akan turun dan pada tabung pengukur gas posisi air



Gambar 5. Foto reaktor biogas 10 L



Gambar 6. Unit pengukur volume lindi

Pada Gambar 5 dan Gambar 6 tampak reaktor yang digunakan dalam penelitian, yang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu : Digester (Gambar 5), penampung gas dan pengukur gas (Gambar 5) dan penampung air lindi (Gambar 6). Air lindi hasil proses fermentasi didalam digester akan disirkulasi kedalam digester kembali untuk mempertahankan konsorsium mikroba didalam digester.

B. Perlakuan Percobaan

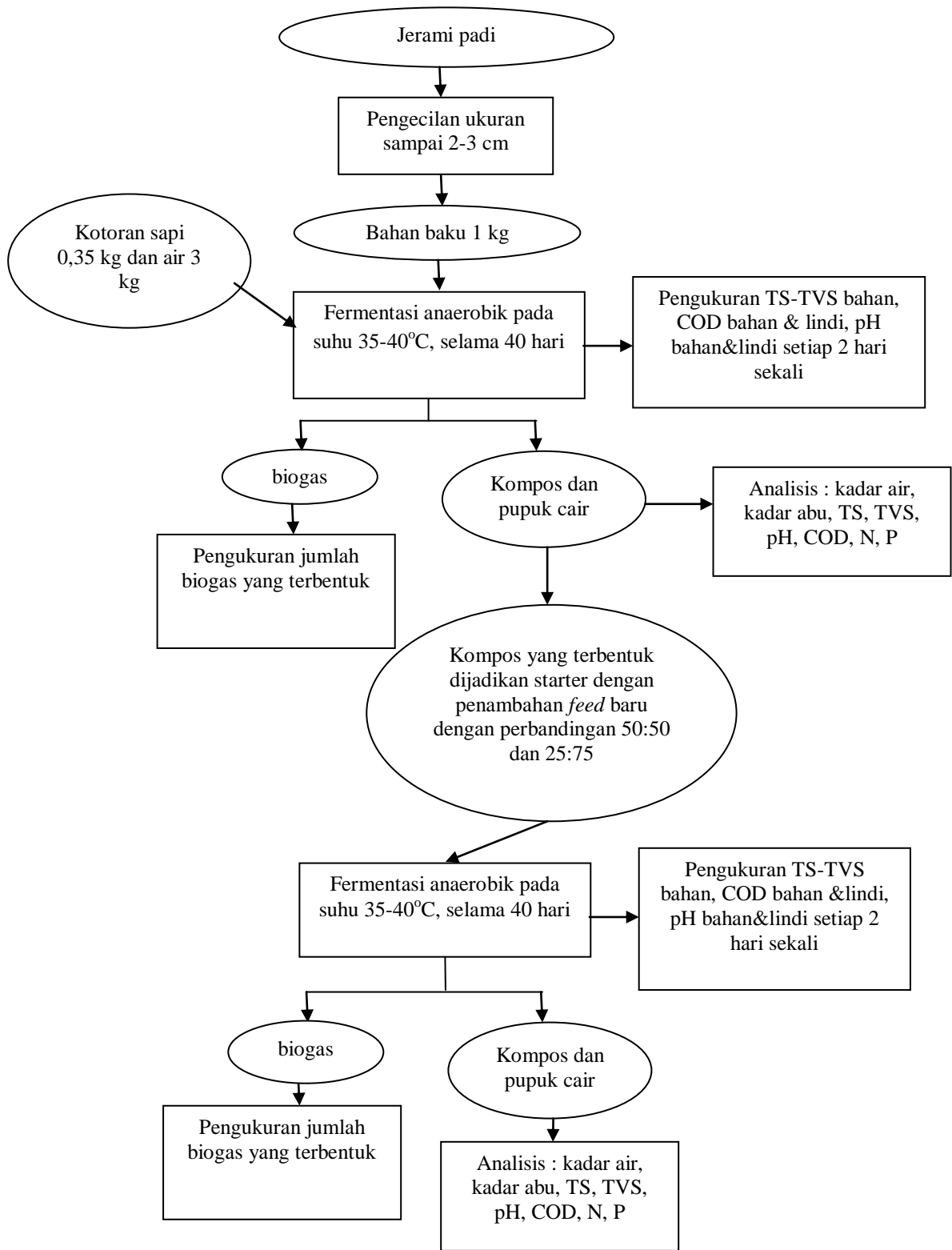
Bahan jerami yang digunakan adalah jerami yang didapatkan dari persawahan disekitar Kampus IPB Darmaga, dengan jarak dua minggu setelah dipanen. Bahan jerami padi dicacah terlebih dahulu dengan ukuran \pm 2-3 cm. Bobot jerami yang digunakan adalah satu (1) kg dan penambahan air adalah 3 kg. inokulum yang digunakan adalah kotoran sapi *fresh* yang didapat dari peternakan sapi Fakultas Peternakan IPB. Bobot inokulum kotoran sapi yang ditambahkan adalah sepertiga ($1/3$) dari bobot jerami, yaitu 3,35 kg. Berat total bahan yang akan difermentasikan didalam reaktor biogas adalah 4,35 kg. Di dalam reaktor suhu (*temperature*) dikontrol pada suhu 35 °C (Mesofilik optimum) dengan menggunakan pemanas (*heater*). Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua buah sebagai ulangan.

Perlakuan dalam penelitian ini adalah penambahan umpan (*feed*) baru dalam proses fermentasi jerami padi menjadi biogas. Sistem fermentasi bahan menjadi biogas dibuat dengan penambahan sejumlah tertentu bahan jerami padi. Perlakuan penambahan *feed* yang akan diamati adalah penambahan *feed* sebanyak 50% dan 75%. Setelah fermentasi bahan jerami awal (kontrol) selama 40 hari, kompos yang terbentuk ditambahkan *feed* baru dengan perbandingan 50:50 dan 25:75. Perlakuan pertama adalah penambahan *feed* sebanyak 50% dari bobot total, artinya sebanyak 2,175 kg kompos ditambah 2,175 kg bahan baru sebagai *feed*, kemudian dicampurkan atau dihomogenkan dan difermentasi anaerobik selama 40 hari. Perlakuan kedua adalah dengan penambahan 75% bahan baru dan 25% kompos sebagai inokulum. Sistem yang dengan penambahan *feed* 50% dan 75% dimaksudkan agar mempercepat dan meningkatkan produksi biogas. Bahan yang disisakan dari proses fermentasi sebelumnya akan menjadi inokulum pada fermentasi yang selanjutnya.

Parameter yang diamati meliputi: volume gas, kadar air, kadar abu, TS, TVS, pH lindi dan bahan, COD lindi dan bahan, kandungan N dan P untuk kompos dan pupuk cair, volume lindi yang terbentuk. Diagram alir penelitian utama dijelaskan pada Gambar 7.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 7. Diagram alir penelitian utama

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. KARAKTERISTIK BAHAN

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian adalah jerami yang diambil dari persawahan di Desa Cikarawang, belakang Kampus IPB Darmaga. Jerami telah didiamkan sekitar dua minggu setelah panen di areal persawahan. Inokulum yang digunakan adalah kotoran sapi *fresh* yang diambil dari kandang sapi Fakultas Peternakan, IPB Darmaga.

Tabel 4. Karakteristik bahan baku limbah jerami padi

Bahan Baku	Karakteristik	Nilai
Jerami Kering	Kadar Air (%)	18,7
	Kadar Abu (%)	28
	Total Solid (%)	81,3
	Total Volatile Solid (db) (%)	65,5
	Nitrogen (%)	0,5
	Karbon (%)	38
Kotoran Sapi	Kadar Air (%)	84,2
	Kadar Abu (%)	3,3
	Total Solid (%)	15,8
	Total Volatile Solid (db) (%)	78,9
	Nitrogen (%)	2,4
	Karbon (%)	45,8
Campuran Jerami dan kotoran Sapi (bahan yang digunakan), dengan perbandingan 3:1	Kadar Air (%)	77,8
	Kadar Abu (%)	7,5
	Total Solid (%)	22,2
	Total Volatile Solid (db) (%)	67
	Nitrogen (%)	1,2
	Karbon (%)	40,6
	C/N	35,1

Analisis bahan baku yang dilakukan meliputi parameter kadar air, kadar abu, total padatan, total padatan organik, kadar karbon (C), nitrogen (N), dan rasio C/N. Rasio C/N merupakan karakteristik penting dalam bahan organik yang nantinya berguna dalam proses pendegradasian bahan (Sulaeman 2007).

Hasil karakterisasi limbah padat jerami padi menunjukkan bahwa jerami padi terdiri atas 18,7% air, *total solid* 81,3%, nitrogen (N) 0,5%, dan karbon (C) 38% seperti tampak pada Tabel 4. Di Indonesia rata-rata kadar hara jerami padi adalah 0,4% N; 0,02 %P; 1,4 %K; dan 5,6% Si dan jerami padi mengandung 40-43% C (Makarim 2007).

Guna mengoptimalkan produksi biogas pada penelitian ini ditambahkan dengan kotoran sapi sebagai inokulum awal, karakteristik kotoran sapi yang digunakan seperti tampak pada Tabel 4. Bobot kotoran sapi yang ditambahkan adalah 1/3 dari bobot jerami. Laju produksi biogas dan kandungan CH₄ maksimum dihasilkan pada biogas dengan penambahan inokulum kotoran sapi dalam jerami dengan perbandingan 25% dan 75% (Hartono dan Kurniawan 2009). Penambahan inokulum kotoran sapi bertujuan untuk

meningkatkan kandungan nitrogen dalam bahan, yang akan digunakan untuk pertumbuhan bakteri dalam proses fermentasi.

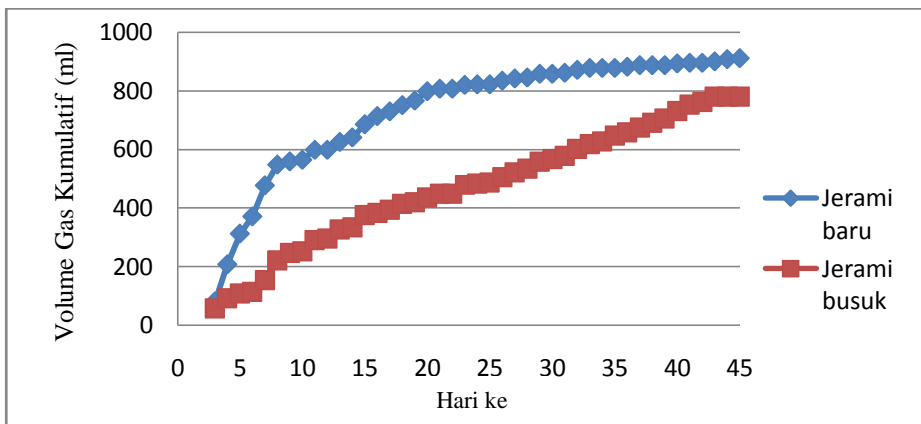
Dari sisi kuantitas, jerami padi merupakan salah satu limbah pertanian yang belum banyak dimanfaatkan di Indonesia. Jerami padi harganya sangat murah dan memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu mencapai 39%. Komposisi kimia lainnya yaitu hemiselulosa 27,5%, lignin 23,5% dan abu 10%. Potensi jerami kurang lebih 1,4 kali dari hasil panen (Makarim 2007).

B. PENELITIAN PENDAHULUAN

Pada penelitian ini dilakukan fermentasi bahan organik limbah pertanian menggunakan botol plastik dengan volume 1,5 liter. Bahan yang difermentasikan adalah jerami padi baru dan jerami padi busuk.

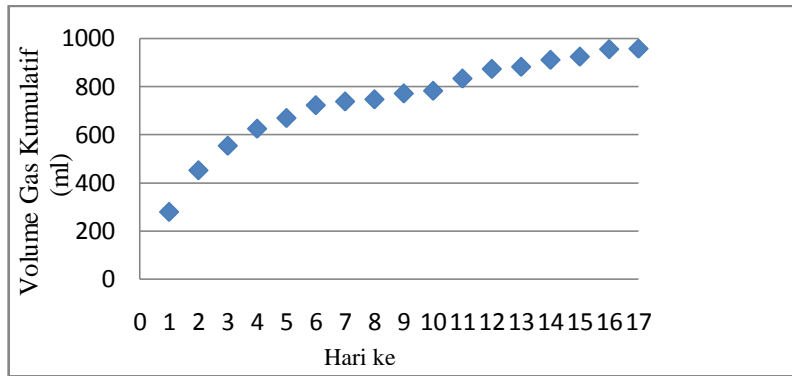
Pada fermentasi bahan organik tahap pertama tidak dilakukan pengaturan suhu (suhu lingkungan). Gas yang terbentuk pada awal proses fermentasi terbentuk dengan laju yang tinggi dan kemudian semakin lama semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada awal fermentasi tersedia lebih banyak bahan organik yang mudah terdegradasi.

Pada Gambar 8 terlihat bahwa produksi gas jerami baru dan jerami busuk menunjukkan hasil yang berbeda. Hal ini disebabkan karena pada jerami busuk sebagian bahan organik telah terdegradasi sebelum proses fermentasi. Pada jerami baru produksi gas mulai mengalami kondisi *steady* pada hari ke-21 dengan jumlah sekitar 800 ml, sedang pada jerami busuk terjadi pada hari ke-41 dengan jumlah produksi gas sekitar 800 ml.



Gambar 8. Produksi gas kumulatif dari jerami

Pada fermentasi limbah jerami padi yang kedua dilakukan pengaturan suhu, pada range suhu mesofilik (30°C- 40 °C). Berdasarkan grafik pada Gambar 9, tampak bahwa laju produksi gas pada suhu terkendali (56 ml/hari) lebih besar dibandingkan dengan laju produksi gas pada suhu tidak terkendali (20 ml/hari). Menurut Wahyuni (2009), bakteri metanogen dalam keadaan tidak aktif pada suhu ekstrim tinggi ataupun rendah. Produksi gas yang baik adalah kisaran mesofilik, dengan suhu optimum 35⁰ C. Menurut Price (1981) lebih efektif temperatur dalam proses anaerobik dikendalikan, karena fluktuasi suhu dapat menyebabkan proses menjadi kurang baik.



Gambar 9. Laju produksi gas pada suhu terkendali pada 32 °C.

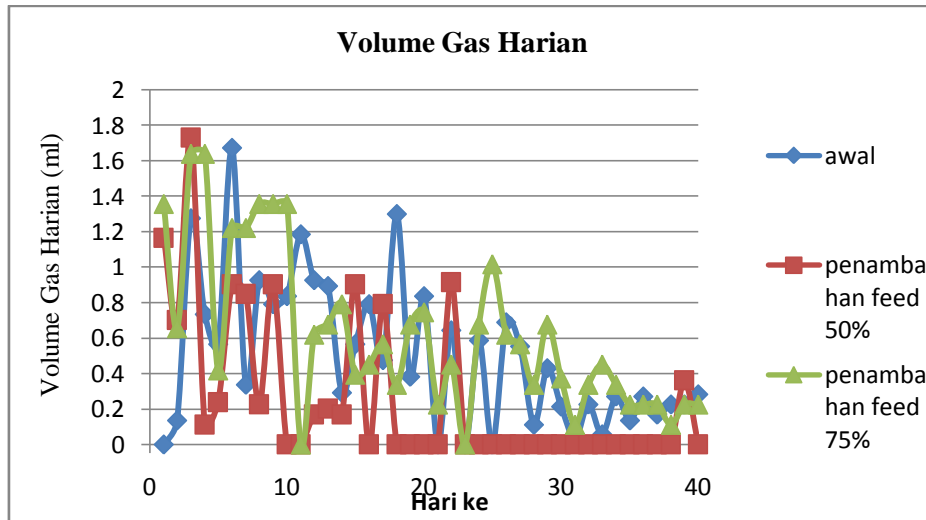
Berdasarkan hasil pengamatan terhadap laju produksi gas pada suhu terkendali dan pada suhu tidak terkendali, menunjukkan bahwa produksi gas pada suhu terkendali (mesofilik) menghasilkan gas yang lebih besar. Sehingga, pada proses fermentasi bahan pada penelitian utama menggunakan sistem suhu yang terkendali pada suhu mesofilik.

C. PENGARUH PENAMBAHAN *FEED* PADA KINERJA FERMENTASI ANAEROBIK PADA REAKTOR 10 LITER

1)Produksi Gas

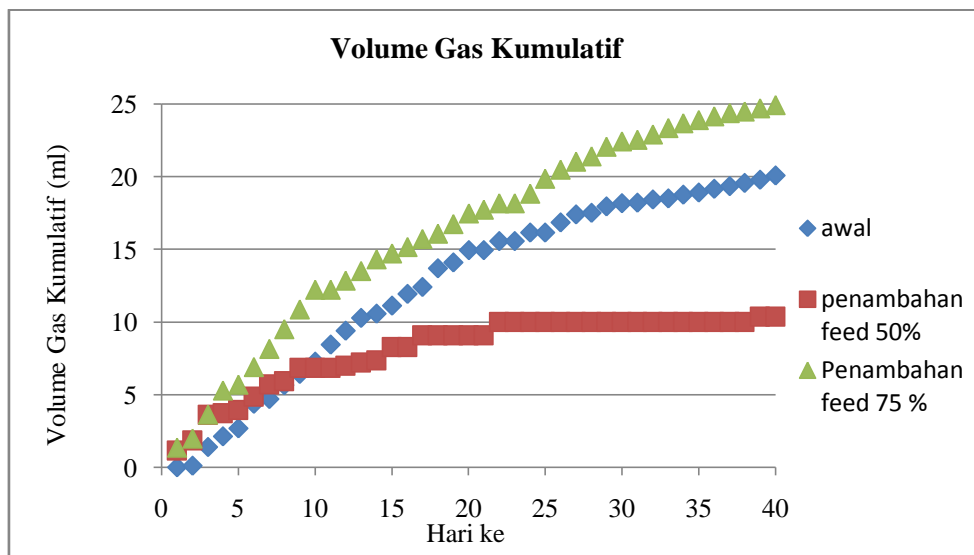
Volume biogas yang dihasilkan dapat diketahui dengan melakukan pengukuran gas setiap hari. Cara pengukurannya adalah dari selisih volume air pada tabung pengukur, tekanan gas dari reaktor akan mendorong air yang berada didalam tabung penampung gas.

Hasil pengamatan, seperti tampak pada Gambar 10, menunjukkan bahwa produksi gas pada perlakuan awal (100% *feed* baru) mulai dihasilkan pada hari ke tiga, sedangkan pada perlakuan penambahan *feed* 50 % dan 75% gas sudah mulai dihasilkan pada hari pertama. Produksi gas pada perlakuan kontrol optimum secara umum berlangsung hingga hari ke 20. Pada perlakuan penambahan *feed* 50% berlangsung sampai hari ke 18, sedangkan pada perlakuan penambahan *feed* 75 % produksi gas optimum sampai hari ke 28. Produksi gas optimum pada perlakuan awal bisa mencapai diatas 0,8 L/hari sedangkan pada perlakuan penambahan *feed* 50% cenderung lebih tidak stabil, pada produksi optimum juga bisa mencapai di atas 0,8L/hari, dan pada perlakuan penambahan *feed* 75% mencapai 1,4 liter/hari sampai hari ke 10 dan rata-rata 0,8 liter/hari pada selang hari ke 10 hingga hari ke 28. Menurut penelitian Kota (2009), produksi gas optimum dari bahan jerami padi berlangsung pada selang hari ke tujuh hingga hari ke 21.



Gambar 10. Produksi gas harian

Pengamatan pada produksi gas kumulatif (Gambar 11) menunjukkan bahwa, produksi gas kumulatif pada fermentasi awal mencapai 20 liter pada hari ke 40. Rata-rata produksi gas perhari pada perlakuan kontrol atau bahan jerami baru adalah 0,5 liter/hari. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan produksi gas kumulatif pada perlakuan penambahan *feed* 50%, dimana sampai hari ke 40 dihasilkan 10 liter gas, atau rata-rata dihasilkan gas 0,25 liter/hari. Produksi gas tertinggi dihasilkan oleh perlakuan dengan penambahan *feed* 75 %, dimana dihasilkan 23 liter pada hari ke 32. Pada perlakuan penambahan *feed* 50% produksi gas, sudah sedikit mulai hari ke 23. Menurut penelitian Hartono dan Kurniawan (2009), laju produksi biogas yang terbuat dari komposisi bahan jerami (75%) dan kotoran kerbau (25%) menghasilkan gas 6,5 ml/jam atau 0,156 liter/hari dengan waktu fermentasi selama 60 hari.



Gambar 11. Volume gas kumulatif

Jika dilihat dari grafik produksi gas kumulatif pada Gambar 11, tampak bahwa kecepatan produksi gas pada sepuluh hari pertama pada perlakuan penambah *feed* 50% dan 75% lebih cepat dibandingkan pada perlakuan awal atau kontrol. Hal ini bisa dikarenakan bahwa proses dekomposisi senyawa organik lebih mudah terjadi pada perlakuan penambahan *feed* 50% dan 75 % karena komposisi bahan pada kedua perlakuan ini sebageian adalah sisa hasil fermentasi sebelumnya, sehingga senyawa-senyawa organik yang sulit terdekomposisi lebih sedikit, berbeda dengan kontrol yang seluruhnya diisi bahan jerami baru. Namun, pada setelah 10 hari produksi gas pada perlakuan penambahan *feed* 50% menurun, sedangkan pada kontrol dan penambahan *feed* 75% berproduksi lebih banyak. Menurut Makarim (2007), jerami sulit terdekomposisi sehingga untuk mempercepat produksi gas dari jerami perlu dilakukan pengomposan terlebih dahulu.

Jika dibandingkan antara *volatile solid* seperti tampak pada Gambar 14 dengan produksi gas yang dihasilkan (Gambar 11), maka terlihat ada korelasi positif pada awal hingga akhir perlakuan, khususnya pada kontrol dan perlakuan penambahan *feed* 75%, yaitu produksi biogas dan penurunan *volatile solid* dari bahan. Namun, sedikit berbeda pada perlakuan penambahan *feed* 50% pada hari ke 20 sampai akhir (hari ke 40). Dimana terjadi penurunan *volatile solid* bahan, namun gas yang dihasilkan sedikit atau tidak terjadi peningkatan.

Produksi biogas akan lebih optimum jika fermentasi anaerobik yang dilakukan benar-benar pada kondisi tanpa oksigen (O_2). Beberapa kondisi yang memungkinkan masuknya oksigen ke dalam reaktor adalah ketika dilakukan pengambilan sampel bahan padat dari dalam reaktor, resirkulasi lindi, dan pemanenan digestat. Sampel bahan padat diambil dari lubang sampel yang terdapat pada reaktor. Lindi yang tertampung dalam tabung penampungan lindi dikeluarkan dari tabung dan dimasukkan kembali ke dalam reaktor melalui lubang penyaluran lindi memungkinkan bereaksi dengan oksigen. Proses lainnya yang berpotensi masuknya O_2 ke dalam sistem fermentasi adalah ketika pemanenan digestat diakhir fermentasi. Solusi yang mungkin bisa dilakukan adalah memperbaiki sistem reaktor yang memungkinkan untuk tidak masuknya O_2 ketika pengambilan sampel padat, yaitu dengan sistem buka-tutup otomatis pada lubang sampel. Pada proses resirkulasi lindi sebaiknya digunakan pompa peristaltik untuk menghindari masuknya O_2 ke dalam reaktor. Untuk menghindari masuknya O_2 pada bahan saat pemanenan digestat, sebaiknya dilakukan penyemprotan gas nitrogen pada reaktor sebelum reaktor dibuka.

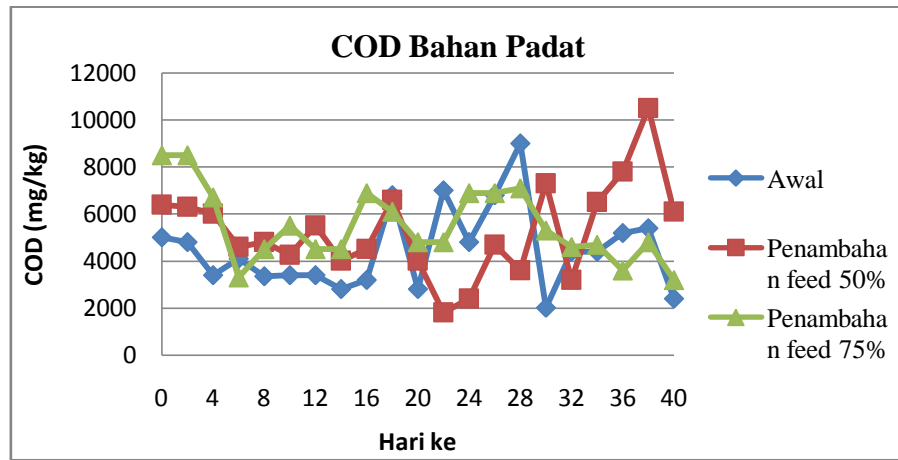
2) Perubahan COD

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk mengoksidasi bahan organik. Dalam proses degradasi bahan organik ini, bakteri akan memanfaatkan oksigen untuk merombak substrat, sehingga dalam proses ini COD akan mengalami penurunan.

Berdasarkan hasil pengamatan pada perubahan nilai COD pada sampel padat, seperti pada Gambar 12, tampak dari semua perlakuan nilai COD bahan padat jerami mengalami mengalami penurunan pada awal hingga pertengahan waktu percobaan. Penurunan ini menunjukkan terjadi penguraian substrat oleh bakteri ataupun

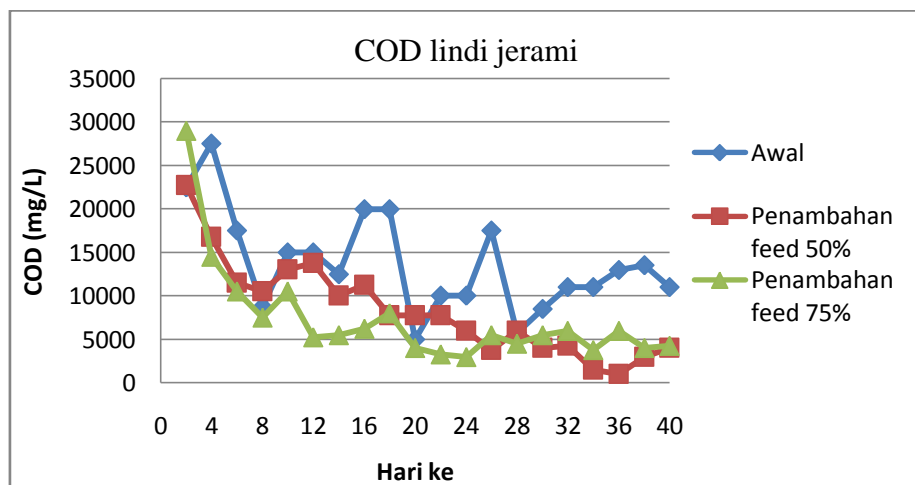
mikroorganisme lainnya. Pada selang waktu tersebut bakteri berkembang biak untuk mengurai bahan organik.

Pertengahan hingga akhir perlakuan terlihat adanya perubahan kecenderungan, yaitu mengalami kenaikan pada semua perlakuan. Kenaikan ini kemungkinan disebabkan oleh bertambahnya kandungan senyawa organik yang baru terdegradasi pada pertengahan perlakuan anaerob. Hal ini didukung dengan berkurangnya laju penurunan VS pada pertengahan hingga akhir perlakuan, dibanding dengan awal hingga pertengahan perlakuan. Kenaikan nilai COD bahan ini bukan berarti konsumsi senyawa organik oleh bakteri berhenti, namun laju penguraian senyawa organik kompleks menjadi senyawa sederhana lebih cepat daripada konsumsi substrat oleh bakteri.



Gambar 12. Perubahan COD bahan padat

Pada pengamatan nilai COD lindi, seperti tampak pada Gambar 13, pada semua perlakuan mengalami penurunan dari awal hingga akhir perlakuan. Hal ini berbeda dibandingkan dengan nilai COD pada bahan padat jerami, dimana pada pertengahan hingga akhir percobaan perlakuan mengalami kenaikan nilai COD. Hal ini menunjukkan adanya proses perombakan substrat oleh bakteri.

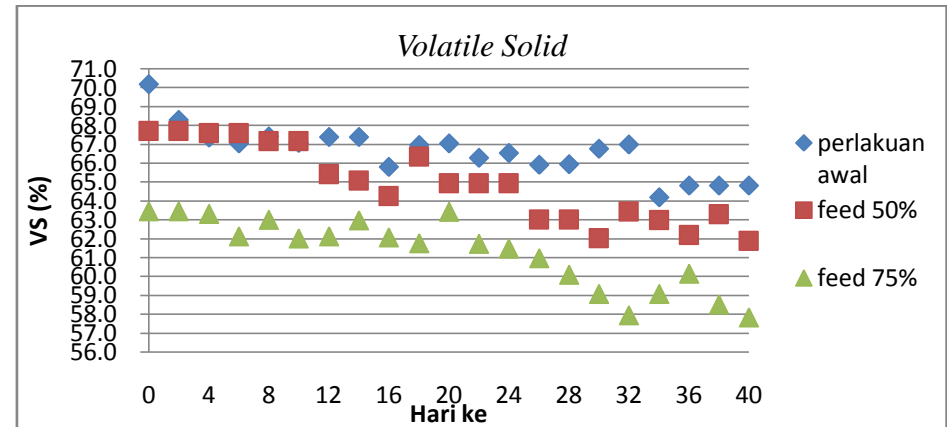


Gambar 13. Perubahan COD lindi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

3) Penurunan Kadar Bahan Organik (*Volatile Solid*)

Sebagian besar padatan total (*total solid*) dan akan digunakan oleh bakteri untuk berkembang biak. Padatan yang digunakan ini disebut juga *volatile solid (VS)* atau padatan organik. Dengan mengetahui jumlah VS, bisa diketahui besarnya gas yang dihasilkan dari penguraian bahan organik ini.



Gambar 14. Perubahan Bahan Organik (*Volatile Solid*)

Berdasarkan hasil pengamatan *volatile solid* (Gambar 14), tampak semua perlakuan menunjukkan terjadi penurunan kandungan bahan organik. Hal ini dikarenakan bahan organik atau *volatile solid* yang terdapat dalam jerami sebagian terurai menjadi gas.

Pada Gambar 14, tampak bahan organik atau *volatile solid* pada perlakuan kontrol mengalami penurunan sebanyak 7,6%. Hasil ini lebih sedikit dibandingkan dengan penurunan bahan organik atau *volatile solid* pada perlakuan penambahan *feed* 50 %, yaitu sebanyak 8,6 %. Penurunan *volatile solid* menunjukkan adanya bahan yang terurai oleh aktivitas bakteri dalam proses fermentasi bahan. Penguraian bahan organik oleh bakteri dalam proses fermentasi inilah yang menghasilkan biogas.

Tabel 5. Pembentukan gas

Perlakuan	Pembentukan Gas (liter/kg VS)
Kontrol	268
Penambahan Feed 50%	119
Penambahan Feed 75%	302

Laju produksi gas dan penguraian bahan organik pada perlakuan kontrol adalah 268, liter/ kg VS, lebih besar dari laju penguraian bahan organik pada perlakuan penambahan *feed* 50% menjadi biogas, yaitu 119 liter/kg VS. Laju pembentukan gas terbesar dihasilkan oleh perlakuan penambahan *feed* 75% yaitu 302 liter/kg VS. Menurut Arati (2009) produksi biogas dengan bahan jerami berkisar antara 250-350 liter/kg TS dengan waktu fermentasi 30 hari.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

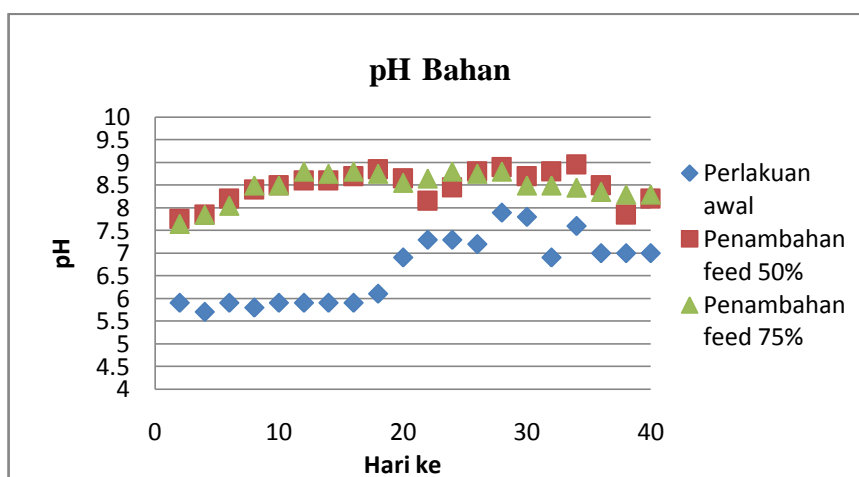
4) Perubahan pH

Pengukuran terhadap pH dilakukan setiap dua hari sekali dengan mengambil sampel melalui lubang pengambilan sampel. Berdasarkan hasil pengamatan, seperti tampak pada Gambar 15 dan Gambar 16, menunjukkan bahwa nilai pH awal yang diukur dari sampel yang baru dimasukan adalah 5,9. Dari hari pertama hingga hari ke 18, nilai pH berselang antara 5,7-5,9. Pada hari ke 20 sampai 30 nilai pH naik menjadi 6,9-7,9 dan sedikit turun pada hari ke 30-40 menjadi nilai pH 7. Nilai pH awal lindi dari perlakuan ini pada hari pertama hingga hari ke 12 berkisar 6,5-6,9 dan meningkat menjadi 7,5, stabil sampai hari ke 22 dan naik menjadi 8,2 sampai hari ke 36, kemudian turun pada kisaran pH 7,3-7,5.

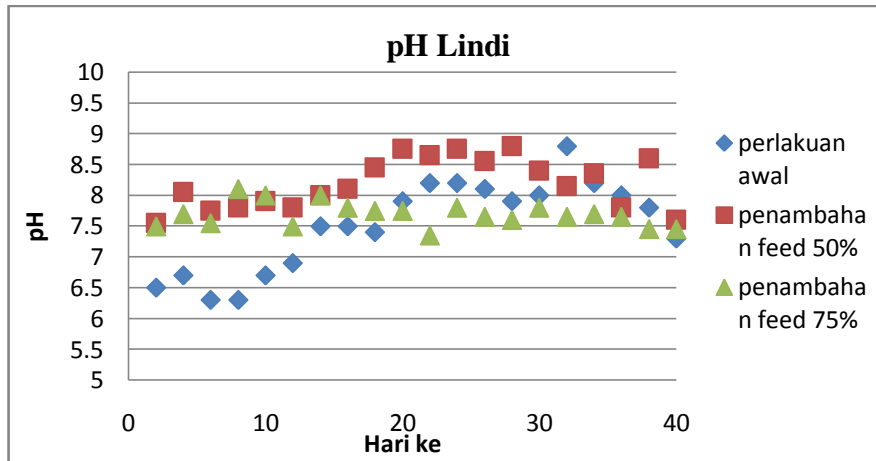
Nilai pH pada perlakuan penambahan *feed* 50% pada awal dimasukkan sampel adalah 7,8. Nilai pH awal ini lebih tinggi dari nilai pH perlakuan pertama karena sisa bahan yang di fermentasikan adalah campuran dari 50% sisa bahan perlakuan pertama dengan 50% bahan baru (*fresh*). Nilai pH terus naik hingga hari ke 10 (8,5) dan cenderung stabil hingga hari ke 30 (8,5-8,9) dan turun pada hari ke-40 menjadi 8,3. pH lindi pada perlakuan penambahan *feed* 50% cenderung lebih stabil, diawali dengan nilai pH 7,7 dan relatif konstan pada kisaran 7,7-8,2 hingga hari ke 40.

Nilai pH pada perlakuan penambahan *feed* 75% pada awal dimasukkan sampel adalah 7,7. Nilai pH awal ini lebih tinggi dari nilai pH perlakuan pertama dan relatif sama dengan perlakuan penambahan *feed* 50% karena sisa bahan yang di fermentasikan adalah campuran dari 25% sisa bahan perlakuan kedua dengan 75% bahan baru (*fresh*). Nilai pH terus naik hingga hari ke 12 menjadi 8,9.

Nilai pH pada awal perlakuan pertama menunjukkan proses pengasaman dan perombakan bahan organik. Keasaman ini kemungkinan terjadi karena aktivitas bakteri asetogenik (Buyukkamaci dan Filibeli 2004). Pembentukan asam asetat oleh bakteri asetogenik penting untuk kelanjutan produksi gas metana pada proses selanjutnya. Hal ini menunjukkan bahwa masih berada dalam tahap asidifikasi, dimana bakteri asetoneik mendominasi proses dekomposisi bahan.



Gambar 15. Perubahan pH pada bahan padat



Gambar 16. Perubahan pH lindi

Perubahan pH menjadi basa menandakan adanya perombakan bahan organik, yaitu proses metanogenesis yang menggunakan asam asetat, CO₂ dan hidrogen untuk menghasilkan metana, sehingga nilai keasaman berangsur-angsur akan menuju pH yang lebih basa. Perubahan pH menjadi 8,5 masih dalam taraf optimum produksi biogas, karena bakteri methanogen bisa tumbuh pada pH 6,5-8,5 (Buyukkamaci dan filibeli 2004).

5) Karakteristik Produk Hasil Fermentasi

Fermentasi anaerobik bahan jerami padi menjadi biogas dilakukan selama 40 hari. Dari proses fermentasi ini selain dihasilkan gas juga akan dihasilkan digestat (kompos) dan lindi. Sebagian sisa bahan (kompos) dari hasil fermentasi digunakan kembali sebagai inokulum pada proses perlakuan percobaan pada penelitian ini. Limbah padat jerami padi yang difermentasi telah mengalami proses dekomposisi anaerobik. Secara teoritis digestat hasil fermentasi bahan bisa digunakan sebagai pupuk organik yang berguna bagi tanaman, sehingga dapat mengembalikan kembali (daur ulang) unsur hara kedalam tanaman. Karakteristik kualitas digestat dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Karakteristik digestat hasil fermentasi

No	Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	N (%)	C (%)	P (%)	pH
1	Perlakuan awal	76,9	8,1	0,7	36,3	0,2	7
2	Penambahan <i>feed</i> 50 %	75,5	8,9	0,4	34,4	0,2	8,3
3	Penambahan <i>feed</i> 75 %	78	8,3	1,1	21,6	0,5	8,3

Berdasarkan hasil pengamatan, seperti pada Tabel 6, karakteristik digestat hasil fermentasi pada perlakuan kontrol memiliki kadar air 76,9%; Kadar abu 8,1%; N 0,7 %; C 36,3%; P 0,2%; dan pH 7. Pada perlakuan penambahan *feed* 50% memiliki karakteristik, yaitu : kadar air 75,5%; kadar abu 8,9%; N 0,4; C 34,4%; P 0,2 %; dan pH 8,3. Pada perlakuan penambahan *feed* 75% memiliki karakteristik, yaitu : kadar air 78 %; kadar abu 8,3%; N 1,1 %; C 21,6 %; P 0,5 %; dan pH 8,3.

Tabel 7. Karakteristik air lindi hasil fermentasi

No	Sampel	N (ppm)	C (%)	P (ppm)	pH
1	Perlakuan awal	2700	0,2	68	7,3
2	Penambahan <i>feed</i> 50 %	104	2,8	64	7,8
3	Penambahan <i>feed</i> 75 %	98	0,3	68	7,6

Hasil pengamatan pada lindi hasil fermentasi, untuk perlakuan kontrol memiliki karakteristik, yaitu : N 0,27 %; C 0,2 %, P 67 ppm; dan pH 7,3. Pada perlakuan penambahan *feed* 50% memiliki karakteristik yaitu : N 104 ppm; C 2,8 %; P 64 ppm dan pH 7,8. Pada perlakuan penambahan *feed* 75% memiliki karakteristik yaitu: N 98 ppm; C 0,3 %; P 68 ppm dan pH 7,6. Standar kualitas pupuk organik adalah seperti tampak pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Standar kualitas kompos

Parameter	Satuan	Indrasti dan Wilmot (2001)	SNI 19-7030-2004 (Standar mutu kompos)
Total N	%	2,5-3,5	0,4
Nisbah C/N	-	20-25	10-25
P ₂ O ₅	%	> 0,021	0,1
K ₂ O	%	> 0,021	0,2
pH	-	7-8	6,8-7,5
KTK	Meq	100	--
Kadar air.	%	35-45	≤50

ada beberapa parameter kualitas pupuk kompos, dari hasil pengamatan pada digestat hasil fermentasi, pada beberapa parameter mendekati kualitas standar pupuk kompos sesuai SNI 19-7030-2004. Pada parameter kadar P, N dan pH sesuai dengan standar. Namun, pada kadar air nilainya masih lebih besar dari pada standar pupuk kompos. Pada lindi hasil fermentasi nilai kandungan P dan N masih terlalu kecil dibandingkan dengan standar yang ada. Berdasarkan hasil perbandingan ini dapat diketahui bahwa digestat, dapat digunakan sebagai pupuk organik. Proses fermentasi limbah padat jerami padi menjadi selain menghasilkan biogas, juga kompos hasil fermentasinya pun dapat dimanfaatkan kembali dan dapat mendaur ulang unsur hara kedalam tanah.

D. RANCANGAN REAKTOR BIOGAS

1. Aplikasi Penelitian

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa jerami dapat dikonversi menjadi salah satu sumber energi terbarukan, yaitu berupa biogas. Hasil pengamatan pada kinerja reaktor biogas dengan umpan 4,35 kg, menunjukkan bahwa dengan penggunaan kembali digestat dari fermentasi sebelumnya sebanyak 25 % dan penambahan 75 % *feed* baru menghasilkan gas tertinggi, yaitu 25 liter biogas dengan pembentukan gas 302 liter/kg VS selama 45 hari. Pada fermentasi pertama dengan menggunakan 100% bahan jerami dihasilkan gas sebanyak 20 liter dengan pembentukan gas 268 liter/kg VS.

Pada aplikasi sistem ini, maka fermentasi pertama dilakukan dengan menggunakan 100% bahan jerami baru dan penambahan kotoran sapi dengan perbandingan dengan bobot 1/3 dari bobot jerami. Pada fermentasi selanjutnya baru dilanjutkan dengan penggunaan kembali digestat sebanyak 25 % dan *feed* baru sebanyak 75 %. Potensi penerapan hasil penelitian ini dalam skala lebih besar sangat memungkinkan, karena produksi jerami padi yang sangat besar di Indonesia dan masih belum banyak dimanfaatkan. Hasil perhitungan neraca massa pada proses fermentasi jerami padi menjadi biogas untuk masing-masing perlakuan terdapat pada Lampiran 9. Berdasarkan perhitungan neraca massa tersebut maka dapat diprediksi besarnya gas, digestat dan lindi yang dihasilkan pada tahap aplikasi dimasyarakat dalam skala besar.

Peningkatan skala reaktor menjadi 1 ton umpan yang dimasukkan, seperti pada Lampiran 9, dapat menghasilkan sebanyak 4597,7 liter biogas atau 5,64 kg biogas (densitas biogas 1,227 kg/m³). Digestat yang akan dihasilkan sebanyak 868,649 kg dan menghasilkan lindi sebanyak 126,21 liter atau 126,21 kg (densitas 1 kg/liter). Pada fermentasi selanjutnya digunakan kembali digestat dari fermentasi sebelumnya sebanyak 25 % (250 kg) dan 75 % *feed* baru sebanyak 75 % (750 kg). Pada fermentasi ini akan dihasilkan gas sebanyak 5747,1 liter atau 7,05 kg (densitas 1,227 kg/m³). Digestat yang dihasilkan adalah 866,73 kg dan lindi yang dihasilkan adalah 123,45 liter atau 123,45 kg (densitas 1 kg/liter).

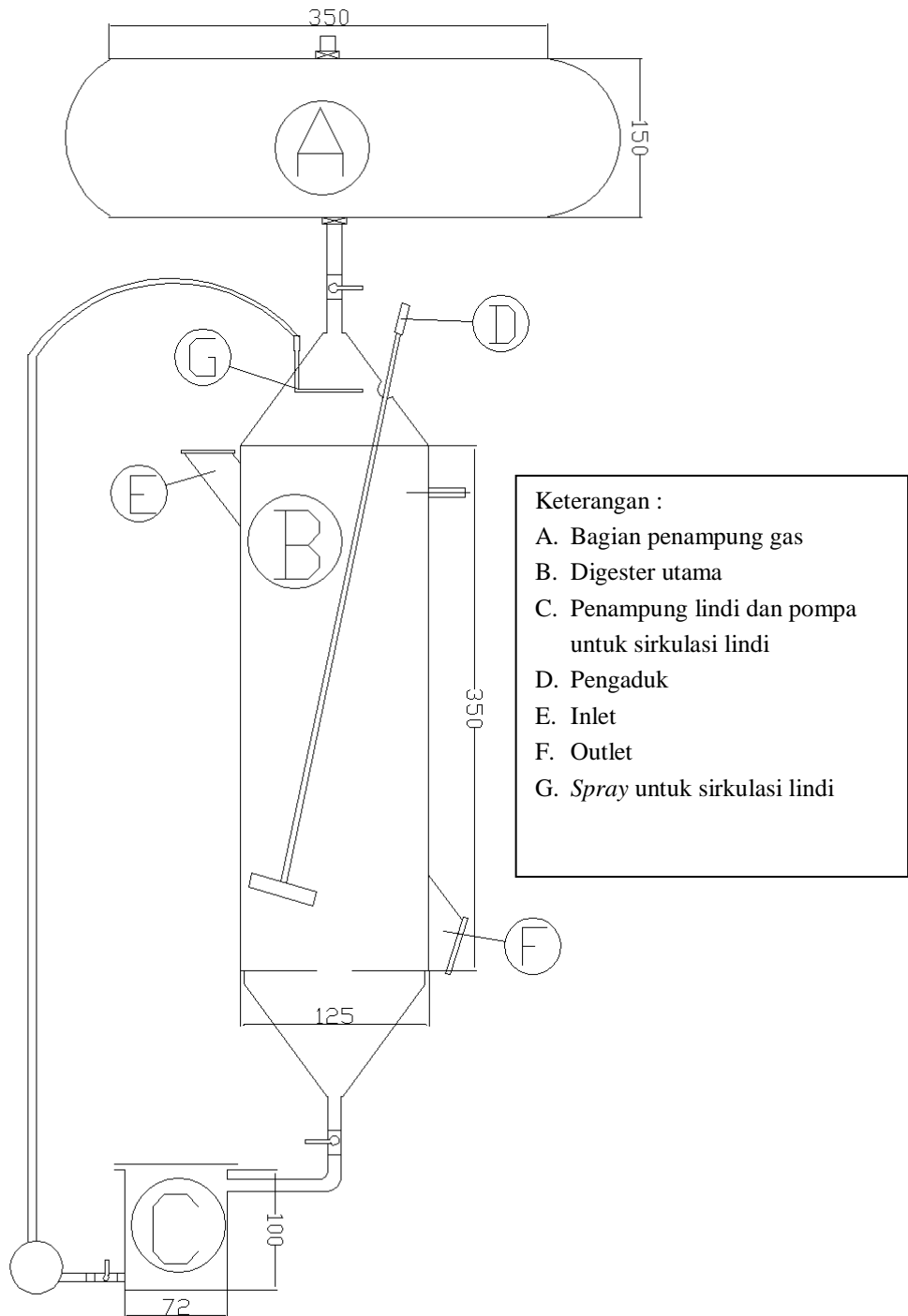
Melalui proses fermentasi jerami padi menjadi biogas ini dapat dihasilkan sumber energi. Menurut Kota (2009), nilai kalor yang dihasilkan dari biogas, yang dominan berasal dari gas metan (CH₄), adalah 590-700 kilo kalori/m³. Biogas pun sanggup memabangkitkan listrik sebesar 1,25-1,50 kilo watt hour (kwh). Kandungan kalor dalam biogas juga dapat digunakan untuk berbagai kegiatan sehari-hari, seperti memasak, penerangan dan kegiatan lainnya.

2. Rancangan Reaktor

Rancangan reaktor untuk penerapan hasil penelitian adalah modifikasi dari reaktor biogas yang digunakan pada skala penelitian laboratorium, seperti tampak pada Gambar 17. Reaktor terdiri dari tiga bagian utama, yaitu digester, penampung gas dan penampung air lindi. Sistem fermentasi yang digunakan adalah fermentasi padat (*solid state fermentation*). Pada bagian digester terdiri dari saluran inlet dan outlet, unit pengaduk dan tempat fermentasi. Pada penampung lindi dilengkapi dengan pompa untuk mensirkulasi air lindi. Penampung gas sendiri terbuat dari plastik tebal.

Bahan baku awal berupa jerami, air dan kotoran sapi dimasukkan melalui saluran inlet. Proses pemasukan bahan baku juga diiringi dengan proses pengadukan untuk meratakan dan proses homogenasi bahan. Volume reaktor adalah 4000 liter, yang bisa menampung 1 ton umpan. Reaktor tidak dilengkapi dengan pengatur suhu, sehingga untuk menjaga suhu konstan atau berada pada kisaran suhu mesofilik, reaktor sebaiknya ditempatkan didalam ruangan atau dipendam didalam tanah. Pengaturan penempatan dapat disesuaikan dengan kondisi lokasi. Reaktor juga dilengkapi saluran outlet untuk mengeluarkan digestat, sehingga tidak perlu membongkar semuanya. Bentuk umpan yang semi padat, membuat proses pengeluaran digestat dengan cara mendorong dari bagian inlet. Bahan untuk membuat reaktor dapat berupa *stainless steel* ataupun beton.

Penampung gas terbuat dari plastik tebal yang ditempatkan dibagian atas reaktor dengan kapasitas 6000 liter. Proses resirkulasi lindi dapat dilakukan dengan menggunakan pompa atau juga bisa tanpa menggunakan pompa dengan mengecilkan ukuran pipa resirkulasi dan memanfaatkan tekanan cairan Gas dari penampung gas langsung bisa dialirkan ke kompor untuk memasak. Kapasitas umpan 1 ton dapat menghasilkan gas sebanyak 4500 – 5700 liter biogas. Rancangan reaktor biogas untuk penerapan dimasyarakat seperti tampak pada Gambar 17.



Gambar 17. Rancangan Biogas

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.