

# PEMBUATAN BIOGAS DARI KOTORAN SAPI MENGGUNAKAN *BIODIGESTER* DI DESA JUMPUT KABUPATEN BOJONEGORO

Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, MSc., Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA,  
Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.,  
Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT., Ir. Budi Setiawan, MT., Warlinda Eka T, S.Si, MT.,  
Achmad Ferdiansyah, ST, MT., Nurlaili H., ST, MT., Ir. Arino Anzip, MEngSc.

---

**Abstrak** – Di desa Jumput Kecamatan Sukosewu Kabupaten Bojonegoro Provinsi Jawa Timur, kebanyakan masyarakatnya hidup bertani dan berternak sapi. Terutama pada masyarakat yang berternak sapi, mereka mempunyai kendala dalam pembuangan limbah kotoran sapi, karena banyak limbah yang dihasilkan, sehingga kebanyakan mereka membuang limbah ke sembarang tempat dan belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah banyak dibuang ke sungai, sehingga pada musim hujan akan menimbulkan banjir karena terjadi penumpukan padatan dan juga akan mencemari air sungai yang menjadi tidak baik pada kesehatan manusia dan hewan. Untuk mengatasi buangan limbah kotoran sapi tersebut, maka limbah dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan, salah satunya adalah biogas. Biogas yang dihasilkan nanti akan dimanfaatkan oleh masyarakat di desa Jumput untuk keperluan masak di dapur dan untuk penerangan.

Biogas adalah merupakan salah satu bioenergi yang dihasilkan melalui proses fermentasi biomassa dengan bantuan aktifitas mikroorganisme. Proses fermentasi dalam pembentukan biogas dilakukan dalam *biodigester* dengan mengumpukan limbah kotoran sapi dan dicampur dengan air dengan komposisi tertentu. Proses fermentasi umumnya memerlukan waktu cukup lama sekitar 14-21 hari untuk menghasilkan biogas. Sebelum di implementasikan ke lapangan, kegiatan pembuatan biogas sering dilakukan di laboratorium Pengolahan Limbah Industri, Program Studi DIII Teknik Kimia FTI-ITS menggunakan berbagai bahan baku. Hasil luaran yang dihasilkan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat adalah berupa alat *biodigester* bekerja secara semi kontinyu.

**Kata kunci:** *Biodigester*, biogas, biomassa, fermentasi, kotoran sapi, limbah, mikroorganisme, semi kontinyu.

---

## I. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Desa Jumput terletak di Kecamatan Sukosewu, Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur, merupakan daerah pertanian yang sebagian besar masyarakatnya mempunyai mata pencaharian bercocok tanam dan sebagian masyarakat lainnya berternak sapi. Terutama terhadap masyarakat yang beternak sapi, mereka setiap harinya menghasilkan banyak limbah kotoran sapi dan sedikit sekali mereka memanfaatkan limbah digunakan sebagai pupuk

organik untuk kebutuhan pertanian atau lainnya. Mereka kebanyakan membuang kotoran sapi di sembarang tempat, terutama dibuang di aliran sungai. Hal ini akan menjadi masalah bila musim hujan tiba dan dapat menyebabkan banjir karena terjadi pendangkalan sungai.

Untuk mengatasi pendangkalan sungai dan memanfaatkan limbah kotoran sapi, Kepala desa mempunyai gagasan dan bekerjasama dengan ITS untuk memanfaatkan kotoran sapi diubah menjadi bahan yang bernilai ekonomi, yaitu kotoran sapi diubah menjadi energi terbarukan biogas, disamping itu dalam proses pembuatan mempunyai hasil samping yang dapat dipakai sebagai pupuk cair dan padat.

Energi merupakan kebutuhan manusia yang sangat vital baik dibutuhkan oleh masyarakat desa maupun kota. Menurut informasi dari Kepala Desa dari hasil diskusi dengan Tim Pusat Inovasi Teknologi ITS pada bulan Oktober 2015, desa Jumput merupakan daerah yang paling terbelakang ekonominya bila dibandingkan dengan desa-desa lainnya di Kecamatan Sukosewu, Kabupaten Bojonegoro, sehingga dengan dikembangkan energi terbarukan biogas dari kotoran sapi akan membantu/ meningkatkan masyarakat desa Jumput untuk memenuhi kebutuhan energi diperoleh dengan biaya murah, bila harus membeli dengan harga mahal dari bahan bakar fosil.

### 1.2. Perumusan Konsep dan Strategi Kegiatan

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk diiringi dengan pertumbuhan bidang industri yang pesat menyebabkan adanya peningkatan permintaan energi, maka kebutuhan energi juga mengalami peningkatan. Sedangkan cadangan bahan bakar fosil semakin hari jumlahnya semakin menurun. Peningkatan kebutuhan energi juga dibarengi dengan kenaikan harga bahan bakar, sehingga energi terbarukan menjadi salah satu pilihan terbaik untuk pengembangan energi keberlanjutan. Biogas merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan, dihasilkan melalui proses *anaerobic digestion* dari limbah biomassa (kotoran hewan). Secara umum penyusun utama biogas adalah  $CH_4$  (50 - 70%),  $CO_2$  (20 - 40%) dan gas-gas lain meliputi  $CO$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$  dan uap air dll.

Biomassa sebagai energi sekarang diperlukan untuk menggantikan sumber energi tidak terbarukan (energi fosil) dunia yang jumlahnya sangat terbatas dan untuk mengurangi emisi gas-gas yang dapat menyebabkan global warming. Bahan bakar gas (BBG) seperti biogas mempunyai emisi lebih rendah, biodegradable dan dianggap ramah terhadap lingkungan. Biogas dapat dihasilkan dengan bantuan mikroorganisme dengan mengubah biomassa yang jumlahnya melimpah dan masih belum banyak dimanfaatkan dengan maksimal di Indonesia.

Strategi kegiatan yang dilakukan adalah melakukan kajian tersedianya bahan baku kotoran sapi yang dimiliki masyarakat desa Jumput yang berpeluang untuk dijadikan energi terbarukan. Mengingat masyarakat desa kebanyakan beternak sapi, sehingga untuk keberlanjutan proses pembuatan biogas nanti kebutuhan kotoran sapi sudah cukup tersedia setiap saat.

### 1.3. Tujuan, Manfaat, dan Dampak Kegiatan yang Diharapkan

Tujuan dan manfaat kegiatan pengabdian kepada masyarakat adalah melakukan pengembangan pembuatan biogas sebagai energi terbarukan dari bahan baku kotoran sapi. Karena selama ini kotoran sapi yang diperoleh oleh masyarakat belum

dimanfaatkan secara optimal, karena sebagian besar dibuang ke lingkungan dan terutama dibuang ke sungai. Hal ini akan mempunyai dampak negatif baik terhadap kesehatan manusia maupun hewan karena terjadi pencemaran air dan sungai akan mengalami pendangkalan karena banyak tumpukan kotoran sapi yang kemudian dapat menyebabkan banjir.

Dampak kegiatan yang diharapkan adalah masyarakat di desa jumput dapat memanfaatkan limbah kotoran sapi dijadikan energi terbarukan biogas menggunakan *biodigester* dengan biaya dan harga murah sebagai pengganti energi berbahan bakar fosil. Biogas yang diperoleh dapat dimanfaatkan sebagai kebutuhan di dapur untuk memasak dan untuk penerangan ruangan.

### 1.4. Target Luaran

Target luaran dari Pengabdian Kepada Masyarakat adalah membuat/ menghasilkan teknologi tepat guna berupa alat *biodigester* untuk menghasilkan energi terbarukan biogas dari bahan baku limbah kotoran sapi (Figure 1). Biogas yang dihasilkan dari *biodigester* dimanfaatkan oleh masyarakat desa Jumput untuk keperluan di dapur untuk memasak dan untuk penerangan ruangan.

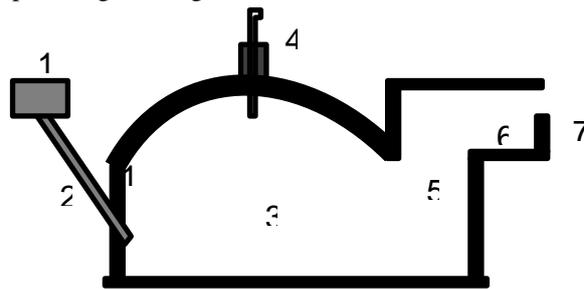


Fig. 1. Diagram skema peralatan *biodigester* untuk mengolah limbah kotoran sapi menjadi biogas.

#### Keterangan:

1. Inlet
2. Pipa inlet
3. *Biodigester*
4. Pipa gas hasil fermentasi
5. Manhole
6. Outlet
7. Slurry tidak terdegradasi

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1. Pendahuluan

Dalam pembentukan biogas menggunakan proses anaerobik melalui reaksi biokimia yang sangat kompleks dan melalui beberapa tahapan yang dilakukan oleh beberapa jenis mikroorganisme yang memerlukan sedikit atau tidak ada kandungan oksigen untuk hidup. Selama proses terjadi menghasilkan gas yang terdiri atas metana ( $CH_4$ ) dan karbon dioksida

(CO<sub>2</sub>), dengan kata lain dikenal sebagai biogas. Banyaknya biogas yang dihasilkan sangat bervariasi tergantung pada jumlah bahan organik yang diumpungkan kedalam *biodigester* (bioreaktor) dan juga suhu sangat berpengaruh terhadap kecepatan proses peruraian bahan baku dan produksi biogas.

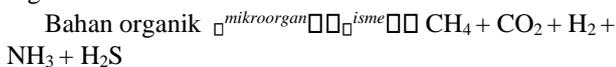
### II.2. Proses Pembentukan Biogas

Proses pengolahan limbah organik secara anaerobik merupakan metode yang efektif dan murah. Melalui pengolahan ini dengan memanfaatkan bakteri anaerobik dan fakultatif dalam kondisi tanpa oksigen untuk menguraikan bahan organik menjadi produk yang stabil dan produk yang berupa gas seperti metana (50 – 70%) dan karbon dioksida (25 – 45 %).

Keuntungan dari penggunaan jenis pengolahan ini adalah produksi biomass sedikit sekali sehingga kebutuhan tambahan unsur N dan P tidak banyak diperlukan; gas metan yang dihasilkan mempunyai nilai ekonomis; beban organik cukup tinggi karena tidak adanya ketergantungan terhadap kapasitas transfer oksigen.

Proses anaerobik dapat dipakai untuk mengolah limbah cair dari beberapa industri, seperti pengalengan makanan, minuman, alkohol, dan lain-lain.

Reaksi yang terjadi pada pembentukan biogas dalam suatu *biodigester* secara umum dapat digambarkan berikut ini:



Pada umumnya penguraian bahan organik menjadi biogas dibagi menjadi tiga tahap, yaitu: (1) Tahap hidrolisis; (2) Tahap pembentukan asam (acetogenesis); dan (3) Tahap pembentukan metana (metanogenesis) yang dapat ditunjukkan dalam Figure 2.

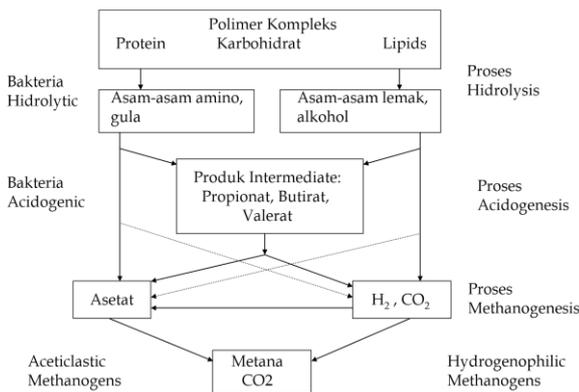


Fig. 2. Langkah-langkah produksi metan untuk limbah organik

### II.3. Proses Hidrolisis

Mikroorganisme hidrolitik menguraikan senyawa organik kompleks menjadi molekul-molekul sederhana menggunakan air untuk memisahkan ikatan-ikatan kimia diantara bahan-bahan. Agar dapat mudah diuraikan maka senyawa organik kompleks bila dalam bentuk padat harus dipotong-potong terlebih dahulu

untuk memudahkan transport melintasi membran sel bakteri. Hasil dari reaksi hidrolitik adalah molekul molekul sederhana dengan rantai pendek termasuk glukosa, asam amino, asam lemak, etanol, karbon dioksida dan energi bagi bakteri yang melakukan fermentasi. Pada tahap ini pH optimal adalah 6 – 7.

### II.4. Proses Asidogenesis

Proses dekomposisi bahan kimia seperti karbohidrat oleh enzim, bakteri, yeast, atau mold dalam kondisi tidak ada oksigen. Hasil yang diperoleh dari proses hidrolisis yang mudah larut ini kemudian dimetabolisme oleh aktivitas bakteri hidrolitik dan non hidrolitik. Hasil utama yang diperoleh dari proses asidogenesis dalam kultur campuran adalah asetat, propionate, butirat, hydrogen (H<sub>2</sub>) dan CO<sub>2</sub>. Selanjutnya produk samping berupa formiat, laktat, valerat, methanol, ethanol, butandiol atau aseton dihasilkan oleh bakteri fermentasi. Karena asam lemak mudah menguap (VFA) ini adalah produk utama yang dihasilkan oleh bakteri fermentative, mereka umumnya ditandai sebagai bakteri asidifikasi atau asidogenetik.

### II.5. Proses Asetogenesis (Pembentukan Asam)

Pada tahap ini, produk-produk fermentasi diubah menjadi senyawa asetat, asam-asam lemak, CO<sub>2</sub> dan hidrogen dari molekul-molekul sederhana yang tersedia oleh bakteri *asetogenik* atau bakteri *asetogen* penghasil hidrogen. Tetapi pertumbuhan jenis mikroorganisme ini justru akan terhambat jika terjadi akumulasi hidrogen. Terbentuknya asam organik menyebabkan pH terus menurun, namun dalam waktu yang bersamaan terbentuk buffer alkali yang dapat menetralkan pH. Untuk mencegah penurunan pH secara drastis ditambahkan larutan alkali sebagai buffer sebelum tahap pertama berlangsung.

Asidifikasi tergantung pada komposisi air limbah, 10 sampai 16 % COD didasarkan pada asam-asam organik (hampir merupakan asam asetat) terdandung dalam buah-buahan dan dengan demikian air limbah ini dengan mudah dapat didegradasi. Pada influent tanki asidifikasi, konsentrasi asam asetat sekitar 200 mg/l, dengan sedikit kenaikan dalam tingkat asidifikasi. Dalam tanki asidifikasi, hampir asam prominent yang dihasilkan adalah asam propionat; dalam jumlah sampai dengan 254 mg/l.

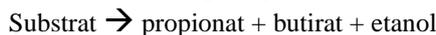
Proses asidifikasi juga sangat dipengaruhi oleh hydraulic retention time (HRT), dengan diturunkan nilai HRT sampai 10, 8 atau 6 jam juga akan menurunkan derajat asidifikasi; HRT dapat digunakan antara 12 dan 29 jam. Pada HRT sekitar 13 jam, 20 sampai 27% COD dapat didegradasi.

## II.6. Proses Metanogenesis (Pembentukan Metan)

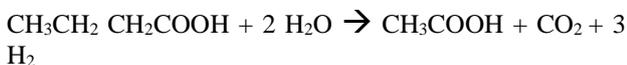
Pada tahap ini pembentukan gas metana (CH<sub>4</sub>) dari senyawa asetat, atau dari gas hidrogen dan CO<sub>2</sub> oleh bakteri *methanogenic* (*metanogen*). Bakteri metanogen adalah bakteri obligate anaerob yang pertumbuhannya lebih lambat dari pada bakteri yang ada pada tahap satu dan dua. Bakteri ini sangat tergantung pada tahap satu dan dua untuk menghasilkan nutrisi dalam bentuk yang sesuai. Salah satu fungsi bakteri *metanogen* adalah mengurangi hidrogen seminimal mungkin di dalam medium dengan jalan menggunakan hidrogen untuk mereduksi CO<sub>2</sub> menjadi produk akhir yang inert (gas yang tidak dapat bereaksi secara kimia dengan zat lain) yaitu CH<sub>4</sub>.

Proses metanogenesis terjadi pada pH optimum mendekati netral (6,8 – 7,4) dan apabila pH optimum turun menjadi 6,4 atau lebih rendah, maka pembentukan gas metana dari hidrogen dan CO<sub>2</sub> akan terhambat.

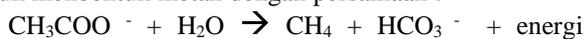
Bakteri pembentuk asam berperan dalam proses hidrolisa dan perombakan senyawa organik kompleks menjadi produk sederhana seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> serta asam lemak melalui dua jalur utama berikut ini:



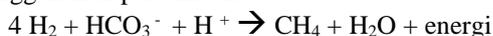
Kemudian asam propionat dan asam butirat diubah oleh bakteri *asetogenik* ke bentuk asetat dengan jalan :

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2$$


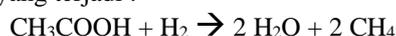
Substrat yang diubah menjadi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> dan asetat secara langsung digunakan oleh bakteri *acetoclastic* untuk membentuk metan dengan persamaan :



Dengan "Hydrogen-utilizing methane bacteria" menggunakan persamaan:



*Hydrogen-utilizing methane bacteria* merupakan bakteri obligate yang memperoleh energi dari oksidasi hidrogen dan sumber karbon berasal dari karbondioksida. Bakteri metanogenesis (*acetoclastic bacteria* dan *Hydrogen-utilizing methane bacteria*) dapat terganggu oleh adanya akumulasi hidrogen. Hidrogen merupakan hasil yang terbentuk oleh bakteri pembentuk hidrogen pada tahap sebelumnya. Untuk mencegahnya bakteri metanogen menggunakan hidrogen untuk proses konversi asam asetat ke bentuk metan, reaksi yang terjadi :



Proses anaerobik hanya terjadi dibawah kondisi anaerobik yang strict (yaitu tidak ada oksigen dan redox potential sangat rendah). Proses memerlukan adaptasi biosolid yang spesifik dan terutama kondisi-kondisi proses, yang berbeda besar dengan proses yang dibutuhkan untuk pengolahan aerobik.

## II.7. Faktor-faktor Berpengaruh dalam Anaerobik Digestion

Semua proses-proses biologi kondisi lingkungan optimum adalah penting untuk suksesnya operasi anaerobik *digestion* (Tabel 2.1). Proses metabolisme mikroba tergantung pada banyak parameter-parameter; sehingga parameter-parameter ini harus dipertimbangkan dan dikendalikan hati-hati dalam prakteknya. Selanjutnya, keperluan lingkungan dari bakteri acidogenic berbeda dari keperluan *methanogenic archaea*. Telah diberikan bahwa semua tahapan proses degradasi harus terjadi dalam satu single reaktor biasanya *methanogenic archaea* yang diperlukan secara prioritas harus dipertimbangkan. Organisme-organisme yang memiliki waktu regenerasi sangat lebih lama, maka pertumbuhan lebih lambat, dan lebih sensitive terhadap kondisi lingkungan yang ada dengan adanya bakteri lain dalam kultur campuran.

TABEL I  
KEBUTUHAN LINGKUNGAN PROSES (DEUBLEIN AND STEINHAUSER, 2008)

Parameter	Hidrolisis/Asidogenesis	Methanogenesis
Suhu	25 – 35 <sup>0</sup> C	Mesofilik: 30-40°C Termofilik: 50-60°C
Ph	5.2 – 6.3	6.7 – 7.5
Rasio C:N	10 – 45	20 - 30
Redox Potential	+400 SAMPAI -300 Mv	< -250Mv
Rasio C:N:P:S	500:15:5:3	600:15:5:3
Trace Elemen	Tidak special diperlukan	Esensial: Ni, Co, Mo, Se

### II.7.1. pH

pH merupakan salah satu parameter yang perlu diperhatikan dalam proses anaerobik digester. pH stabil menunjukkan adanya keseimbangan system dan kestabilan digester. Penurunan pH dapat menunjukkan adanya terakumulasi asam dan tidak kestabilan digester. Produksi gas hanya merupakan parameter yang menunjukkan ketidak stabilan digester lebih cepat dari pada pH. Rentang pH yang dapat diterima untuk bakteri yang berpartisipasi dalam digester adalah dari 5,5 sampai 8,5, walaupun lebih dekat ke netral, lebih besar kesempatan bakteri methanogen akan berfungsi (Golueke, 2002). Kebanyakan fungsi methanogen dalam rentang pH antara 6,7 dan 7,4, dan optimal antara 7,0 dan 7,2.

Potensial paling besar untuk kegagalan digester adalah akibat dari akumulasi asam. Hal ini terjadi jika jumlah beban padatan volatil kedalam digester sebagai limbah segar meningkat dengan tajam. Bakteri asidogenik kemudian akan muncul, menghasilkan volume banyak asam organik dan merendahkan pH sampai dibawah 5, suatu level kematian bakteri methanogen.

Menjaga pH terutama dilakukan dalam proses start-up karena limbah segar harus mengalami tahap pembentukan asam sebelum pembentukan methan dapat memulai, yang akan merendahkan pH. Untuk menaikkan pH selama tahap awal, operator harus menambah buffer kedalam system, seperti kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) atau lime (kapur). Prosedur yang sama juga diikuti bila pH menurun selama operasi, misalnya karena kecepatan beban ditingkatkan.

Jika pH menurun dibawah 6,5, maka banyak asam-asam yang dihasilkan dan menuju kegagalan proses. Dalam system digester yang nyata dengan biomasa tersuspensi dan substrat mengandung padatan tersuspensi, maka pH normal operasi adalah antara 7,3 dan 7,5. Bila pH menurun hingga 6,9 kondisi ini dikatakan sudah serius, sehingga tindakan untuk menghindari kegagalan proses harus dilakukan. Bila menggunakan reaktor UASB aliran dalam system dikenakan terhadap mikroorganisme granular, maka konsumsi substrat dengan konsentrasi padatan tersuspensi rendah bekerja dengan pH normal antara 6,9 sampai 7,1. Kemudian dalam kasus-kasus tertentu batasan pH untuk mencapai keberhasilan operasi adalah 6,7.

Kebanyakan mikroorganisme lebih baik pH netral yaitu sekitar pH 7,0-7,5. Tetapi, beberapa organisme adalah aktif pada nilai-nilai keduanya lebih rendah dan lebih tinggi. Ada beberapa organisme yang berbeda dalam proses biogas, dan kebutuhan pH nya untuk pertumbuhan optimal bervariasi sangat besar.

Sementara fermentasi, mikroba menghasilkan asam memanager untuk hidup dalam kondisi relative asam, turun hingga 5,0, kebanyakan penghasil metan umumnya memerlukan nilai pH netral untuk aktifitas. Walaupun kebanyakan penghasil metan terbaik pada nilai pH netral, bakteri tetap aktif diluar kisaran pH ini (Whitman et al., 2006). Diketahui contoh penghasil metan acidofilik yang tumbuh dibawah pH 4,7 (Bräuer et al., 2006) dan penghasil metan alkalifilik yang tumbuh pada nilai pH sampai 10 (Mathrani et al., 1988). Beberapa proses biogas beroperasi di Swedia pada nilai pH sekitar 8 dan literatur juga berisi contoh proses biogas beroperasi pada nilai pH dibawah 6 (Savant et al 2002). Mikroorganisme pembentuk asam dapat mengatasi pH lebih rendah yaitu peruraian substrat sering sudah dimulai didalam tanki substrat, dengan pembentukan asam dan pH rendah sebagai hasil. Tetapi, produksi metan biasanya tidak terjadi disini karena pH terlalu rendah. Sebaliknya, ini dimulai dalam tanki digestion dimana pH secara signifikan lebih tinggi. Pertumbuhan mikroorganisme

pada bervariasi pH sering berkisar mengikuti pattern yang sama dengan pertumbuhan pada bervariasi suhu. Sehingga, pada semua interval pertumbuhan, nilai pH yang umumnya menghasilkan kecepatan paling besar adalah paling dekat terhadap nilai pH yang menghasilkan kematian cell.

### II.7.2. Suhu

Karena kecepatan digestion sangat kuat tergantung pada suhu, sehingga suhu mungkin merupakan parameter yang paling kritis untuk menjaga kestabilan proses dalam rentang yang diinginkan. Bakteri anaerobik dapat bertahan dalam rentang suhu yang lebar, dari pembekuan sampai 70° C, tetapi dapat dibedakan dalam dua rentangan: dari - 40° C sampai 25° C (mesofilik), dan dari 50° C sampai 65° C (termofilik). Suhu optimum untuk digestion mesofilik adalah 35° C dan digester harus dijaga pada suhu antara 30° C dan 35° C untuk mendapatkan fungsi yang lebih baik.

### II.7.3. Rasio C/N

Rasio C/N merupakan pengukuran jumlah relatif organik karbon dan nitrogen yang berada dalam umpan. Jika umpan mempunyai kandungan karbon cukup tinggi, maka perlu ditambahkan unsur nitrogen kedalamnya, bisa berupa kotoran hewan atau sumber nitrogen yang lain. Di dalam limbah pangan banyak mengandung unsur-unsur karbon (C), nitrogen (N) dan fosfat (P) yang merupakan sumber unsur utama dalam aktifitas dan pertumbuhan mikroorganisme.

Unsur-unsur karbon (C) dan nitrogen (N) adalah merupakan dua elemen penting yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroorganisme didalam proses fermentasi. Karbon merupakan sumber energi dan nitrogen diperlukan dalam pembentukan sel baru mikroba (Polprasert,1989). Rentang rasio C/N yang disarankan cukup luas yaitu antara 20 – 40, dengan nilai 25 level ideal yang digunakan. Rasio C/N rendah, atau terlalu banyak nitrogen, dapat menyebabkan banyak nitrogen yang diubah menjadi ammonia, yang akan membuat nilai pH diatas 8,5. Sedangkan dengan rasio C/N yang tinggi menyebabkan kecepatan konsumsi nitrogen meningkat oleh bakteri methanogenic dan kecepatan produksi gas lebih rendah.

Dalam biomassa mikroorganisme rasio massa C/N/P/S mendekati 100:10:1:1.

Kemudian ideal rasio substrat C/N adalah 20-30:1 dan rasio C/P adalah 150-200:1. Rasio C/N lebih tinggi dari pada 30 menyebabkan mikroorganisme lebih lambat berkembang biak karena pembentukan protein rendah dan dengan demikian energi dihasilkan rendah dan struktur bahan untuk metabolisme mikroorganisme rendah. Akibatnya efisiensi degradasi substrat rendah. Tetapi, dengan rasio C/N serendah 3:1 dapat mensukseskan *digestion*. Tetapi, bila rasio C/N rendah dan substrat kaya akan nitrogen yang

digunakan (sering dalam kasus penggunaan limbah kotoran hewan) kemungkinan gangguan ammonium harus dipertimbangkan. Ammonium walaupun mewakili bentuk ideal nitrogen untuk pertumbuhan cell mikroorganisme, adalah toxic terhadap *mesophilic methanogenic microorganisms* pada konsentrasi lebih dari 3000 mg/l dan pH diatas 7,4. Dengan meningkatnya pH toxicity akibat ammonium meningkat.

*Thermophilic methanogenic microorganisms* adalah umumnya lebih sensitive terhadap konsentrasi ammonium. Inhibisi sudah dapat terjadi pada konsentrasi 2200 mg/l ammonium nitrogen. Tetapi inhibisi ammonium sangat banyak dapat tergantung pada tipe substrat. Inhibisi ammonium dalam *thermophilic digestion* memperlihatkan konsentrasi inhibisi diatas 4900 mg/l bila menggunakan limbah susu non-fat sebagai substrat (Sung and Liu 2003). Inhibisi ammonium seperti ini dapat terjadi bila *digester leachate* di resirkulasi untuk mengencerkan substrat padat untuk *anaerobic digestion*. Resirkulasi harus ditangani dengan hati-hati.

Untuk menyelesaikan inhibisi ammonia bila menggunakan limbah peternakan dalam *anaerobic digestion* beberapa metode dapat digunakan:

(1). Kemungkinan pertama menggabungkan substrat yang berbeda untuk menciptakan campuran dengan kandungan nitrogen lebih rendah. Biasanya beberapa biomassa tanaman (seperti silage) ditambahkan ke limbah ternak cair dalam kasus tertentu.

(2). Kemungkinan kedua adalah mengencerkan substrat sampai tertentu, sehingga konsentrasi dalam *anaerobic digester* tidak melebihi konsentrasi toxicity. Metode ini harus ditangani dengan hati-hati. Hanya dalam beberapa kasus pengenceran bisa suatu larutan. Jika substrat memerlukan pengenceran terlalu banyak, kehilangan mikroorganisme bisa terjadi, yang menghasilkan kegagalan proses. Biasanya hanya ada batasan sempit operasi, substrat asli menyebabkan inhibisi ammonium, bila diencerkan sampai kebutuhan tertentu untuk menghentikan inhibisi ammonia, dan sudah kehilangan bakteri karena pengenceran terjadi.

Juga kemungkinan ammonium perlu disisihkan dari cairan digester. Metode ini biasanya membutuhkan biaya paling efektif namun jarang digunakan. Salah satu proses pemisahan adalah menggunakan proses stripping ammonia dari cairan. Metode ini sudah banyak digunakan secara komersial (GNS, 2009).

#### II.7.4. Waktu Tinggal Hidrolik

Jumlah waktu umpan yang tinggal didalam digester dikenal dengan waktu tinggal (Retention time). Semakin lama waktu tinggal substrat berada didalam digester dibawah kondisi reaksi yang baik, lebih banyak degradasi substrat yang akan terjadi. Tetapi, kecepatan reaksi akan menurun dengan bertambahnya

waktu tinggal, ini menunjukkan bahwa ada waktu optimal yang akan tercapai dalam digester.

Guerrero et al. (1999) mempelajari pengaruh HRT pada proses hidrolisis dan asidifikasi air limbah yang kaya akan organik dan protein berbentuk padatan tersuspensi didalam reactor berpengaduk kontinyu. Efisiensi diperoleh adalah sebesar 44 % untuk proses asidifikasi dan penyisihan protein sebesar 80 % dengan reactor dioperasikan pada HRT dalam rentang 6 sampai 48 jam.

Soeprijanto (2000 dan 2002) mempelajari pengaruh HRT pada reactor anaerobik berpengaduk kontinyu menggunakan asam asetat sebagai substrat. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai HRT dari 1,48 – 1,64 jam, maka penyisihan asam asetat semakin meningkat dari 90 –100 mg HAc/l.

Fang dan Yu (2002) dan Yu dan Fang (2003) mempelajari pengaruh HRT dan konsentrasi influent pada hidrolisis air limbah gelatin. Proses degradasi meningkat dari 84,1 sampai 89,6 %, dengan peningkatan HRT dari 4 sampai 24 jam, tetapi degradasi menurun dari 65,2 sampai 51,9 % dengan kenaikan konsentrasi influent dari 2 sampai 30 g COD/l. Ramasamy et al. (2004) menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD diperoleh sebesar 95,6 sampai 96,3 % terjadi pada nilai HRT sebesar 3 jam, menggunakan air limbah susu dalam reactor UASB.

#### II.7.5. Laju Beban Organik

Parameter untuk mengendalikan adalah beban organik, yang menentukan berapa banyak umpan organik yang masuk menuju digester. Lebih tinggi OLR yang diumpankan akan membutuhkan lebih banyak bakteri, hal ini yang bisa menyebabkan system tidak bekerja dengan baik, jika tidak disiapkan. Salah satu bahaya peningkatan OLR adalah akan berperannya bakteri acidogenic, yang beraksi awal dalam proses digestion dan reproduksi dengan cepat, akan berkembang dan memproduksi asam dengan cepat. Bakteri methanogenic membutuhkan waktu yang lebih lama untuk meningkatkan populasinya, sehingga tidak akan dapat mengkonsumsi asam-asam pada waktu yang tepat. Bila pH dalam system menurun, hal ini akan membunuh banyak bakteri methanogen dan diteruskan dengan terhentinya *digestion*. Indikasi awal dari kejadian ini adalah produksi biogas rendah dan bahkan nilai pH rendah. Guerrero et al. (1999) mempelajari pengaruh menggunakan beban organik (OLR) cukup tinggi sampai 400 kg COD/m<sup>3</sup>.hari. Hasil yang diperoleh adalah efisiensi penyisihan untuk proses asidifikasi sebesar 44 % dan penyisihan protein sebesar 80 %. Ramasamy et al. (2004) menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan COD diperoleh sebesar 95,6 sampai 96,3 % terjadi pada beban organik dalam rentang antara 7,2 sampai 10,8 kg/m<sup>3</sup>.hari, dengan menggunakan air limbah susu dalam reactor UASB. Del Pozo dan Diez (2005) mempelajari penyisihan air limbah dari rumah potong hewan menggunakan reactor fixed-film

anaerobic-aerobik terintegrasi. Efisiensi penyisihan bahan organik dapat dicapai sebesar 93 % dengan OLR 0,77 kg COD/m<sup>3</sup>.hari.

### III. Strategi, Rencana Kegiatan, dan Keberlanjutan

#### III.1. Strategi

Strategi pencapaian dari hasil pengkajian melalui beberapa kegiatan survey lapangan, dengan mengevaluasi banyaknya sumber bahan baku kotoran sapi yang berpotensi sebagai energi terbarukan. Survey lapangan adalah sebagai salah satu kegiatan yang sudah dilakukan pada bulan 08 Oktober 2015 tahun yang lalu.

Untuk memenuhi kebutuhan energi terbarukan biogas dari bahan baku kotoran sapi, Kepala Desa Jumput minta bantuan Tim ahli dari ITS untuk memberikan satu contoh *biodigester*. Tujuan pengembangan percontohan ini adalah agar masyarakat lain disekitarnya tertarik untuk menggunakan biogas sebagai bahan bakar.

#### III.2. Rencana Kegiatan

Rencana kegiatan dilakukan pada bulan I untuk melakukan koordinasi dengan Kepala desa Jumput Kecamatan Sukosewu Kabupaten Bojonegoro dan meninjau lokasi tempat sumber kotoran sapi dan lokasi tempat pembangunan *biodigester*. Bulan ke-2 sampai ke-4 akan dilakukan proses desain alat, persiapan materi dan bahan untuk pembangunan *biodigester*, dan dilanjutkan dengan pembangunan *biodigester*. Bulan ke 5 sampai ke 7, melakukan uji coba *biodigester* yang sudah jadi dibangun, melakukan sosialisasi kepada masyarakat, dan mengevaluasi hasil gas yang telah dihasilkan. Bulan ke 8 membuat laporan hasil pembangunan *biodigester* yang sudah diselesaikan.

#### III.3. Keberlanjutan

Kepala desa Jumput mempunyai program untuk mengembangkan energi terbarukan biogas dari bahan baku kotoran sapi bekerja sama dengan ITS. Setelah satu bioreaktor dome yang sudah dibangun digunakan sebagai percontohan, kemudian program selanjutnya yang akan dilakukan oleh Kepala Desa membangun lagi *biodigester* baru ke lokasi lain dekat dengan sumber bahan baku kotoran sapi. Pendanaan selanjutnya untuk pembangunan plant *biodigester* akan diupayakan oleh Kepala Desa dengan mengajukan dana berasal Pemerintah melalui anggaran daerah dan mengajukan melalui program *Community Social Responsibility* (CSR) dari instansi lain.

### IV. Organisasi Tim dan Jadwal Kegiatan

#### IV.1. Organisasi Tim Pengabdian (Termasuk Kompetensi dan Tanggung Jawab dalam Tim)

No.	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Instansi	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1	Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc.	Bioteknologi Pengolahan Limbah	DIII Teknik Kimia FTI – ITS	20/36
2	Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA	Operasi Teknik Kimia	DIII Teknik Kimia FTI – ITS	15/36
3	Prof. Dr. Ir. Danawati H.P., M.Pd	Operasi Teknik Kimia	DIII Teknik Kimia FTI – ITS	15/36
4	Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.	Operasi Teknik Kimia	DIII Teknik Kimia FTI – ITS	15/36
5	Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng.	Operasi Teknik Kimia	DIII Teknik Kimia FTI – ITS	15/36
6	Ir. Budi Setiawan, MT.	Operasi Teknik Kimia	DIII Teknik Kimia FTI – ITS	15/36
7	Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT.	Analisa Kimia	DIII Teknik Kimia FTI – ITS	15/36
8	Achmad Ferdiansyah P.P, ST, MT	Proses Teknik Kimia	DIII Teknik Kimia FTI – ITS	15/36
9	Nurlaili Humaidah, ST, MT	Proses Teknik Kimia	DIII Teknik Kimia FTI – ITS	15/36
10	Ir. Arino Anzip, MengSc.	Pneumatic & Hidrolik System Teknik Mesin	DIII Teknik Mesin FTI-ITS	15/36

#### IV.2. Mahasiswa yang Dilibatkan (Termasuk judul TA/Tesis/Disertasi serta rencana judul PKM)

No	Nama Mahasiswa	NRP	Judul Tugas Akhir
1	Fanina Aulia Rachma Avidata Sarah	2313 030 052 2313 030 056	Pembuatan biogas dari limbah cair industri sau menggunakan bioreaktor fixed dome
2	Akhmad Reski Kurniawan Hilyatul	2313 030 054 2313 030 076	Pembuatan biogas dari vinasse: Limbah iindustri

#### IV.3. Jadwal

Pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat dalam pembuatan biogas di desa Jumput Kecamatan Sukosewu Kabupaten Bojonegoro direncanakan selama 8 bulan. Adapun jadwal pelaksanaan dapat dilihat pada Tabel 2\

TABEL 2 Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dalam pembuatan biogas dari kotoran sapi menggunakan *biodigester* di Desa Jumput Kecamatan Sukosewu Kabupaten Bojonegoro.

No	Uraian Kegiatan	Bulan							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	Peninjauan lapangan dan kordinasi dengan kepala desa Jumput	■							
2	Proses desain <i>biodigester</i>		■						
3	Persiapan materi dan bahan			■					
4	Pembangunan <i>biodigester</i>				■				
5	Uji coba proses fermentasi					■			
6	Sosialisasi ke masyarakat						■		
7	Evaluasi produksi biogas							■	
8	Pembuatan Laporan								■

## V. Hasil Kegiatan Pengabdian Masyarakat



Fig. 3. Lokasi kantor kepala desa Jemput kabupaten Bojonegoro.



Fig 4. Mengunjungi kandang sapi untuk melihat kapasitas kotoran sapi.



Fig 5. Pembangunan tempat pengumpulan kotoran sapi sudah selesai.



Fig 6 Pemasangan kompor gas dan digester setelah diisi dengan kotoran sapi dan dibiarkan selama 2 minggu sudah terbentuk biogas dengan diamati terjadi perbedaan tekanan yang ditunjukkan pada alat manometer. Kompor menyala setelah disulut api dengan korek api.



Fig 7 Mengunjungi masyarakat dan kepala desa Jemput

## Daftar Pustaka

- [1] APHA, AWWA and WEF (1995). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Am. Publ. Hlth. Assoc., Washington, D.C.
- [2] Borja, R., Martin, A., Sanchez, E., Rincon, B., dan Raposo, F. (2005). *Process Biochemistry*, **40**,1841-1847.
- [3] Borup, M.B. dan Muchmore, D.R. (1992). Food-processing Waste. *Water Environ. Res.*,**64**(4), 413-417.
- [4] Del Pozo, R dan Diez, V. (2005). Integrated Anaerobic-aerobic Fixed-film Reactor for Slaughterhouse Wastewater Treatment. *Water Res.*, **39**, 1114-1122.
- [5] Driessen, W. dan Yspeert, P. (1999). Anaerobic Treatment of Low, Medium and High Strength Effluent in The Agro-Industry. *Wat. Sci. Tech.*, **8**, 221-228.
- [6] Fang, H.H.P. dan Yu, H.Q. (2002). Mesophilic acidification of Gelatinaceous Wastewater. *J. Biotechnol.*, **93** (2), 99 –108.
- [7] Guerrero, L., Omil, F., Mendez, R. dan Lema, J.M. (1999). Anaerobic Hydrolysis and Acidogenesis of Wastewaters from Food Industries with High Content of Organic Solids and Protein. *Wat. Res.*, **33**, 15, 3281-3290.
- [8] Han, S.K. dan Shin, H.S. (2002). Enhanced Acidogenic Fermentation of Food Waste in a Continuous-flow Reactor. *Waste Manage. Res.* **20**, 110-118.
- [9] Imai, T., Ukita, M., Sekine, M., Fukagawa, M., dan Nakanishi, H. (2000). Fact-finding Survey of Actual Garbage Discharged from Dormitory and its Biological Anaerobic-aerobic Treatment. *Wat. Sci. Technol.* **41**, 129-135.

- [10] Kasapgil Ince, B., Ince, O., Sallis, P.J. dan Anderson, G.K. (2000). Inert COD Production in a Membrane Anaerobic Reactor Treating Brewery Wastewater. *Wat. Res.*, **34**(16), 3441-3447.
- [11] Lettinga, G. dan Hulshoff Pol, L.W. (1991). UASB Process Design for Various Types of Wastewaters. *Wat. Sci. Tech.*, **24**, 87-107.
- [12] Lettinga, G., Field, J., Van Lier, J., Zeeman dan Hulshoff Pol, L.W. (1997). Advanced Anaerobic Wastewater Treatment in the Near Future. *Wat. Sci. Tech.*, **24**, 87-107.
- [13] Liu, H.W., Walter, H.K., Vogt, G.M., Vogt, H.S. dan Holbein, B.E. (2002). Steam Pressure Disruption of Municipal Solid Waste Enhances Anaerobic Digestion Kinetics and Biogas Yield. *Biotechnol. Bioeng.* **77**, 121-129.
- [14] Matthur, R.S. Gaur, A.C., Magu, S.P. dan Sadasivan, K.V. (1986). Accelerated Composting and Improved Yield. *Biocycle*, **27**, 42-45.
- [15] Park, J.I., Yun, Y.S. dan Park, J.M. (2002). Long Term Operation of Slurry Bioreactor for Decomposition of Food Wastes. *Bioresour. Technol.* **84**, 101-104.
- [16] Poompavai, S. (2002). Treatment of Different Industry Wastewaters. Mphil Thesis, Pondicherry University, Pondicherry, 103.
- [17] Ramasamy, E.V., Gajalakshmi, S., Sanjeevi, R., Jithes, M.N. dan Abbasi, S.A. (2004). Feasibility Studies on the Treatment of Dairy Wastewaters with Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors. *Bioresource Technology*, **93**, 209-212.
- [18] Ratnani, R., D, Hartati, I. dan Kurniasari, L. (2011). Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia Crasipes*) Untuk Menurunkan Kandungan COD, pH, Bau, dan Warna Pada Limbah Cair Tahu; *Momentum*, **7**, 1, 41 – 47.
- [19] Shin, H.S., Han, S.K., Song, Y.C., dan Lee, C.Y. (2001). Performance of UASB Reactor Treating Leachate from Acidogenic Fermenter in the Two-phase Anaerobic Digestion of Food Waste. *Wat. Res.*, **35**, 3441-3447.
- [20] Shuler, M.L. dan Kargi, F. (1992). *Bioprocess Engineering: Basic Concepts*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- [21] Soeprijanto, Tontowi Ismail, Murtina Dwi L, dan Bernadeta Niken (2010). Pengolahan Vinasse dari Air Limbah Industri Alkohol Menjadi Biogas Menggunakan Bioreaktor UASB. *Jurnal*
- [22] Purifikasi.
- [23] Tsukahara, K., Yagishita, T., Ogi, T. dan Sawayama, S. (1999). Treatment of Liquid Fraction Separated from Liquidised Food Waste in an Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor. *J. Biosci. Bioeng.* **87**, 554-556.
- [24] Wibisono, R., Armadi, B. H., dan Feriyanto, B., 2014; ECENG GONDOK, MASALAH MENJADI MANFAAT; Proceedings Seminar Nasional Teknik Mesin Universitas Trisakti 2014; ISBN: 978-602-70012-0.
- [25] World Bank Group (1998). *Pollution Prevention and Abatement Handbook: Sugar Manufacturing*. Environmental Department, Washington DC.
- [26] Yu, H.Q. dan Fang, H.H.P. (2003). Acidogenic of Gelatine-rich Wastewater in an Upflow Anaerobic Reactor: Influence of Ph and Temperature. *Water Res.*, **37** (1), 55 – 66.
- [27] Yun, Y.S., Park, J.I., Suh, M.S. dan Park, J.M. (2000). Treatment of Food Wastes Using Slurryphase Decomposition. *Bioresour. Technol.* **73**, 21-27.
- [28] Zoutberg, G.R dan Eker, Z. (1999). Anaerobic Treatment of Potato Processing Wastewater. *Wat. Sci. Tech.*, **40**(1), 297-304.

## Authors' information

### KETUA

Prof. Dr.Ir.Soeprijanto, M.Sc.

### ANGGOTA :

Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA

Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P

Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng

Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT.

Ir. Budi Setiawan, MT.

Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT.

Achmad Ferdiansyah P.P, ST, MT.

Nurlaili Humaidah, ST, MT.

Ir. Arino Anzip, MEngSc.