



PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

**BIOGAS LIMBAH ORGANIK SEBAGAI SUMBER ENERGI
ALTERNATIF**

BIDANG KEGIATAN :
PKM-GT

Oleh :

YULIANE CHRISILLA NAU (G74070032) ANGKATAN 2007
KARINA OKTAVIA NINGSIH (G74070009) ANGKATAN 2007
HUSEIN SLAMET RAMDHANI (G74060856) ANGKATAN 2006

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2009**

HALAMAN PENGESAHAN

USUL PKM-GT

1. Judul kegiatan : BIOGAS LIMBAH ORGANIK SEBAGAI SUMBER
ENERGI ALTERNATIF
2. Bidang Kegiatan : () PKM-AI () PKM-GT
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
 - a. Nama Lengkap : Yuliane Chrisilla Nau
 - b. NIM : G74070032
 - c. Jurusan : Fisika
 - d. Universitas/Institut/Politeknik : Institut Pertanian Bogor

Bogor, 28Maret 2009

Menyetujui
Ketua Jurusan/Program Studi/
Pembimbing Unit
Kegiatan Mahasiswa

Ketua Pelaksana
Kegiatan

(Dr. Ir. Irzaman, M.Si)
NIP. 132 133 395

(Yuliane Ch. Nau)
NIM. G74070032

Pembantu atau Wakil Rektor
Bidang Kemahasiswaan/
Direktur Politeknik/
Ketua Sekolah Tinggi,

Dosen Pendamping

(Prof. Dr. Ir. H. Yonny Koesmaryono, M,S)
NIP.131 473 999

(Dr. Ir. Irmansyah,M.Si)
NIP.132 104 953

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat, karunia dan bimbingan-Nya kami dapat menyelesaikan karya tulis dengan judul **Biogas Limbah Organik sebagai Sumber Energi Alternatif**. Karya tulis ilmiah ini disusun sebagai keikutsertaan penulis dalam Program Kreativitas Mahasiswa yang diselenggarakan oleh Dikti.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Ir. Irmansyah , M. Si selaku dosen pembimbing, orang tua yang memberikan motivasi dan semua pihak yang turut mendukung dalam pembuatan karya tulis ini.

Besar harapan penulis agar karya tulis ini dapat bermanfaat bagi masyarakat dan dapat diaplikasikan untuk membantu menyelesaikan permasalahan krisis energi khususnya bahan bakar minyak.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar lebih baik lagi dalam pembuatan karya tulis ilmiah berikutnya.

Bogor, 28 Maret 2009

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
RINGKASAN	vi
PENDAHULUAN	1
TELAAH PUSTAKA	3
Biomassa	3
Digester	4
Biogas	6
METODE PENULISAN.....	7
ANALISIS DAN SINTESIS.....	8
SIMPULAN DAN SARAN	15
DAFTAR PUSTAKA	16
LAMPIRAN.....	19

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana.....	3
Gambar 2. Reaktor tipe <i>fixed dome</i>	10

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi biogas	11
Tabel 2. <i>Retention Time Patogen</i>	12

RINGKASAN

Laju pertumbuhan jumlah penduduk yang tidak sesuai dengan peningkatan produksi pangan dan perluasan lapangan pekerjaan, serta keterbatasan sumber daya alam yang tersedia menyebabkan terancamnya kelangsungan hidup manusia sebagai konsumen terbesar di alam. Begitu juga dengan bahan bakar minyak (BBM) sebagai sumber energi yang diandalkan juga mulai mengalami kelangkaan. Eksploitasi sumber daya alam terutama minyak bumi yang berlebihan telah memberikan ancaman terhadap lingkungan dan keselamatan manusia itu sendiri sehingga sangat dibutuhkan sumber energi lain sebagai sumber energi alternatif yang murah dan dapat dijangkau semua kalangan. Salah satu sumber energi tersebut adalah Biogas .

Tujuan dari penulisan karya tulis ilmiah ini untuk mencari dan memberikan solusi terkait masalah kelangkaan bahan bakar minyak dengan menggunakan pemanfaatan biogas sebagai sumber bahan bakar terbarukan dalam upaya meningkatkan ketahanan energi nasional. Perumusan masalah dalam karya tulis ilmiah ini yaitu pemanfaatan biogas sebagai sumber bahan bakar pengganti minyak tanah yang dapat diperbaharui dan murah serta keunggulan biogas dalam membantu meningkatkan perekonomian masyarakat desa, misalnya lumpur limbah biogas sebagai pupuk untuk diperjualbelikan.

Biogas merupakan energi tanpa menggunakan material yang masih memiliki manfaat termasuk biomassa sehingga biogas tidak merusak keseimbangan karbondioksida yang diakibatkan oleh penggundulan hutan dan kerusakan tanah. Energi biogas dapat berfungsi sebagai energi pengganti bahan bakar fosil sehingga akan menurunkan gas rumah kaca di atmosfer dan emisi lainnya. Metana merupakan salah satu gas rumah kaca yang keberadaannya di atmosfer akan meningkatkan temperatur, dengan menggunakan biogas sebagai bahan bakar maka akan mengurangi gas metana di udara dan dapat mengurangi temperatur. Limbah berupa sampah kotoran hewan dan manusia merupakan material yang tidak bermanfaat, bahkan bisa mengakibatkan racun yang sangat berbahaya bagi lingkungan maupun penduduknya sendiri. Aplikasi anaerobik digestion akan meminimalkan efek tersebut dan meningkatkan nilai manfaat dari limbah. Selain keuntungan energi yang didapat dari proses anaerobik digestion dengan menghasilkan gas bio, produk samping seperti sludge. Material ini diperoleh dari sisa proses anaerobik digestion yang berupa padat dan cair. Masing-masing dapat digunakan sebagai pupuk berupa pupuk cair dan pupuk padat. Pupuk ini dapat menambah penghasilan bagi masyarakat setempat (Yuli Setyo Indartono, 2006, N. Agung Pambudi, 2008).

Tulisan dalam karya tulis ini bersifat kajian pustaka atau *library research*. Data yang diperoleh disajikan secara deskriptif sehingga menunjukkan suatu kajian ilmiah yang dapat dikembangkan dan diterapkan lebih lanjut. Adapun objek

tulisan ini adalah potensi dari biomassa berupa limbah seperti kotoran hewan dan sampah organik lainnya sebagai penghasil biogas dalam rangka diversifikasi

Sumber energi alternatif. Sumber energi tersebut dapat diterapkan sebagai langkahantisipasi dari kelangkaan bahan bakar minyak dan menunjang perekonomian masyarakat desa yang memiliki tingkat pendapatan rendah. Informasi yang dikumpulkan adalah informasi yang berkaitan dengan sumber energi alternatif, biogas dan literatur tentang pembuatan dan pemanfaatan biogas itu sendiri. Informasi ini diperoleh dari berbagai literatur baik berupa artikel maupun jurnal yang relevan dengan objek yang akan dikaji.

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH_4). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil nilai kalor. Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter yaitu : Menghilangkan hidrogen sulphur, kandungan air dan karbon dioksida (CO_2). Hidrogen sulphur mengandung racun dan zat yang menyebabkan korosi, bila biogas mengandung senyawa ini maka akan menyebabkan gas yang berbahaya sehingga konsentrasi yang di ijinakan maksimal 5 ppm. Bila gas dibakar maka hidrogen sulphur akan lebih berbahaya karena akan membentuk senyawa baru bersama-sama oksigen, yaitu sulphur dioksida (SO_2) atau sulphur trioksida (SO_3). Senyawa ini lebih beracun. Pada saat yang sama akan membentuk Sulphur acid (H_2SO_3) suatu senyawa yang lebih korosif. Parameter yang kedua adalah menghilangkan kandungan karbon dioksida yang memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas, sehingga gas dapat digunakan untuk bahan bakar kendaraan. Kandungan air dalam biogas akan menurunkan titik penyalan biogas serta dapat menimbulkan korosif (M.S. Horikawa dkk, 2004, M.S. Horikawa dkk, 2004, Virendra K. Vijay dkk, 2006, U. Marchaim, 2007). Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik dengan bantuan bakteri anaerob pada lingkungan tanpa oksigen bebas. Energi gas bio didominasi gas metan (60% - 70%), karbondioksida (40% - 30%) dan beberapa gas lain dalam jumlah lebih kecil. Gas metan termasuk gas rumah kaca (*greenhouse gas*), bersama dengan gas karbon dioksida (CO_2) memberikan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global. Pengurangan gas metan secara lokal ini dapat berperan positif dalam upaya penyelesaian permasalahan global.

Biogas tidak hanya mudah untuk diperoleh karena berasal dari limbah-limbah organik yang ada di sekitar masyarakat sendiri, tetapi dapat juga menjadi energi alternatif yang dapat dijangkau semua kalangan masyarakat. Penulis juga ingin memberikan rekomendasi kepada masyarakat bahwa biogas juga dapat membantu meningkatkan perekonomian karena biogas sebagai energi alternatif yang dapat digunakan untuk pengganti bahan bakar minyak. Selain itu, keunggulan yang dimiliki biogas adalah sebagai bahan bakar yang terbaharui.

PENDAHULUAN

Menipisnya cadangan bahan bakar fosil dan meningkatnya populasi manusia sangat kontradiktif dengan kebutuhan energi bagi kelangsungan hidup manusia beserta aktivitas ekonomi dan sosialnya. Sejak lima tahun terakhir Indonesia mengalami penurunan produksi minyak nasional akibat menurunnya cadangan minyak pada sumur-sumur produksi secara alamiah. Padahal dengan penambahan jumlah penduduk meningkat pula kebutuhan akan sarana transportasi dan aktivitas industri yang berakibat pada peningkatan kebutuhan dan konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM). Untuk memenuhi kebutuhan BBM tersebut, pemerintah mengimpor sebagian BBM.

Melihat kondisi tersebut, Pemerintah telah mengeluarkan **Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional** untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti BBM. Walaupun kebijakan tersebut menekankan penggunaan batu bara dan gas sebagai pengganti BBM, tetapi juga menetapkan sumber daya yang dapat diperbaharui sebagai alternatif pengganti BBM. Oleh karena itu eksplorasi dan eksploitasi terhadap sumber-sumber alternatif saat ini menjadi sebuah kebutuhan. Salah satu bioenergi yang dapat menjadi energi alternatif dalam upaya penghematan energi dan penyelamatan lingkungan adalah biogas.

Sebagian besar penduduk Indonesia masih mengandalkan pada sektor pertanian dan peternakan untuk menggerakkan roda perekonomian. Tanpa disadari, produk-produk pertanian dan peternakan tersebut menghasilkan hasil sampingan yang belum banyak mendapatkan perhatian, bahkan dianggap sebagai sampah yang tidak dimanfaatkan. Pada umumnya, limbah tersebut dimanfaatkan sebagai pupuk kandang. Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik dengan bantuan bakteri anaerob pada lingkungan tanpa oksigen bebas. Energi gas bio didominasi gas metan (60% - 70%), karbondioksida (40% - 30%) dan beberapa gas lain dalam jumlah lebih kecil. Gas metan termasuk gas rumah kaca

(*greenhouse gas*), bersama dengan gas karbon dioksida (CO_2) memberikan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global. Pengurangan gas metan secara lokal ini dapat berperan positif dalam upaya penyelesaian permasalahan global.

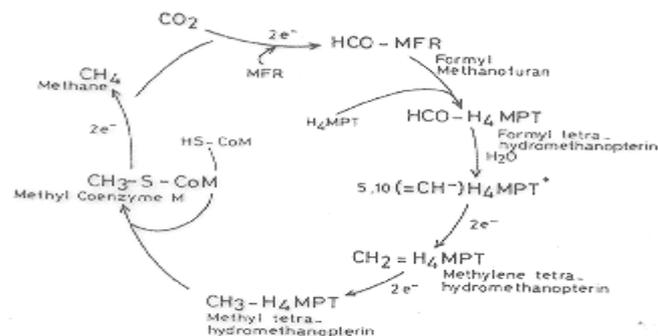
Pada prinsipnya, pembuatan gas bio sangat sederhana, hanya dengan memasukkan substrat (kotoran ternak) ke dalam *digester* yang anaerob. Dalam waktu tertentu gas bio akan terbentuk yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi, misalnya untuk kompor gas atau listrik. Penggunaan *biodigester* dapat membantu pengembangan sistem pertanian dengan mendaur ulang kotoran ternak untuk memproduksi gas bio dan diperoleh hasil samping (*by-product*) berupa pupuk organik. Selain itu, dengan pemanfaatan *biodigester* dapat mengurangi emisi gas metan (CH_4) yang dihasilkan pada dekomposisi bahan organik yang diproduksi dari sektor pertanian dan peternakan, karena kotoran sapi tidak dibiarkan terdekomposisi secara terbuka melainkan difermentasi menjadi energi gas bio.

TELAAH PUSTAKA

Biomassa

Biomassa berupa limbah dapat berupa kotoran ternak bahkan tinja manusia, sisa-sisa panen seperti jerami, sekam dan daun-daunan sortiran sayur dan sebagainya. Namun, sebagian besar terdiri atas kotoran ternak. Dan pada karya tulis kali ini pun kami membahas Biogas yang berasal dari kotoran ternak seperti sapi dan kambing (Sanjeevani Munasinghe, 2000, Yuli Setyo Indartono, 2006, N. Agung Pambudi, 2008).

Biogas merupakan sebuah proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri. Proses degradasi material organik ini tanpa melibatkan oksigen disebut *anaerobik digestion*. Gas yang dihasilkan sebagian besar (lebih 50 %) berupa metana. Material organik yang terkumpul pada digester (reaktor) akan diuraikan menjadi dua tahap dengan bantuan dua jenis bakteri. Tahap pertama material organik akan didegradasi menjadi asam-asam lemah dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Bakteri ini akan menguraikan sampah pada tingkat hidrolisis dan asidifikasi. Hidrolisis yaitu penguraian senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, karbohidrat menjadi senyawa yang sederhana. Sedangkan asidifikasi yaitu pembentukan asam dari senyawa sederhana. Seperti yang terlihat pada bagan dibawah ini :



Proses penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana (gambar 1)

Setelah material organik berubah menjadi asam asam, maka tahap kedua dari proses anaerobik digestion adalah pembentukan gas metana dengan bantuan bakteri pembentuk metana seperti *methanococcus*, *methanosarcina*, *methanobacterium* (Garcelon dkk, 2001, HBS, 2006).

Perkembangan proses *anaerobik digestion* telah berhasil pada banyak aplikasi. Proses ini memiliki kemampuan untuk mengolah sampah atau limbah yang keberadaannya melimpah dan tidak bermanfaat menjadi produk yang lebih bernilai. Aplikasi *anaerobik digestion* telah berhasil pada pengolahan limbah industri, limbah pertanian limbah peternakan dan *municipal solid waste* (Jan K. Jensen, Anker B. Jensen 2000, Zoltan Bagi, 2004).

Sejarah penemuan proses *anaerobik digestion* untuk menghasilkan biogas tersebar di benua Eropa. Penemuan ilmuwan Volta terhadap gas yang dikeluarkan di rawa-rawa terjadi pada tahun 1770, beberapa dekade kemudian, Avogadro mengidentifikasi tentang gas metana (M.S. Horikawa dkk, 2004, N. Agung Pambudi, 2008).

Digester

Digester yang dibangun menggunakan tandon air dengan kapasitas 2000 liter sedangkan penampung gasnya berkapasitas 250 liter. Instalasi biogas ini merupakan penggabungan antara *fixed dome* untuk *digester* dan *floating drum* untuk penampung gas, seperti terlihat pada gambar dibawah. *Digester* yang digunakan ditempatkan sebagian dalam tanah, hal ini dimaksudkan untuk menjaga temperatur tetap stabil sehingga tidak terjadi perubahan temperatur. Perubahan temperatur akan mengakibatkan bakteri yang terdapat dalam *digester* menjadi tidak optimal atau bahkan mati. Sedangkan penggunaan penampung gas secara *floating drum* yakni dimaksudkan agar dapat diamati produksi biogas yang dihasilkan, dengan dihitung kenaikan penampung gas yang diakibatkan oleh tekanan gas yang berada dalam penampung gas tersebut. Instalasi yang dibangun meliputi saluran inlet, *digester*, saluran outlet dan penampung gas. Untuk

mencegah timbulnya kerak pada dasar *digester* dan lapisan atas *slurry*, maka dibuat sebuah pengaduk manual. Hal ini dikarenakan lapisan kerak dapat mencegah gas yang akan keluar dari *digester* (anonim, 1981). Lapisan kerak tersebut dapat mempengaruhi perkembangan mikroorganisme yang erat hubungannya dengan produksi biogas. Pengadukan juga memberikan kondisi temperatur yang homogen dalam *digester* (Taconi dalam Ginting, 2006). Menurut anonim (1981) pengadukan pada *digester* dapat meningkatkan produksi gas sebesar 10 – 15% dibandingkan dengan yang tidak diaduk. Untuk menghilangkan H₂O yang ikut dalam aliran gas maka perlu adanya water trap. Perangkat H₂O biogas akan dilewatkan melalui pipa T yang terhubung dengan tabung air. Uap air yang ikut bersama biogas diharapkan turun melalui pipa ke tabung penampung air (Yunus, 1987).

Setelah tahun 1875 dipastikan bahwa biogas merupakan produk dari menggunakan kotoran hewan. Era penelitian Pasteour menjadi landasan untuk penelitian biogas hingga saat ini. Pada akhir abad ke-19 ada beberapa riset dalam bidang ini dilakukan. Jerman dan Perancis melakukan riset pada masa antara dua Perang Dunia dan beberapa unit pembangkit biogas dengan memanfaatkan limbah pertanian. Selama Perang Dunia II banyak petani di Inggris dan benua Eropa yang membuat *digester* kecil untuk menghasilkan biogas yang digunakan untuk menggerakkan traktor. Karena harga BBM semakin murah dan mudah memperolehnya pada tahun 1950-an pemakaian biogas di Eropa ditinggalkan. Namun, di negara-negara berkembang kebutuhan akan sumber energi yang murah dan selalu tersedia selalu ada. Kegiatan produksi biogas di India telah dilakukan semenjak abad ke-19. Alat pencernaan anaerobik pertama dibangun pada tahun 1900 (B. Nagamani and K. Ramasamy, 2006). Negara berkembang seperti China, Filipina, Korea, Taiwan, dan Papua Niugini, telah melakukan berbagai riset dan pengembangan alat pembangkit gas bio dengan prinsip yang sama, yaitu menciptakan alat yang kedap udara dengan bagian-bagian pokok terdiri atas pencernaan (*digester*), lubang pemasukan bahan baku dan pengeluaran lumpur sisa hasil pencernaan (*slurry*) dan pipa penyaluran gas bio yang terbentuk. Secara

sederhana, gas metana dapat digunakan untuk keperluan memasak dan penerangan menggunakan kompor gas sebagaimana halnya elpiji (Jan K. Jensen, Anker B. Jensen, 2000, Prof. Li Kangmin, 2006).

Biogas

Biogas sebagian besar mengandung gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), dan beberapa kandungan yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen sulfida (H_2S) dan ammonia (NH_3) serta hidrogen dan (H_2), nitrogen yang kandungannya sangat kecil (M.S. Horikawa dkk, 2004, Virendra K. Vijay dkk, 2006, U. Marchaim, 2007).

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik dengan bantuan bakteri anaerob pada lingkungan tanpa oksigen bebas. Energi gas bio didominasi gas metan (60% - 70%), karbondioksida (40% - 30%) dan beberapa gas lain dalam jumlah lebih kecil. Gas metan termasuk gas rumah kaca (*greenhouse gas*), bersama dengan gas karbon dioksida (CO_2) memberikan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global. Pengurangan gas metan secara lokal ini dapat berperan positif dalam upaya penyelesaian permasalahan global. Pada prinsipnya, pembuatan gas bio sangat sederhana, hanya dengan memasukkan substrat (kotoran ternak) ke dalam *digester* yang anaerob. Dalam waktu tertentu gas bio akan terbentuk yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi, misalnya untuk kompor gas atau listrik. Penggunaan *biodigester* dapat membantu pengembangan sistem pertanian dengan mendaur ulang kotoran ternak untuk memproduksi gas bio dan diperoleh hasil samping (*by-product*) berupa pupuk organik. Selain itu, dengan pemanfaatan *biodigester* dapat mengurangi emisi gas metan (CH_4) yang dihasilkan pada dekomposisi bahan organik yang diproduksi dari sektor pertanian dan peternakan, karena kotoran sapi tidak dibiarkan terdekomposisi secara terbuka melainkan difermentasi menjadi energi gas bio (Amaru dkk, 2004).

METODE PENULISAN

Perumusan masalah dalam karya tulis ilmiah ini yaitu pemanfaatan biogas sebagai sumber bahan bakar pengganti minyak tanah yang dapat diperbaharui dan murah serta keunggulan biogas dalam membantu meningkatkan perekonomian masyarakat desa, misalnya lumpur limbah biogas sebagai pupuk untuk diperjualbelikan.

Untuk membahas karya tulis ilmiah ini, maka dibutuhkan pemahaman akan kerangka utuh di balik penyusunan karya tulis ilmiah ini. Pertama dijelaskan tentang latar belakang dan tujuan mengenai mengapa karya tulis ini dibuat, hal ini tertuang dalam BAB PENDAHULUAN. Kedua, masalah yang dikaji, perlu adanya uraian yang menunjukkan landasan teori, konsep-konsep yang relevan, pendapat-pendapat, serta solusi dari masalah-masalah yang dikaji, hal ini tertuang dalam BAB TINJAUAN PUSTAKA. Ketiga, dilakukan mengikuti metode yang benar dengan menguraikan secara cermat cara pengumpulan data atau informasi, pengolahan data atau informasi, analisis hasil serta merumuskan saran atau rekomendasi, hal ini tertuang dalam BAB METODE PENULISAN. Keempat, setelah mengetahui akar permasalahannya barulah menginjak pada analisis permasalahan yang didasarkan pada data serta tinjauan pustaka yang menghasilkan alternatif model pemecahan masalah, hal ini tertuang dalam BAB ANALISIS DAN PEMBAHASAN. Kelima, simpulan yang konsisten dengan analisis permasalahan serta saran atau rekomendasi yang disampaikan bagi permasalahan yang dibahas, hal ini tertuang dalam BAB SIMPULAN DAN SARAN.

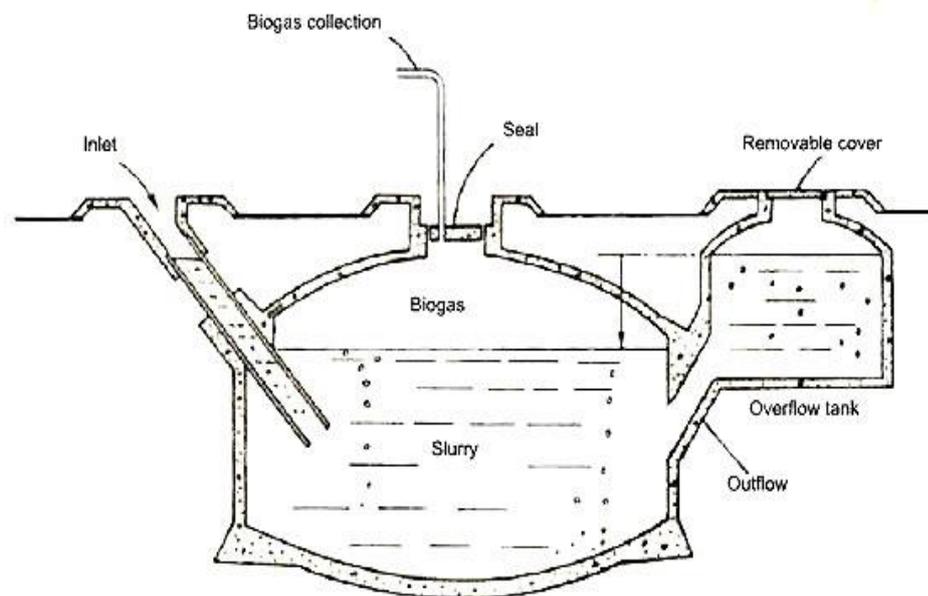
ANALISIS DAN SINTESIS

Biogas memanfaatkan limbah pertanian dan peternakan sebagai sumber energi alternatif, yaitu dari biomassa. Sumber-sumber energi biomassa berasal dari bahan organik. Dimana apabila biomassa tersebut dimanfaatkan untuk menghasilkan energi, akan menjadi bioenergi yang dikenal dengan biogas. Biogas merupakan gas bio yang dihasilkan dari proses fermentasi material organik dengan bantuan bakteri anaerob. Material organik ini seperti kotoran hewan ternak bahkan tinja manusia serta sampah-sampah organik dari sayuran, sekam, daun-daunan dan sebagainya. Proses fermentasi dilakukan oleh bakteri methanogen yang sebagian besar produknya adalah gas methana (CH_4). Bakteri ini bekerja dalam lingkungan yang tidak memerlukan oksigen (anaerob). Awalnya masyarakat sekitar lebih banyak meletakkan kotoran sapi di dekat kandang sehingga hal ini dapat menimbulkan pencemaran udara, dan baru sedikit yang dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk organik. Proses pembuatan biogas cukup sederhana. Kita hanya memerlukan bahan organik dan sebuah alat pembangkit yang biasa disebut reaktor/*digester*.

Digester yang dibangun menggunakan tandon air dengan kapasitas 2000 liter sedangkan penampung gasnya berkapasitas 250 liter. Instalasi biogas ini merupakan penggabungan antara *fixed dome* untuk *digester* dan *floating drum* untuk penampung gas, seperti terlihat pada gambar dibawah. *Digester* yang digunakan ditempatkan sebagian dalam tanah, hal ini dimaksudkan untuk menjaga temperatur tetap stabil sehingga tidak terjadi perubahan temperatur. Perubahan temperatur akan mengakibatkan bakteri yang terdapat dalam *digester* menjadi tidak optimal atau bahkan mati. Sedangkan penggunaan penampung gas secara *floating drum* yakni dimaksudkan agar dapat diamati produksi biogas yang dihasilkan, dengan dihitung kenaikan penampung gas yang diakibatkan oleh tekanan gas yang berada dalam penampung gas tersebut. Instalasi yang dibangun meliputi saluran inlet, *digester*, saluran outlet dan penampung gas. Untuk

mencegah timbulnya kerak pada dasar *digester* dan lapisan atas *slurry*, maka dibuat sebuah pengaduk manual. Hal ini dikarenakan lapisan kerak dapat mencegah gas yang akan keluar dari *digester* (anonim, 1981). Lapisan kerak tersebut dapat mempengaruhi perkembangan mikroorganisme yang erat hubungannya dengan produksi biogas. Pengadukan juga memberikan kondisi temperatur yang homogen dalam *digester* (Taconi dalam Ginting, 2006). Menurut anonim (1981) pengadukan pada *digester* dapat meningkatkan produksi gas sebesar 10 – 15% dibandingkan dengan yang tidak diaduk. Untuk menghilangkan H₂O yang ikut dalam aliran gas maka perlu adanya *water trap*. Perangkat H₂O biogas akan dilewatkan melalui pipa T yang terhubung dengan tabung air. Uap air yang ikut bersama biogas diharapkan turun melalui pipa ke tabung penampung air (Yunus, 1987).

Kita hanya memerlukan bahan organik dan sebuah alat pembangkit yang disebut reaktor/*digester*. Proses pembuatan biogas dapat menggunakan tiga tipe reaktor atau *digester* yang diantaranya tipe kubah tetap (*fixed dome type*), tipe terapung (*floating drum type*) dan reaktor balon. Dilihat dari sisi konstruksinya, pada umumnya hanya digolongkan menjadi dua yaitu reaktor tipe kubah tetap dan terapung. *Fixed dome* (kubah tetap) mewakili konstruksi reaktor yang memiliki volume tetap sehingga produksi gas akan meningkatkan tekanan di dalam reaktor. Sedangkan *floating drum* (terapung) berarti ada bagian pada konstruksi reaktor yang dapat bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian reaktor tersebut juga menjadi tanda telah dimulainya produksi gas di dalam reaktor biogas (Yuli Setyo Indartono, 2006).



Reaktor tipe *fixed dome* (Li Kangmin, 2006) gambar 2

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang bisa digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai *digester* dan penyimpan gas masing-masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Material organik terletak di bagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas (N. Agung Pambudi, 2008).

Terdapat empat tahapan lengkap proses fermentasi yang dilakukan oleh bakteri anaerob, di antaranya Hidrolisis, Asidogenesis, Asetagenesis, dan Metanogenesis. Pada tahap hidrolisis, molekul organik yang kompleks diuraikan menjadi bentuk yang lebih sederhana, seperti karbohidrat, asam amino, dan asam lemak. Tahap asidogenesis, terjadi penguraian yang menghasilkan amonia, karbondioksida, dan hidrogen sulfida. Tahap asetagenesis, dilakukan proses penguraian produk asidogenesis, menghasilkan hidrogen, karbon dioksida, dan asetat. Sedangkan tahap metanogenesis adalah tahap terakhir dan sekaligus yang paling menentukan,

yakni dilakukan penguraian dan sintesis produk tahap sebelumnya untuk menghasilkan gas metana (Yuli Setyo Indartono, 2006).

Tabel 1. Komposisi biogas

Komponen	%
Metana (CH ₄)	55-75
Karbon dioksida (CO ₂)	25-45
Nitrogen (N ₂)	0-0.3
Hidrogen (H ₂)	1-5
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0-3
Oksigen (O ₂)	0.1-0.5

Berdasarkan tabel di atas, komponen terbesar dari biogas tersusun atas gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂), dan beberapa kandungan yang jumlahnya kecil di antaranya hidrogen sulfida (H₂S) dan ammonia (NH₃) serta hidrogen dan nitrogen yang kandungannya sangat kecil (N. Agung Pambudi, 2008). Nilai kalori dari 1 meter kubik biogas sekitar 6.000 watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu, biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batu bara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil (N. Agung Pambudi, 2008).

Tidak ada perbedaan dan kesulitan yang mencolok menggunakan kotoran manusia untuk memproduksi biogas, dan tidak perlu dicampur dengan kotoran sapi atau hewan ternak lain untuk menghasilkan biogas secara efektif. Desain penampung kotoran/*digester* pada sistem sanitasi pada umumnya dapat menghasilkan biogas secara langsung, namun pada pandangan masyarakat umum biogas dari kotoran manusia lebih menjijikkan dari pada biogas dari kotoran sapi, kekhawatiran akan munculnya bau yang tidak sedap yang berasosiasi dengan gas yang dihasilkan adalah salah satu faktor kenapa biogas masih jarang dipakai. Padahal telah

terbukti biogas yang dihasilkan dari kotoran sapi tidak menghasilkan bau dan bahkan untuk penggunaan masak sehari-hari sangat menguntungkan pemakainya.

Beberapa daerah di Indonesia masyarakat sudah memulai memanfaatkan biogas dari kotoran manusia diantaranya di daerah Salatiga, Semarang, Jakarta dan juga Malang. Pada umumnya sanitasi yang bisa menghasilkan kotoran manusia yang cukup untuk digunakan memproduksi biogas adalah sanitasi umum, maupun sanitasi keluarga namun kolektor kotoran/*digesternya* disatukan terpusat dari beberapa sanitasi keluarga yang ada.

Secara umum tidak ada perbedaan yang mencolok antara biogas dari kotoran manusia dan kotoran hewan ternak, *retention time* (RT) dari kotoran manusia untuk menghasilkan biogas bervariasi dari mulai 10 hari hingga 60 hari, dan optimum proses biogas terjadi pada suhu 35 derajat celsius dan suhu ini sangat cukup tercapai dengan sistem *digester* kotoran yang lazim di Indonesia, yakni sistem ditanam di tanah. Mengingat kotoran manusia mengandung banyak patogen, maka salah satu indikator penting dalam produksi biogas, tabel di bawah ini menunjukkan lama patogen yang bisa hidup dalam kondisi iklim tropis pada keadaan anaerob dimana patogen merupakan salah satu aspek *retention time* (RT).

Tabel 2. *Retention Time* Patogen

Patogen	<i>Retention Time</i> (Bulan)						
	1 Bulan	2 Bulan	3 Bulan	4 Bulan	5 Bulan	8 Bulan	10 Bulan
<i>Enteric viruses</i>	+	+	0	0	0	0	0
<i>Salmonellae</i>	+	+	0	0	0	0	0
<i>Shigellae</i>	+	+	0	0	0	0	0
<i>Vibrio cholera</i>	+	0	0	0	0	0	0
<i>Path. E. coli</i>	+	+	0	0	0	0	0
<i>Leptospira</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Entamoeba</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Giardla</i>	+	+	0	0	0	0	0
<i>Balantidium</i>	+	0	0	0	0	0	0
<i>Ascaris</i>	++	++	++	++	+	+	+
<i>Trichurls</i>	++	++	+	+	+	+	0
<i>Hookworms</i>	+	+	0	0	0	0	0
<i>Schistosoma</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Taenia</i>	++	++	++	++	+	+	+

Ket :0 Kemungkinan tereliminasi secara komplit

+ Kemungkinan konsentrasinya rendah

++ Kemungkinan konsentrasinya tinggi

Source : Meynel, P. J., 1980

Pada umumnya penampung kotoran/*digester* dari sanitasi di masyarakat Indonesia bisa langsung digunakan untuk memproduksi biogas, karena selama ini gas yang dihasilkan dari *digester* biasanya hanya dibuang ke udara begitu saja lewat pipa pembuangan udara. Untuk memakainya kita bisa menyalurkan gas yang dibuang dari pipa tersebut ke gas *storage*, yakni dengan menambahkan penampung gas yang bisa berupa kantong plastik, sehingga bisa lebih memudahkan pemantauan kapasitas gas yang telah diproduksi.

Penerapan teknologi biogas pada daerah yang memiliki peternakan dapat memberikan keuntungan ekonomis apabila dilakukan perancangan yang tepat dari segi *teknis dan operasionalnya*. Perancangan teknis meliputi: desain biodigester, desain penyaluran gas dan desain tangki penampung. Perancangan operasional meliputi kemampuan operator untuk memastikan perawatan fasilitas biogas berjalan rutin dan terpenuhinya suplai bahan baku biogas setiap harinya.

Gas metan atau biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk keperluan memasak, bahan bakar untuk kendaraan, kelistrikan dan penerangan, serta limbah biogas yang telah hilang gasnya (*slurry*) dapat dijadikan sebagai pupuk yang berkualitas. Biogas sebagai bahan bakar alternatif memiliki banyak keunggulan, di antaranya murah (hemat), tidak mencemari lingkungan, memasak dengan menggunakan biogas lebih cepat dari pada menggunakan kayu bakar, tidak mengakibatkan efek rumah kaca, tidak beracun karena gas H_2S dan CO_2 telah mengalami penyaringan. Sedangkan limbahnya dapat dijadikan pupuk yang aman digunakan pada lahan pertanian. Limbah biogas, yaitu kotoran ternak yang telah hilang gasnya (*slurry*) merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Bahkan, unsur-unsur tertentu seperti protein, selulose, lignin, dan lain-lain tidak bisa digantikan oleh pupuk kimia. Pupuk organik dari biogas telah dicobakan pada tanaman jagung, bawang merah dan padi (Burhani Rahman, 2005).

Manfaat biogas tidak hanya sebagai sumber energi alternatif karena kelangkaan minyak saja. Namun, produk biogas ini ternyata memiliki banyak keuntungan dari

sisi ekonomi dan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Setiap keluarga yang menggunakan biogas tidak perlu mengeluarkan biaya untuk membeli minyak tanah lagi, karena mereka dapat menghasilkan bahan bakar sendiri untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Begitu pula dengan masyarakat yang terbiasa mencari kayu bakar atau ranting, bahkan sampai harus menebang pohon hanya untuk dijadikan kayu bakar. Mereka dapat melakukan pekerjaan lain yang memiliki nilai tambah ekonomis tanpa harus menebang pohon dan merusak hutan. Perlu diperhatikan jika banyak kayu digunakan sebagai bahan bakar, maka lambat laun hutan di dunia akan habis, efek rumah kaca akan semakin besar, *global warming* pun tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, biogas merupakan salah satu solusi untuk melawan *global warming* dan mengurangi efek rumah kaca.

Keunggulan dari biogas sebagai sumber energi alternatif, antara lain : mengurangi penggunaan bahan bakar lain (minyak tanah, kayu, dsb) oleh rumah tangga atau komunitas, menghasilkan pupuk organik berkualitas tinggi sebagai hasil sampingan, menjadi metode pengolahan sampah (*raw waste*) yang baik dan mengurangi pembuangan sampah ke lingkungan (aliran air/sungai), meningkatkan kualitas udara karena mengurangi asap dan jumlah karbondioksida akibat pembakaran bahan bakar minyak/kayu bakar, dan secara ekonomi, murah dalam instalasi serta menjadi investasi yang menguntungkan dalam jangka panjang.

Suatu tantangan tersendiri untuk menerapkan teknologi baru kepada masyarakat desa, terlebih lagi penerapan teknologi biogas. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah latar belakang pendidikan mereka. Wawasan dan ilmu pengetahuan mereka masih minim. Tidak terpikirkan bahwa kotoran sapi, kerbau, kambing, atau ayam dapat mejadi api. Sedangkan mereka mungkin masih merasa jijik dengan makanan yang dimasak dengan menggunakan biogas itu. Perlu adanya kerjasama antar semua pihak dalam hal ini terkait penyuluhan dan pelatihan untuk masyarakat. Dalam kondisi saat ini, biogas merupakan solusi yang cukup efektif di mana dapat membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakat misalnya di bidang ekonomi selain menjadi energi alternatif sebagai bahan bakar yang dapat diperbaharui.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Reaktor biogas adalah salah satu teknologi yang dapat dijadikan sebagai sebuah solusi mengenai kelangkaan bahan bakar minyak saat ini. Produknya yang berupa biogas merupakan gas bio yang dihasilkan dari proses fermentasi material organik oleh bakteri anaerob. Proses fermentasi ini terdiri dari empat tahap. Empat tahapan lengkap proses fermentasi yang dilakukan oleh bakteri anaerob ini, di antaranya Hidrolisis, Asidogenesis, Asetagenesis, dan Methanogenesis. Dalam pembuatan Biogas memiliki banyak manfaat yang di dalamnya masih terdapat keunggulan lainnya. Biogas menjadi sumber energi alternatif berupa bahan bakar yang dapat diperbaharui. Selain itu, biogas memiliki nilai tambah di bidang ekonomi dan dalam hal mensejahterakan masyarakat. Walaupun begitu, tidak mudah untuk menerapkan teknologi baru kepada masyarakat terutama di pedesaan. Faktor utamanya adalah karena latar belakang pendidikan yang kurang. Untuk itu perlu adanya penyuluhan/pelatihan kepada masyarakat desa dengan sebuah program yang kontinu.

Saran

Kelangkaan BBM yang terus menjadi sebuah masalah yang pelik ini harus segera diselesaikan, agar tidak menjadi masalah yang berkelanjutan. Untuk itu diharapkan kepada pemerintah dan lembaga-lembaga terkait beserta para mahasiswa agar dapat memberikan penyuluhan/pelatihan kepada masyarakat, terutama masyarakat desa terkait cara pembuatan energi alternatif ini (biogas). Selain itu, pemerintah diharapkan agar bersedia mewadahi dan mendanai kegiatan pelatihan pembuatan dan pemanfaatan biogas ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkareem, A. S. 2005. *Refining Biogas Produced from Biomass: An Alternative to Cooking Gas*. Leonardo Journal of Sciences. Issue 7, page 1-8.
- Anonim. 1981. *Biogas Fertilizer System. Technical Report on a Training Seminar in China, United Nations Environment Programme, Nairobi*.
- Arsana, I.M.Y. 2005. Pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif. Bali Post, 10 Juli 2005.
- Bagi, Z. 2004. *Toward an efficient and integrated biogas technology*. Acta Biologica Szegediensis. **48** (1-4), page 47.
- Brown, V. J. 2006. *Biogas a Bright Idea for Africa*. Environmental Health Perspectives. **114** (5), page A301-A303.
- Burke, D. A. 2001. *Dairy Waste Anaerobic Digestion Handbook*. Environmental Energy Company. Page 1-51.
- Dahlman, J. and C. Forst. 2001. *Technologies Demonstrated at Echo: Floating Drum Biogas Digester*. An Echo Technical Note. Page 1-3.
- Forst, C. 2002. *Technologies Demonstrated At Echo: Horizontal Biogas Digester*. An Echo Concept Paper. Page 1-4.
- Horikawa, M. S., F. Rossi, M. L. Gimenes, C. M. M. Costa and M. G. C. Da Silva. 2004. *Chemical Absorption of H₂S for Biogas Purification*. Brazilian Journal of Chemical Engineering. **21** (03), page 415-422.
- Indartono, Y. S. 2006. *Reaktor Biogas Skala Kecil/Menengah*. Indonesia Energy Information Center.
- Jenangi, L. *Producing Methane gas from Effluent*. Adelaide University. Page 1-22
- Jensen, J. K and A. B. Jensen. 2000. *Biogas and Natural Gas Fuel Mixture for The Future*. Exhibition Centre. Page 1-8.
- Jonsson, O. and M. Persson. 2003. *Biogas as Transportation Fuel*. Factagung. Session **1**, page 99-111.

- Kramer, J. M. 2002. *Agricultural Biogas Casebook*. Foxit Software Company. Page 1-83.
- Landahl, G. 2003. *Biogas as Vehicle Fuel*. A European Overview. Trendsetter Report 2003:3, page 1-50.
- Lehtomaki, A. 2006. *Biogas Production from Energy Crops and crops Residues*. University of Jyvaskyla. Page 1-83.
- Marchaim, U. 2007. *Biogas Processes for Sustainable Development*. Food and Agriculture Organizations of The United Nations.
- Matthews, E. G. 2007. *Biogas for Overseas Volunteers*. Wimborne Energy Consultancy.
- Meynell P.J., 1980, Feasibility Studi for a Sanitation Scheme to Produce Biogas. Technology Consultants Ltd., London UK.
- Munasinghe, S. 2000. *Biogas Technology and Integrated Development*. Practical Action (formerly ITDG), page 1-5.
- Nagamani, B. and K. Ramasamy. *Biogas Production Technology: An Indian Perspective*. Tamil Nadu Agricultural University.
- Pambudi, N. A. 2008. *Pemanfaatan Biogas Sebagai Energi Alternatif*. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Roos, C. J. 2007. *A Guide to Pumping Manure Slurries in Centralized Biogas Digester Systems*. Northwest CHP Application Center. Page 1-24.
- Schmersahl, R. and V. Scholz. 2005. *Testing a PEM Fuel Cell System with Biogas Fuel*. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. VII Manuscript EE 05 002. page 1-12.
- Suyati, F., 2006, *Perancangan Awal Instalasi Biogas Pada Kandang Terpencar Kelompok Ternak Tani Mukti Andhini Dukuh Butuh Prambanan Untuk Skala Rumah Tangga*, Skripsi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Vijay, V. K., R. Chandra, P. M. V. Subbarao and S. S. Kapdi. 2006. *Biogas Purification and Bottling into CNG Cylinders: Producing Bio-CNG from Biomass for Rural Automotive Applications*. The 2nd Joint International

Conference on “ Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)”. **C-003** (O), page 1-6.

Wididana, G.N. dan Wibisono, A.H., 1996, Pertanian Akrab Lingkungan Kyunsei dengan Teknologi EM4. Seminar Nasional Penerapan Teknologi Pertanian Organik, Tasikmalaya, p.1-16.

Wilk, J. And F. Wolanczyk. 2006. *Availability of Small Combined Heat and Power Unit Fed on Biogas*. Int. J. of Applied Mechanics and Engineering. **11** (3), page 671-678.

Williams, D. W. and J. J. Frederick. 2001. *Microturbine Operation with Biogas from a Covered Dairy Manure Lagoon*. An ASAE Meeting Presentation. Paper Number 01-1654, page 1-8.

Yunus, M., 1987, *Teknik Membuat dan Memanfaatkan Unit Gas Bio*, Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

KETUA PELAKSANA

Nama : Yuliane Chrisilla Nau

NRP : G74070032

Tempat, Tanggal Lahir : Bajawa, 29 Juli 1989

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Program Studi : Fisika

Riwayat Pendidikan : a. SD Katolik Kisanata Bajawa (1995-2001)

b. SMP Negeri 2 Bajawa (2001-2004)

c. SMA Negeri 1 Bajawa (2004-2007)

d. S1 Fisika FMIPA IPB (2007 – sekarang)

Pengalaman Organisasi : a. Organisasi Siswa Intra Sekolah

b. Kepala divisi PSDM Himafi IPB

Alamat : Jl. Soegio Pranoto no.6 Kelurahan Tanalodu,
Kecamatan Ngada Bawa, Nusa Tenggara Timur

ANGGOTA PELAKSANA

Nama : Karina Oktavia Ningsih

NRP : G74070009

Tempat, Tanggal Lahir : Belitung, 23 Oktober 1990

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Program Studi : Fisika

Riwayat Pendidikan : a. SDN 1 Sijuk Belitung (1995-2001)
b. SMPN 1 Sijuk Belitung (2001-2004)
c. SMAN 1 Sijuk Belitung (2004-2007)
d. S1 Fisika FMIPA IPB (2007 - sekarang)

Pengalaman Organisasi : a. Kelompok Ilmiah Remaja
b. Organisasi Mahasiswa Daerah Ikatan Keluarga Pelajar Belitung
c. Himpunan Mahasiswa Fisika
d. Organisasi Siswa Intra Sekolah

Alamat : Jl. Sekolah Sijuk RT 03 RW 02, Belitung, Prov. Kep Bangka Belitung 33451

ANGGOTA PELAKSANA

Nama : Husein Slamet Ramdhani

NRP : G74060856

Tempat, Tanggal Lahir : Bandung, 22 April 1988

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Program Studi : Fisika

Riwayat Pendidikan : a. SD Sejahtera Bandung (1994-2000)

b. MTS Persis Tarogong Bandung (2000-2003)

c. SMA Hayatan Toyyibah Bandung (2003-2006)

d. S1 Fisika FMIPA IPB (2006 – sekarang)

Pengalaman Organisasi : a. Organisasi Siswa Intra Sekola

b. Staff. Kaderisasi KAMMI

Alamat : Jl. Ters. Martanegara no. 62 Kecamatan
Batununggal. Kelurahan Gumuruh. Bandung