

Absorpsi Gas Karbondioksida (CO₂) dalam Biogas dengan Larutan NaOH secara Kontinyu

Fuad Maarif (L2C004221) dan Januar Arif F (L2C004236)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

Jl. Prof Soedarto - 50239 Semarang, Telp./Fax. 024-7460058

Email: ipunk_04@yahoo.com, baldy_internisti@yahoo.co.id

Pembimbing: Ir. Hargono, MT

Abstrak

Seiring berkurangnya cadangan sumber energi dan kelangkaan bahan bakar minyak yang terjadi di Indonesia saat ini, maka dibutuhkan suatu sumber energi alternatif yang murah dan ramah lingkungan, salah satunya adalah biogas. Biogas dapat dihasilkan dari limbah organik seperti sampah, sisa-sisa makanan, kotoran hewan dan limbah industri makanan. Hasil fermentasi dari bahan-bahan di atas menghasilkan biogas dengan kadar komponen terbesar yaitu CH₄ (55% - 75%) dan CO₂ (25% - 45%). Pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar masih dalam skala rumah tangga dan belum terpakai secara optimal. Hal ini disebabkan biogas masih mengandung CO₂ dalam kadar yang tinggi sehingga efisiensi panas yang dihasilkan rendah. Untuk mengurangi kadar CO₂ yang terkandung dalam biogas adalah dengan mengabsorpsi CO₂ menggunakan larutan NaOH secara kontinyu dalam suatu reactor (absorber). Pada penelitian ini, variabel yang diteliti adalah pengaruh laju alir NaOH terhadap CO₂ yang terserap dan CH₄ yang dihasilkan. Absorpsi CO₂ dilakukan dengan mengumpukan larutan NaOH secara kontinyu pada bagian atas menara pada konsentrasi dan laju alir tertentu, sementara biogas dialirkan pada bagian bawah menara. Gas dan cairan akan saling kontak dan terjadi reaksi kimia. Tiap interval waktu 3 menit, larutan NaOH setelah diabsorpsi diambil untuk dianalisa jumlah CO₂ terserap dengan metode acidi alkalimetri. Dari hasil analisa dan perhitungan didapatkan jumlah CO₂ yang terserap dan CH₄ yang dihasilkan semakin besar seiring berkurangnya laju alir NaOH serta %CO₂ yang terserap maksimum 58,11% dan kadar CH₄ yang dihasilkan sebesar 74,13%.

Kata Kunci ; Biogas, NaOH, CO₂, CH₄

Abstract

In a row with the decreasing of energy resources and the condition of oil fuel that getting rare in Indonesia in several months, there is need some alternative energy resources, which is cheap and environment friendly, one of them which called biogas. Biogas produced from organic waste, like rubbish, last night food, animal feces, and waste from food industries. Fermentation process from thus components can produce biogas which is contain CH₄ (55% - 75%) and CO₂ (25% - 45%). Now, biogas still used in household scale and did not optimally used. Because it is still contain high presence of CO₂ so heating value also getting low. To reduce presence of CO₂ in this biogas, the NaOH solution could be taken to absorb CO₂ continuously in reactor (absorber). In this experiment, use variable of NaOH rate to how much CO₂ got absorb and CH₄ got produce. CO₂ absorption process starting by use NaOH solution continuously on the top of the tower with fixed rate, then biogas sprayed from the bottom of the tower. Gas and liquid would have contact process and chemical reaction held. Every 3 minutes, NaOH solution after getting absorb analyzed the presence of CO₂ that getting absorb with acidi-alkalimetri method. From this analysing and calculation, CO₂ that have been absorb and CH₄ could be produce, increases in a row with the smaller rate of NaOH solution. Maximum %CO₂ that getting absorb is 58,11% and %CH₄ that could be produce is 74,13%.

Key Words; Biogas, NaOH, CO₂, CH₄

1. Pendahuluan

Berkurangnya cadangan sumber energi dan kelangkaan bahan bakar minyak yang terjadi di Indonesia saat ini, maka dibutuhkan suatu sumber energi alternatif yang murah dan ramah lingkungan. Potensi biogas sebagai bahan bakar alternatif sebenarnya sangat banyak diproduksi terutama pada pengolahan limbah cair industri makanan, peternakan, dan pertanian. Biogas ini selain murah, juga ramah lingkungan. Biogas dapat dihasilkan dari limbah organik seperti sampah, sisa-sisa makanan, kotoran hewan dan limbah industri makanan. Penduduk desa di kecamatan Tretep, kabupaten Temanggung pada umumnya memelihara ternak yang sebagian besar berupa sapi dan kambing. Pada umumnya kotoran ternak belum dimanfaatkan sepenuhnya dan sebagian hanya digunakan menjadi pupuk, padahal alternatif energi bakar dari kotoran ternak tadi cukuplah besar, dalam hal ini kotoran sapi untuk digunakan sebagai biogas. Hal ini merupakan sebuah potensi yang besar sekali sebagai sumber energi alternatif. Sampai tanggal 14 April 2008, di beberapa daerah seperti Wonosobo, Temanggung, dan Magelang, harga elpiji naik dari Rp 4.750,00 per kg LPG menjadi Rp 5.166,67 per kg LPG (www.liputan6.com), sehingga masyarakat lebih terbebani dengan pengeluaran yang lebih besar. Masyarakat telah terbiasa menggunakan LPG untuk keperluan rumah tangga sehingga pengeluaran ekstra rumah tangga adalah hal yang tidak terelakkan. Sebenarnya hal tersebut dapat digantikan dengan sumber bahan bakar gas yang lebih murah yaitu biogas.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui hubungan mol XZ CO₂ sisa dengan waktu pada tiap laju alir NaOH dan mengetahui hubungan % CH₄ yang dimurnikan dengan laju alir NaOH.

Manfaat penelitian ini adalah dapat mengetahui kondisi variabel (laju alir larutan NaOH) optimum untuk absorpsi CO₂ dari campuran biogas ke dalam larutan NaOH.

Biogas adalah campuran gas hasil proses fermentasi anaerob dari kotoran ternak (sapi). Campuran gas yang dihasilkan, antara lain : CH₄ (metana), CO₂ (karbondioksida), N₂ (nitrogen) dan lain-lain. Gas metana ini dapat menghasilkan energi yang bisa dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga seperti memasak.

Metana (CH₄) merupakan komponen gas terbesar dari beberapa gas yang dihasilkan oleh bakteri tertentu pada saat menghancurkan (fermentasi) material organik seperti : kotoran hewan dan manusia, sampah dan lain-lain yang terendam dalam air pada kondisi anaerob. Secara alamiah, gas metana selalu terjadi, namun perlu adanya peralatan dan kondisi spesifik untuk mempercepat pembentukan gas tersebut.

Tahapan untuk terbentuknya biogas dari proses fermentasi anaerob dapat dipisahkan menjadi tiga tahap; tahap pertama adalah tahap hidrolisis, pada tahap hidrolisis, bahan-bahan biomas yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat dan lipida akan diurai menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek. Tahap kedua adalah tahap pengasaman, pada tahap pengasaman, bakteri akan menghasilkan asam yang akan berfungsi untuk mengubah senyawa pendek hasil hidrolisis menjadi asam asetat, H₂ dan CO₂. Bakteri ini merupakan bakteri anaerob yang dapat tumbuh pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan. Selain itu, bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, CO₂, H₂S dan sedikit gas CH₄. Tahap ketiga adalah tahap pembentukan gas CH₄, Pada tahap pembentukan gas CH₄, bakteri yang berperan adalah bakteri metanogenesis. Bakteri ini akan membentuk gas CH₄ dan CO₂ dari gas H₂, CO₂ dan asam asetat yang dihasilkan pada tahap pengasaman.

Komponen biogas yaitu:

Tabel 1. Komponen Biogas

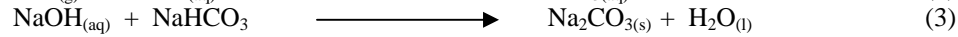
Komponen	%
Metana (CH ₄)	55 - 75
Karbondioksia (CO ₂)	25 - 45
Nitrogen (N ₂)	0 - 0,3
Hidrogen (H ₂)	1 - 5
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0 - 3
Oksigen (O ₂)	0,1 - 0,5

Sumber : id.wikipedia.org

Dari tabel diatas terlihat bahwa kadar CO₂ didalam biogas masih besar. Hal ini menyebabkan efisiensi panas yang dihasilkan masih rendah sehingga kualitas nyala api biogas masih belum optimal. Untuk mengurangi kadar CO₂ tersebut, bisa dilakukan dengan melwatkan biogas ke dalam larutan NaOH sehingga terjadi proses Absorpsi.

Gas CO_2 langsung bereaksi dengan larutan NaOH sedangkan CH_4 tidak. Dengan berkurangnya konsentrasi CO_2 sebagai akibat reaksi dengan NaOH , maka perbandingan konsentrasi CH_4 dengan CO_2 menjadi lebih besar untuk konsentrasi CH_4 .

Absorpsi CO_2 dari campuran biogas ke dalam larutan NaOH dapat dilukiskan sebagai berikut :

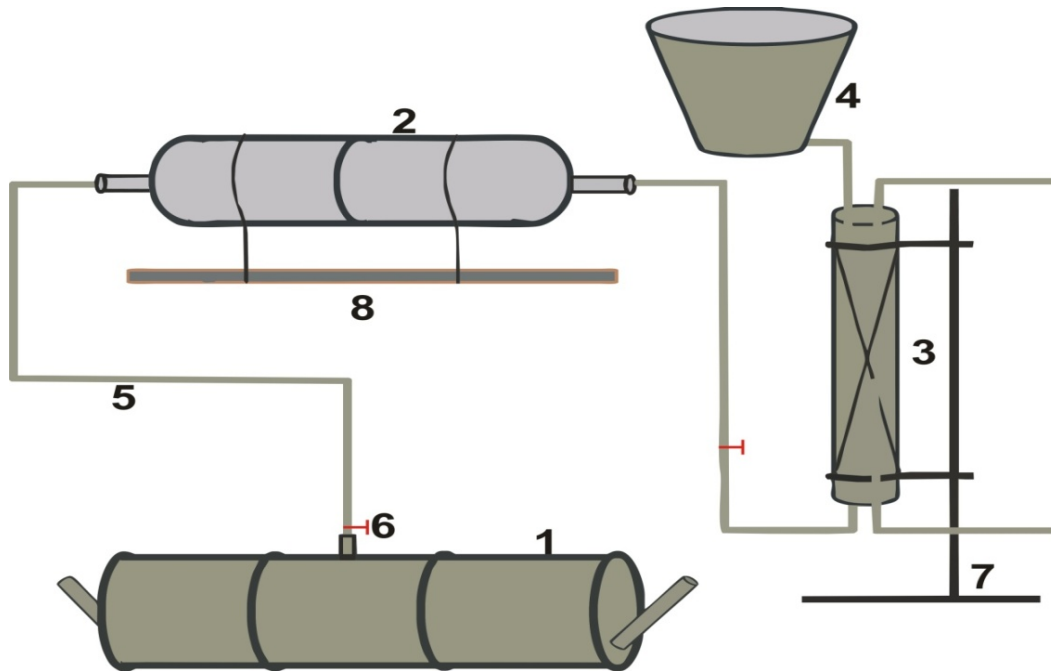


Dalam kondisi alkali atau basa, pembentukan bikarbonat dapat diabaikan karena bikarbonat bereaksi dengan OH^- membentuk CO_3^{2-} .

(Van Bhat, 1999)

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan utama yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah kotoran ternak (sapi), selanjutnya campuran kotoran ternak (sapi) dengan air dengan perbandingan 1 : 1, diaduk sampai larut. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam tangki penampung (digester). Kemudian semua saluran dan lubang ditutup agar tidak ada udara yang masuk ke dalam sistem. Selanjutnya, campuran kotoran dengan air dibiarkan selama $\pm 3 - 4$ minggu sehingga terbentuk biogas.



Gambar 1. Rangkaian alat penelitian; (1). Digester, (2). Plastik penampung biogas, (3). Absorber, (4). Ember, (5). Selang, (6). Kran, (7). Statif dan klem, (8). Balok kayu pemberat

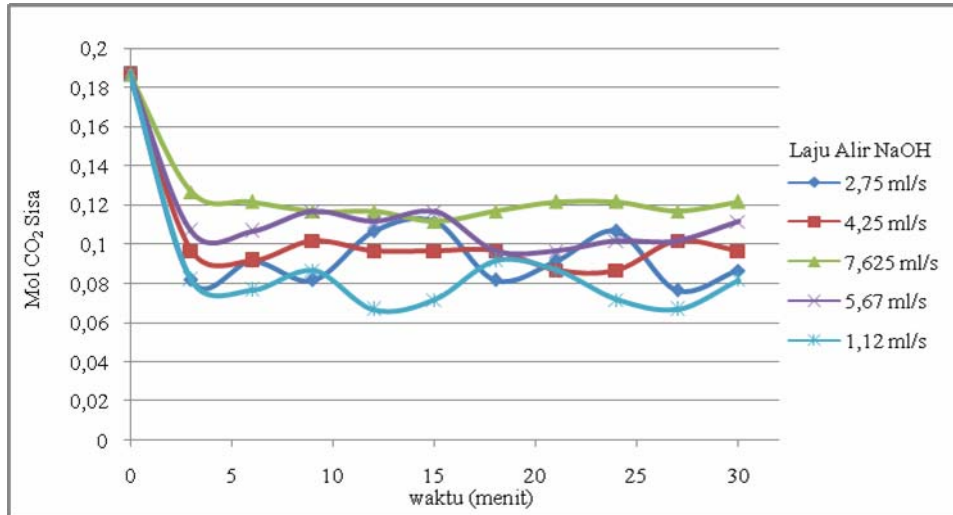
Penelitian dilanjutkan dengan proses absorpsi biogas dengan larutan penyerap NaOH secara kontinu diumpankan pada bagian atas menara pada konsentrasi dan laju alir tertentu, sementara itu biogas dialirkan pada bagian bawah kolom. Gas dan cairan akan saling kontak dan terjadi reaksi kimia. Tiap interval waktu 3 menit, larutan NaOH setelah diabsorpsi diambil untuk dianalisa. Jumlah CO_2 yang terserap dianalisa dengan metode acidi-alkalimetri.

Penentuan kadar CO_2 yang terserap dengan metode acidi-alkalimetri diawali dengan pengambilan 10 ml sampel, kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Selanjutnya ke dalam sampel ditambahkan 3 tetes indikator PP. Setelah itu, dilakukan titrasi dengan larutan HCl sampai warna merah muda hilang. Sehingga untuk kebutuhan titran dicatat sebanyak a ml. Kemudian sampel yang telah dititrasi tadi ditambahkan 3 tetes indikator MO, selanjutnya dititrasi kembali dengan HCl sampai terjadi perubahan warna. Kebutuhan titran dicatat sebanyak b ml. Setelah diketahui jumlah

titran yang dibutuhkan dapat dihitung kadar CO_2 yang terserap. Perhitungan kadar CH_4 termurnikan dilakukan dengan program Hysys.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data hasil penelitian, diperoleh hubungan % mol CO_2 terabsorpsi dengan waktu pada tiap laju alir NaOH, ditunjukkan dalam gambar. 2.



Gambar 2. Hubungan mol CO_2 sisa dengan waktu pada tiap laju alir NaOH

Sisa CO_2 terabsorpsi pada laju alir 1,12 ml/s minimal sebanyak 0,0667 mol, sisa CO_2 terabsorpsi pada laju alir 2,75 ml/s minimal sebanyak 0,0767 mol, sisa CO_2 terabsorpsi pada laju alir 4,25 ml/s minimal sebanyak 0,0867 mol, sisa CO_2 terabsorpsi pada laju alir 5,67 ml/s minimal sebanyak 0,0967 mol dan sisa CO_2 terabsorpsi pada laju alir 7,625 ml/s minimal sebanyak 0,1117 mol.

Terlihat bahwa semakin besar laju alir NaOH, jumlah CO_2 terserap semakin kecil. Hal ini dikarenakan pada operasi absorpsi dengan laju alir besar, waktu kontak antara NaOH dengan CO_2 untuk jumlah molekul yang sama akan semakin kecil. Waktu kontak yang singkat ini menyebabkan transfer massa yang terjadi lebih sedikit dan jumlah CO_2 yang terserap juga lebih sedikit.

Berdasarkan data hasil penelitian di atas, setelah dilakukan perhitungan dengan program Hysys, diperoleh hubungan laju alir NaOH terhadap % CH_4 maksimum yang dimurnikan.

Tabel 2. % CH_4 maksimum yang dimurnikan pada tiap laju alir NaOH (mL/s)

Laju Alir NaOH (mL/s)	% CH_4 Maksimum yang Dimurnikan
1,12	74,13
2,75	72,95
4,25	72,85
5,67	71,77
7,625	70,31

Terlihat bahwa semakin besar laju alir NaOH, jumlah CH_4 yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini dikarenakan pada operasi absorpsi dengan laju alir besar, waktu kontak antara NaOH dengan CO_2 untuk jumlah molekul yang sama akan semakin kecil. Waktu kontak yang singkat ini menyebabkan transfer massa yang terjadi lebih sedikit dan jumlah CH_4 yang dihasilkan juga lebih sedikit.

4. Kesimpulan

1. Besarnya % CO₂ yang terserap maksimum 58,11 %.
2. Besarnya % CH₄ yang dimurnikan maksimum 74,13%.
3. Semakin besar laju alir NaOH, CO₂ yang terserap semakin kecil.
4. Semakin besar laju alir NaOH, CH₄ yang dimurnikan semakin kecil.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Dr. Ir. Abdullah selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro, Ir. Herry Santosa selaku Koordinator Penelitian, Ir. Hargono, MT yang telah memberikan bimbingan pada penelitian ini. Kepada warga desa Campurejo kecamatan Tretep kabupaten Temanggung atas kesediaannya menjadi objek penelitian kami.

Daftar Pustaka

- Chapel, D.G. and Mariz, C.L., 1999, *Recovery of CO₂ from Fuel Gas; Commercial Trends*, Flour Daniel – One Flour Drive, California
- Geankoplis, C.J., 1983, *Transport Processes and Unit Operations*, 2nd ed, Allyn and Bacon Inc., Boston
- H, Tatang, dkk, 1989, *Absorpsi Karbondioksida*, Departemen Teknologi Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Bandung, Bandung
- H.E. Benson, J.H. Field, dan W.P. Haynes, 1956, *Improved Process for CO₂-Absorption uses hot Carbonate Solutions*, Chem. Eng. Prog. 52(10), 433-438
- Harahap, F., dkk, 1980, *Teknologi Gas Bio*, ITB Press, Bandung
- Levenspiel, O., 1972, *Chemical Reaction Engineering*, John Wiley and Sons, New York
- Vas Bhat, R. D., Kuipers, J. A. M., Versteeg, G. F., 2000, *Mass Transfer with complex chemical reactions in gas-liquid system: two-step reversible reactions with unit stoichiometric and kinetic orders*, Chemical Engineering Journal, vol 76, jilid 2, p: 127-152 Vicitra, D.,
- Priyanto A., Panggih, T. D., Octariana, R., 2004, *Pemurnian CO₂ dan H₂S dari Gas Alam*,
id.wikipedia.org
kajian-energi.blogspot.com/2007/07/biogas-3.html
www.liputan6.com