



PERANCANGAN, PEMBUATAN, DAN PENGUJIAN ALAT PEMURNIAN BIOGAS DARI PENGOTOR H₂O DENGAN METODE PENGEMBUNAN (KONDENSASI)

Rizky Rachman ^{1,a}, Novi Caroko ^{1,b}, Wahyudi ^{1,c}

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Teknik Mesin, Yogyakarta 55183, Indonesia

rizkyrachman27@gmail.com

INTISARI

Biogas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik umumnya terdiri dari gas metana (CH₄) 54,77% volume, karbondioksida (CO₂) 41,96%, dan sisanya gas pengotor seperti hidrogen sulfida (H₂S) dan air (H₂O). Gas pengotor tersebut harus dihilangkan agar komposisi biogas terdiri dari gas CH₄ murni. Kandungan H₂O sangat dihindari karena dapat menurunkan titik nyala biogas dan memiliki sifat *unflammable* sehingga dapat menghambat pada saat pembakaran biogas, oleh karena itu diperlukan proses pemurnian.

Metode pemurnian dapat dilakukan dengan cara metode kondensasi dimana uap air dalam biogas dapat dipisahkan dengan perlakuan pendinginan. Proses kondensasi terjadi ketika uap air mengembun pada suhu titik embunnya. Proses kondensasi didesain akan terjadi pada pipa *heat exchanger* dengan tipe *spring* yang ada dalam bak penampung dengan temperatur yang bervariasi yaitu perlakuan pendinginan dengan air+es (pada suhu 11^oC), pendinginan dengan air (pada suhu 29^oC), dan tanpa pendinginan (pada suhu 32^oC).

Hasil perancangan menunjukkan alat penukar kalor dapat dibuat dari pipa tembaga berdiameter 2 mm dan panjang 6000 mm sebagai *heat exchanger*. Hasil penelitian menunjukkan alat pemurni biogas dengan metode pengembunan (kondensasi) dapat mengembun uap air (H₂O). Produksi uap air (H₂O) paling tinggi didapat pada perlakuan pendinginan dengan air+es (pada suhu 11^oC) yaitu 1,9 ml/m³, disusul pendinginan dengan air (pada suhu 29^oC) sebesar 0,925 ml/m³, dan tanpa pendinginan (pada suhu 32^oC) 0,1813 ml/m³.

Kata Kunci : Biogas, H₂O, *heat exchanger*, dan Kondensasi

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan kemajuan zaman yang begitu pesat yang tidak dapat dihindari ini, dibuktikan dengan ekspansi di bidang industri menyebabkan peningkatan permintaan energi yang sangat tajam dan penurunan kualitas lingkungan. Harga jual minyak di Indonesia terus meningkat, hal tersebut disebabkan oleh menipisnya cadangan minyak dalam negeri dan pencabutan subsidi oleh pemerintah. Ketergantungan masyarakat Indonesia dengan bahan bakar tidak terbarukan (fosil) yang tidak terkendali ini merupakan salah satu penyebab menurunnya kualitas lingkungan sekitar kita. Oleh

sebab itu, pemanfaatan sumber energi baru terbarukan atau *renewable energy* dan ramah lingkungan menjadi pilihan terbaik saat ini.

Sebenarnya, saat ini sudah banyak penelitian dan penemuan bidang energi terbarukan (*renewable energy*) dan sosialisasi serta himbuan dari pemerintah kepada masyarakat untuk menggunakan energi terbarukan, tetapi masih banyak masyarakat seolah-olah tidak tahu dan tidak mengindahkan himbuan dari pemerintah untuk beralih ke energi terbarukan. Berdasarkan data yang ada, ketersediaan batubara di Indonesia akan habis sekitar tahun 2033-



2036 (Sjahir, P., 2016). Salah satu energi terbarukan yang saat ini dapat menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan energi batu bara adalah biogas. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk di antaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable*, atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobik. Jenis bahan baku yang digunakan sangat menentukan kandungan utama dalam biogas (Korres et al., 2013 hal:8). Komponen utama biogas adalah metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) namun, terdapat juga kandungan lainnya seperti oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), air (H_2O), hidrogen (H_2), dan karbon monoksida (CO) (Hambali et al., 2007).

Tabel 1. Komposisi Biogas

Komposisi Biogas	Konsentrasi (% Volume)
Metana (CH_4)	50-70
Karbondioksida (CO_2)	25-45
Air (H_2O)	2-7
Hidrogen Sulfida (H_2S)	20-20.000 ppm
Nitrogen (N_2)	< 2
Oksigen (O_2)	< 2
Hidrogen (H_2)	< 1

(Hambali et al, 2007)

Bila kandungan metana (CH_4) tinggi, biogas tersebut akan memiliki nilai kalor yang tinggi dan

mudah untuk digunakan (*flammable*) namun, apabila kandungan gas pengotor lainnya yang tinggi, nilai kalor dan juga kualitas biogas akan turun (Wiratmana et al., 2012). Untuk mengurangi kandungan gas pengotor, perlu dilakukan pemurnian sehingga diharapkan kandungan gas metana (CH_4) dapat meningkat dan menghasilkan biogas yang memiliki nilai kalor tinggi. Salah satu metode untuk meningkatkan kualitas biogas dengan dilakukan proses pemurnian menggunakan metode pengembunan untuk menjebak dan mengurangi kandungan uap air (H_2O). Kandungan air dihindari karena dapat menurunkan titik penyalaan biogas.

Terjadinya kondensasi adalah pada saat uap didinginkan menjadi cairan, tetapi dapat juga terjadi bila sebuah uap dikompresi (tekanan ditingkatkan) menjadi cairan, atau mengalami kombinasi dari pendinginan dan kompresi (Ardi, 2012). Dalam perancangan kali ini, hanya difokuskan pada pengembunan dengan cara pendinginan. Penggunaan metode pendinginan (kondensasi) dipilih karena lebih murah dan lebih mudah dalam mendapatkan media pendinginnya, uap yang dimurnikan dalam alat ini akan berbentuk air.

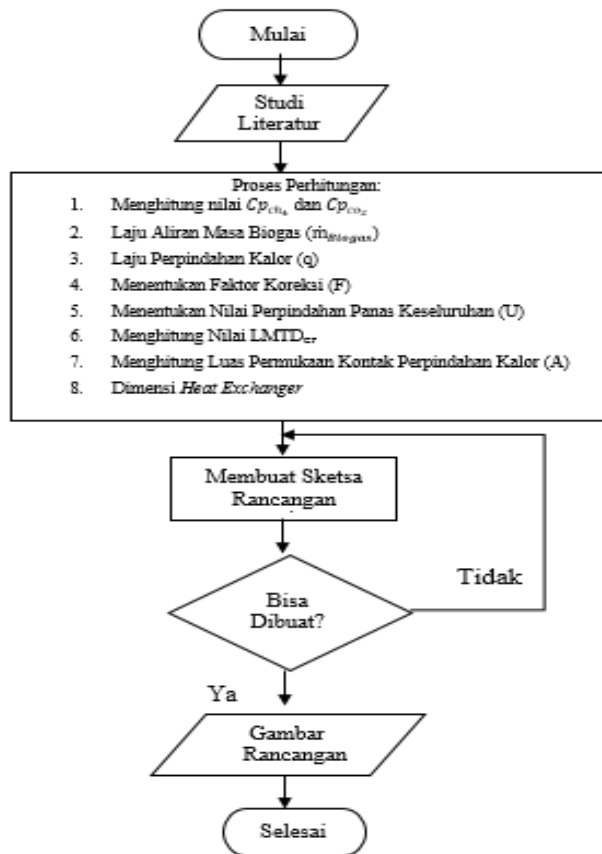
Dalam penelitian ini, perlu dirancang alat pemurni biogas dengan metode pengembunan atau kondensasi untuk menyaring dan mengurangi kandungan air (H_2O). Melalui pemurnian ini, diharapkan menghasilkan biogas dengan kandungan kadar metana (CH_4) yang lebih tinggi dan menjadikan nilai kalor biogas bertambah tinggi.

Meningkatnya nilai kalor ini nantinya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang menggunakan biogas skala rumah tangga sekitar 0,23-0,63 m³ (Wahyuni, S.,2013:66).

2. METODE PENELITIAN

2.1 PROSES PERANCANGAN ALAT

Tahapan proses penelitian ini berdasarkan diagram alir perancangan alat yang terdapat didalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Alat

2.1.1 Laju Perpindahan Kalor

Menghitung laju perpindahan kalor dapat menggunakan rumus:

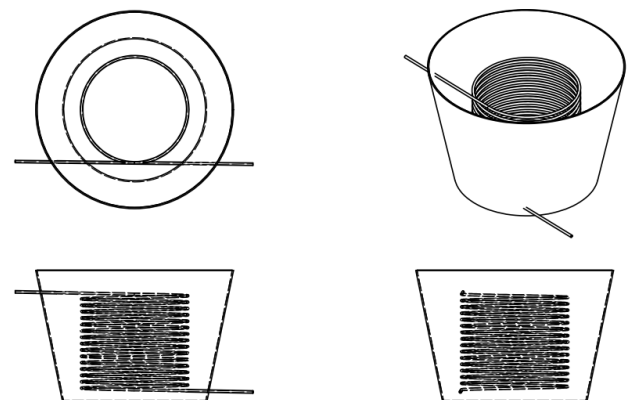
$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2.1)$$

2.1.2 Menghitung Luas Permukaan Kontak Perpindahan Kalor (A)

$$Q = A \cdot U \cdot F \cdot LMTD_{CF} \dots\dots\dots (2.2)$$

2.2 SKETSA PERANCANGAN ALAT

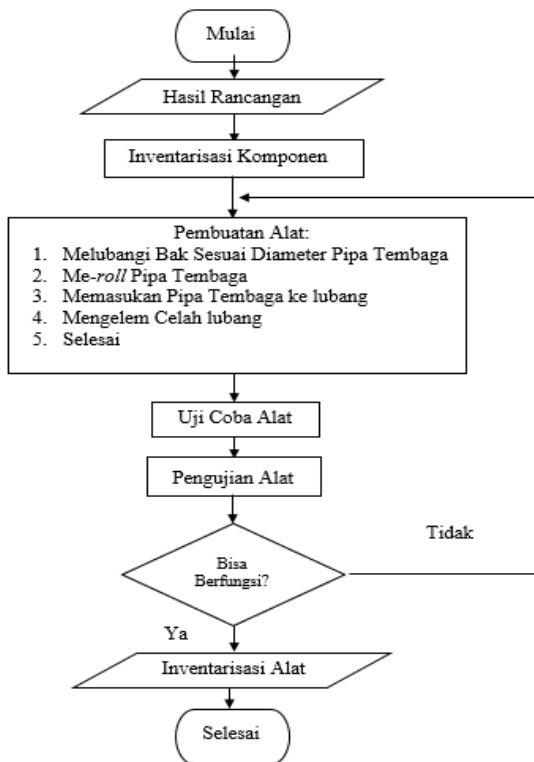
Semua ide-ide dan gambaran-gambaran yang ada dituangkan kedalam suatu desain awal yang disebut dengan sketsa gambar. Biogas diperoleh dari sumber biogas dan langsung dialirkan kedalam sebuah *heat exchanger*.



Gambar 2. Sketsa Rancangan Alat

2.3 PROSES PEMBUATAN ALAT

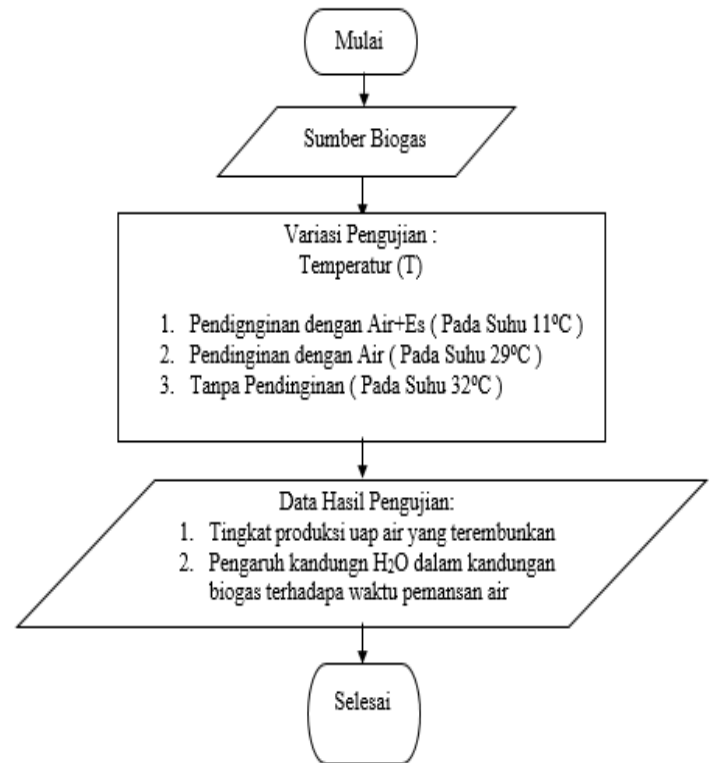
Setelah melakukan perancangan, maka masuk ke tahapan pembuatan alat yang dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Pembuatan Alat

2.4 PROSES PENGUJIAN ALAT

Setelah alat dibuat, maka tahap selanjutnya adalah pengujian alat yang akan dijelaskan pada Gambar 4.

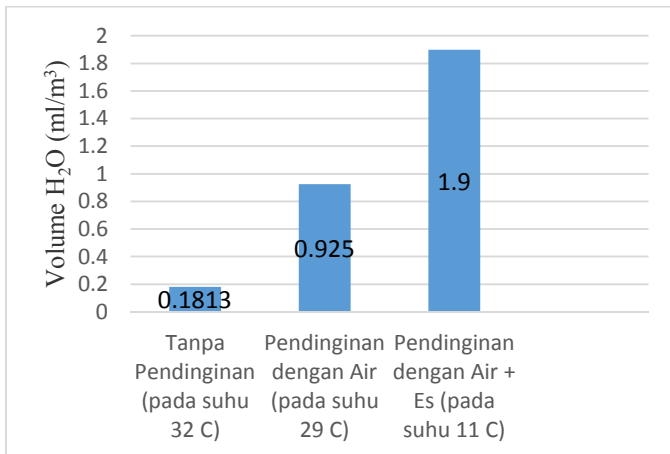


Gambar 4. Diagram Alir Pengujian Alat

3. DATA DAN ANALISA

3.1 H₂O HASIL PENGEMBUNAN

Proses pengembunan terjadi pada pipa *heat exchanger* yang berada dalam bak penampung kemudian diberi variasi pendinginan dengan air+es, pendinginan dengan air, dan tanpa pendinginan. Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil produk dari proses pengembunan biogas adalah kandungan uap air.



Gambar 5. Grafik Rata – rata H₂O yang terembunkan

Hasil akhir dari pengembunan biogas dari rata-rata 4 kali pengulangan, didapatkan tanpa pendinginan (pada suhu 32°C) adalah 0,1813 ml, pendinginan dengan air (pada suhu 29°C) adalah 0,925 ml, dan pendinginan dengan air+es (pada suhu 11°C) adalah 1,9 ml untuk tiap 1 m³ biogas yang dialirkan. Semua perlakuan dilakukan dengan waktu 30 menit. Dari data hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa semakin rendah temperatur media pendinginan maka akan semakin banyak uap air yang terembunkan. Hal ini terjadi karena titik embun atau *dew point* dari biogas adalah 32°C, dapat dilihat dari Diagram Psychrometrik (lampiran 5) dengan RH (*Relative Humidity*) biogas adalah 100% (Haeo, 2017) sehingga semakin rendah suhu, uap air yang terkondensasi lebih banyak dan butiran air yang diproduksi juga semakin banyak.

Hasil penelitian menunjukkan produksi air yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan

penelitian sebelumnya, dikarenakan alat yang digunakan lebih sederhana dan kandungan H₂O pada biogas ini hanya 2%. Pada penelitian sebelumnya, peneliti menggunakan alat yang lebih kompleks. Seperti penggunaan *heat exchanger* nya memiliki bentuk yang lebih rumit dan dari data kandungan biogas yaitu CH₄ 67%, CO₂ 19%, dan sisanya H₂O 14%, yang berarti kandungan H₂O pada penelitian sebelumnya lebih besar dibandingkan dengan kandungan H₂O pada penelitian kali ini.

3.2 Waktu Pemanasan Air

Waktu pemanasan 1 L air, dari suhu 29°C ke suhu 80 °C dengan menggunakan bahan bakar LPG dan Biogas

Tabel 1. Waktu Pemanasan LPG dan Biogas

No	Bahan Bakar	Waktu Pemanasan (Menit)
1.	LPG	17
2.	Biogas tanpa pendinginan (pada suhu 32°C)	19,75
3.	Biogas dengan pendinginan Air (pada suhu 29°C)	15,25
4.	Biogas dengan pendinginan Air+Es (pada suhu 11°C)	10



Kandungan uap air pada biogas sangat berpengaruh terhadap waktu pemanasan. Semakin banyak uap air yang terembunkan maka kandungan uap air dalam biogas akan menurun, maka pembakaran semakin sempurna yang membuat nilai kalor bahan bakar semakin tinggi, sehingga waktu pemanasan yang dibutuhkan akan semakin singkat.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Desain alat pemurni biogas dengan metode kondensasi membutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:
 - a. Pipa Tembaga Ø 2 mm (6 m)
 - b. Bak Penampung Ø 200 mm (1 buah)
 - c. Selang Selang Air Ø 2 mm (2 m)
 - d. Selang Air Ø 3 mm (2 m)
 - e. Selang Air Ø 4 mm (2 m)
 - f. *Splitter* Y^{5/16"} (1 buah)
2. Pembuatan alat pemurni biogas ini menggunakan pipa tembaga sebagai bahan utamanya, dan memerlukan beberapa alat tambahan seperti *solder*, lem pipa, dan gunting.
3. Hasil penelitian yang dilakukan menggunakan alat pemurni biogas dengan metode pengembunan (kondensasi), uap air yang terembunkan pada variasi pendinginan air+es (11°C) menunjukkan pengembunan tertinggi yaitu 1,9 ml, disusul dengan pendinginan menggunakan air (pada suhu 29°C) sebesar

0,925 ml, dan perlakuan tanpa pendinginan (pada suhu 32°C) 0,1813 ml. Semua perlakuan dilakukan dengan waktu 30 menit.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ariani.NM. 2007. Pemurnian Biogas Hasil Pengolahan Air Limbah Secara Anaerobik Jurnal Riset Industri Vol. 1, dan No. 2, Agustus 2007 : 86-95. Bristand Industri Surabaya.
- Budiman, A. et al. 2014. Analisis Perpindahan Panas dan Efisiensi Efektif High Pressure Heater (HPH) di PLTU Asam-asam. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam Vol. 03 No.2 pp 76-82, 2014.
- Demirel, Y. 2012. *Energy Production, Conversion, Storage, Conservation, and Coupling Chapter 2 : Energy and Energy Type*. London : Springer-Verlag London Limited. ISBN 978-1-4471-2371-2.
- Holman, J. P. 1986. Heat Transfer (Sixth Edition).
- Kohl, A. & Nielsen, R. 1997 Gas Purification (Fifth Edition).
- Korres, N. E. 2013. Bioenergy Production by Anaerobic Digestion Using agricultural biomass and organic wastes.
- Prayugi, G. E. et al. 2015. Pemurnian Biogas dengan Sistem Pengembunan dan Penyaringan Menggunakan Beberapa Bahan Media. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem Vol. 3 No. 1, Februari 2015, 7-14.
- R. Pitts. Et al. 1997. Schaum Outline Series.
- Suyitno. Et al. 2012. Teknologi biogas : pembuatan, operasional, dan pemanfaatan
- Wiratmana, P. A. et al. 2012. Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Bahan Kering Terhadap Produksi dan Nilai Kalor Biogas Kotoran