

**PEMANFAATAN BIOGAS DARI LIMBAH MCK UMUM DI
PASAR PRABUMULIH**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

**Oleh :
AHMAD RIYAWAN
D100140101**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

PERSETUJUAN

**PEMANFAATAN BIOGAS DARI LIMBAH MCK UMUM DI PASAR
PRABUMULIH**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

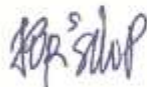
AHMAD RIYAWAN

D100140101

Telah diperiksa dan untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



(Purwanti Sri Pudyastuti, S. T., MSc.)
NIK. 814

LEMBAR PENGESAHAN
PEMANFAATAN BIOGAS DARI LIMBAH MCK UMUM DI PASAR
PRABUMULIH

OLEH
AHMAD RIYAWAN
D 100 140 101

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Fakultas Teknik Program
Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta
pada hari, ~~Senin~~, 7 Oktober 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Purwanti Sri Pudyastuti, S.T., MSc.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Isnugroho, CES.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Achmad Karim Fatchan, MT.
(Anggota II Dewan Penguji)

()

()

()

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK : 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 07 Oktober 2019

Yang menyatakan,



Ahmad Riyawan
D100140101

PEMANFAATAN BIOGAS DARI LIMBAH MCK UMUM DI PASAR PRABUMULIH

Abstrak

MCK singkatan dari Mandi, Cuci, Kakus adalah salah satu sarana fasilitas umum yang digunakan bersama oleh beberapa keluarga untuk keperluan mandi, mencuci, dan buang air di lokasi permukiman tertentu yang dinilai berpenduduk cukup padat dan tingkat kemampuan ekonomi rendah. Dengan menerapkan prinsip pemanfaatan biogas dari kotoran manusia diharapkan kedepannya potensi ini dapat dimanfaatkan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan manusia dan untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan gas pemerintah. Metode yang dilakukan penulis yaitu penulis melakukan pengamatan langsung di lokasi untuk mengetahui seberapa banyak pengguna MCK tersebut, tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar potensi biogas yang bisa dihasilkan MCK yang berada di Pasar Prabumulih, berapa keluarga yang bisa memanfaatkan biogas tersebut untuk kebutuhannya sehari hari, serta mendesain reaktor biogas yang akan digunakan nantinya, dari hasil perhitungan didapatkan biogas terproduksi dari MCK yaitu sebesar 3,5 m³/hari, hasil ini ternyata hanya mampu memenuhi kebutuhan memasak satu keluarga yang terdiri dari 5-6 orang dan untuk menyalakan tiga lampu selama 5 jam saja. Desain reaktor pengolahan limbah memiliki beberapa bagian : penampung kotoran dan penampung gas.

Kata kunci : Limbah Manusia, Biogas, Bahan Bakar Alternatif, Desain Reaktor Biogas

Abstract

MCK stands for Bathing, Washing, and Toileting is one of the public facilities that are shared by several families for bathing, washing, and defecating in certain residential locations which are considered to have a fairly dense population and low level of economic capability. By applying the principle of utilizing biogas from human waste, it is hoped that in the future this potential can be optimally utilized to meet human needs and to reduce dependence on government gas use. The method used by the writer is that the writer makes direct observations at the location to find out how many MCK users there are, the purpose of this study is to find out how much biogas potential that can be produced by MCK in the Prabumulih Market, how many families can use the biogas for their daily needs , as well as designing the biogas reactor that will be used later, from the calculation results obtained biogas produced from the MCK that is equal to 3.5 m³ / day, this result was only able to meet the cooking needs of one family consisting of 5-6 people and to turn on three light during 5 hours only. The design of a waste treatment reactor has several parts: a sewage container and a gas container.

Keywords: Human Waste, Biogas, Alternative Fuels, Biogas Reactor Design

1. PENDAHULUAN

Ledakan jumlah penduduk di Indonesia mengakibatkan banyak permasalahan terutama dampaknya terhadap lingkungan, salah satunya adalah permasalahan sanitasi yang belum terkelola dengan baik. Permasalahan sanitasi erat kaitannya dengan pengelolaan limbah salah satunya adalah limbah tinja manusia. Limbah tinja merupakan limbah yang dihasilkan secara alami oleh tubuh manusia. Limbah tersebut biasanya ditampung pada *septic tank* untuk menghindari terjadinya pencemaran lingkungan terutama pada air resapan tanah.

Pembuangan tinja manusia merupakan salah satu bagian yang penting dari sanitasi lingkungan. Pembuangan tinja manusia yang tidak layak dapat menyebabkan terjadinya pencemaran berupa pencemaran air tanah, pencemaran tanah serta gangguan pandangan dan penciuman dari sisi estetika. Oleh sebab itulah pembuangan limbah tinja perlu mendapat perhatian yang berwawasan lingkungan dimulai dari penampungan tinja (*septic tank*) sampai kepada proses pengolahan.

Limbah tinja yang berasal dari tangki *septic* harus diolah, karena mengandung polutan-polutan yang berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan lumpur tinja ini mempunyai 2 tujuan, yaitu untuk menurunkan kandungan zat organik dari lumpur tinja dan untuk menurunkan bakteri-bakteri *pathogen* (organisme penyebab penyakit).

Limbah tinja manusia mengandung kadar organik tinggi yang bisa dimanfaatkan sebagai penghasil biogas dalam biodigester pilihan yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan rumah tangga. Penerapan teknologi pengolahan limbah domestik sebagai sumber energi dalam bidang sanitasi merupakan suatu terobosan solusi kegiatan pemanfaatan produk yang difikir tidak berguna. Sistem sanitasi yang disebut *Ecological Sanitation (EcoSan)* adalah menutup semua rantai nutrisi sehingga tidak mencemari lingkungan. Teknologi biogas bukan saja menjadi salah satu menghadapi krisis energi tetapi juga mampu mengatasi masalah buangan limbah domestik rumah tangga serta kesehatan lingkungan masyarakat.

Salah satu energi alternatif yang efisien adalah biogas. Menurut Darma (2015: 4) Biogas merupakan gas campuran yang terdiri dari gas metana dan karbondioksida

sebagai kandungan utama. Penggunaan biogas sebagai salah satu alternatif solusi pengganti bahan bakar fosil memiliki banyak manfaat salah satunya dari sisi lingkungan selain lebih ramah lingkungan energi ini juga mencegah limbah agar tidak mencemari lingkungan dan menjadi sumber penyakit

Menurut Koopmans (dalam Darma, 2015:4) sistem produksi biogas juga mempunyai beberapa keuntungan seperti: (a) mengurangi pengaruh gas rumah kaca, (b) mengurangi polusi bau yang tidak sedap, (c) sebagai pupuk, dan (d) produksi daya serta panas.

Teknologi yang tepat digunakan untuk pengolahan feses ialah digester anaerobik karena prosesnya memerlukan energi yang lebih kecil, nutrisi yang lebih sedikit, lumpur yang dihasilkan lebih sedikit, volume reaktor yang dibutuhkan lebih kecil (Metcalf dan Eddy dalam Wardahni, 2011:4). Untuk memproduksi biogas maka dibutuhkan reaktor biogas (digester) yang merupakan suatu instalasi kedap udara sehingga proses dekomposisi bahan organik dapat berjalan secara optimum (Wahyuni, 2009:4). Secara optimum produksi biogas akan optimal bila nilai pH dari campuran input dalam digester berkisaran antara 6-7. Bakteri metanogenik sangat peka terhadap pH dan tidak bertahan < pH 6,6. Ketika produksi metana dalam kondisi stabil, kisaran nilai pH antara 7,2-8,2 maka produksi gas sangat bagus yaitu berada dikisaran mesofilik, antara suhu 25°C-35°C (Price dalam Wardahni, 2011:4).

Produk utama dari proses dekomposisi anaerobik limbah organik adalah gas metan. Gas metan memiliki karakteristik tidak berwarna, tidak berbau, dan memiliki nilai bakar yang tinggi terhadap hidrokarbon. Pada kondisi normal gas tidak terdapat dalam air limbah yang tidak diolah karena jumlah oksigen yang rendah cenderung menjadi racun bagi organisme yang berperan pada produksi gas metan. Proses pemanfaatan hasil pembakaran gas metan yang optimal butuh usaha terlebih dahulu sebelum dibakar yaitu melalui proses pemurnian/penyulingan. Tujuan pemurnian karena hidrokarbon cair yang terbentuk dapat terakumulasi dalam saluran gas. Pemurnian biogas juga menghindari keracunan H₂S (ambang batas maksimum 5 ppm, mencegah kandungan sulfur yang ketika terbakar menjadi SO₂ atau SO₃ dengan

racun lebih kuat dari H_2S serta meminimalkan terbentuknya H_2SO_3 yang sangat korosif. Jika kandungan gas Hidrogen Sulfida yang tinggi dalam biogas dicampur dengan oksigen maka akan menghasilkan gas yang mudah meledak (Wahyuni, 2009:4).

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui seberapa besar biogas yang dapat diproduksi.
2. Merancang biodigester dalam skala kecil.
3. Mengetahui berapa keluarga yang bisa memanfaatkan biogas tersebut.

2. METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif yaitu suatu metode penelitian yang menunjukan sebuah angka atau jumlah. Penelitian ini memanfaatkan data primer sebagai sumber data utama. Penelitian ini bertujuan memberikan acuan dalam pemanfaatan biogas dari limbah *feses* manusia.

Dalam penelitian ini, mula-mula memulai penelitian dengan merencanakan terlebih dahulu mengenai penelitian yang akan dilakukan, lalu melakukan studi literatur dan pustaka mengenai teori-teori yang akan digunakan berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan serta, melakukan studi literatur dengan melihat dan membaca tentang penelitian terdahulu yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, tahapan ketiga adalah tahapan pengumpulan data, dalam teknik pengumpulan data ini bertanya kepada pemilik MCK tersebut dan melakukan pengamatan langsung di lokasi mengenai seberapa banyak masyarakat yang membuang air besar perharinya.

Selanjutnya, setelah diperoleh data awal yang diperoleh dari pemilik MCK dan pada saat melakukan pengamatan langsung di lapangan, tahapan yang dilakukan selanjutnya adalah menghitung jumlah limbah *feses* yang berada di MCK perharinya, tujuannya adalah untuk merencanakan biodigester yang akan dibuat. Selanjutnya setelah dilakukan perhitungan jumlah *feses* yang dihasilkan, maka selanjutnya menghitung jumlah gas yang dihasilkan dari *feses* tadi, selanjutnya setelah melewati serangkaian proses yang telah dilakukan sebelumnya, langkah selanjutnya melakukan

analisis mengenai jumlah rumah yang bisa memanfaatkan energi biogas yang telah dihasilkan tadi, terakhir adalah menarik kesimpulan dalam penelitian yang telah dilakukan ini dan memberikan saran mengenai kekurangan atau masalah apa saja yang ditemui selama melakukan penelitian di lapangan kepada peneliti selanjutnya dan terakhir adalah membuat penutup.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk utama dari proses pengolahan limbah kotoran manusia ini adalah gas metan, gas metan merupakan salah satu gas yang memegang peranan penting terhadap pemanasan global dan perusakan ozon, karena gas ini merupakan gas yang dihasilkan oleh efek rumah kaca yang memiliki dampak lebih berbahaya dibandingkan gas karbon dioksida. Dengan laju 1% per tahun dan terus meningkat.

Reaktor biogas model *Fixed Dome Plant* yang merupakan program dari Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral dalam rangka program pengembangan biogas untuk masyarakat pedesaan. Instalasi biogas ini dibuat untuk mengolah kotoran manusia yang ada di MCK Pasar Prabumulih. Oleh karena itu perlu dilakukan pengamatan terlebih dahulu seberapa banyak masyarakat yang melakukan aktivitas buang air besar di MCK tersebut agar dapat diketahui kapasitas instalasi dari biodigester yang akan dibuat nantinya.

3.1 Hitungan potensi kotoran manusia

Hitungan ini bertujuan untuk mengetahui jumlah kotoran manusia yang tersedia perharinya di MCK tersebut.

$$N = 0,4X$$

X = Jumlah Pemakai MCK (berdasarkan hasil pengamatan di lokasi)

$$N = 0,4 \times 50$$

$$N = 20kg$$

Dari hasil pengamatan di lapangan maka didapat volume kotoran setiap harinya adalah sekitar 20 kg. Hasil ini sebenarnya tidak bisa dibuat patokan untuk penentuan perhitungan selanjutnya karena setiap saat bisa saja berubah volume limbahnya tergantung limbah yang tersedia di MCK tersebut, namun data yang penulis gunakan untuk perhitungan ini adalah data hasil saat penulis melakukan pengamatan di lapangan, penulis mengambil rata-rata setiap hari jumlah masyarakat yang melakukan aktivitas buang air besar di sana untuk perhitungan ini. Perhitungan selanjutnya adalah menentukan jumlah volume limbah yang ada.

3.2 Hitungan volume limbah yang tersedia

Untuk mengetahui jumlah substrat dalam 1 hari yang tersedia di MCK tersebut bisa ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut, untuk waktu 1 hari limbah yang dihasilkan = 2,5 kg/orang/hari bila dikonversikan ke m^3 maka akan setara dengan ($0,0025 m^3$), (termasuk urine, feses, dan Air) total volume campuran kotoran manusia yang tersedia perharinya bisa diperkirakan sebagai berikut

$$\begin{aligned} mt &= 2,5 \text{ kg} \times 50 \text{ orang} \\ &= 125 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Jadi jumlah substrat di dalam tangki pencernaan adalah 125 kg/hari.

3.3 Hitungan volume biodigester

Kebutuhan kapasitas penampungan untuk limbah merupakan hal yang sangat penting dalam sebuah perencanaan biodigester karena ini merupakan ruang tempat pengolahan limbah untuk menjadi biogas.

$$\begin{aligned} V_D &= 50 \times 0,0025 \times 180 \\ &= 22,5 m^3 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka diperoleh volume dari digester tersebut adalah sebesar $22,5 m^3$.

3.4 Hitungan besarnya biogas yang bisa diproduksi di MCK tersebut

Diperkirakan produksi biogas untuk kotoran manusia adalah sekitar 0,02 - $0,028 m^3$ (Tabel 3.3) dan untuk perhitungan maka diperkirakan besarnya produksi

biogas $G_y(\text{moist mass}) = 0,028 \text{ m}^3/\text{kg}/\text{hari}$. Maka produksi biogas dapat dihitung sebagai berikut:

$$G = 0,028 \text{ m}^3 \times 125 \text{ kg} / \text{hari}$$

$$= 3,5 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

Sehingga didapatkan gas yang terproduksi dari proses anaerob adalah sekitar $3,5 \text{ m}^3$. Angka ini kurang lebih cukup memenuhi kebutuhan energi memasak 1 keluarga yang terdiri dari 5 sampai 6 orang dan untuk menyalakan 3 lampu selama 5 jam.

Untuk kesetaraan biogas dengan sumber energi lain dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 1. Kesetaraan Biogas dengan Sumber Energi Lain

1 m ³ Biogas	LPG 0,46 kg
	Minyak Tanah 0,62 Liter
	Solar 0,52 Liter
	Bensin 0,80 Liter
	Kayu Bakar 3,50 kg

(Sumber : Wahyuni dalam Monika. 2013:109)

Sehingga potensi biogas yang dihasilkan dari MCK tersebut sebesar $3,5 \text{ m}^3/\text{hari}$ bila dikonversikan ke dalam bahan bakar lain akan setara dengan LPG 1,61 kg, minyak tanah 2,17 liter, solar 1,82 liter, bensin 2,80 liter, kayu bakar 12,25 liter.

3.5 Hitungan volume penampung gas

Kebutuhan kapasitas penampung gas untuk mengetahui kapasitas dari penampung gas yang akan dibuat nantinya, kemudian penampung gas dihitung dengan menggunakan nilai V_{g1} dan nilai V_{g2} yang terbesar untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada perhitungan sebagai berikut ini.

$$V_{g1} = (2 \text{ m}^3 / \text{hari} \times 1 \text{ hari})$$

$$= 2 \text{ m}^3$$

Untuk perhitungan nilai V_{g2} (gas yang diproduksi selama periode terpanjang konsumsi nol) untuk perhitungan ini, periode terpanjang konsumsi gas nol diasumsikan 1 hari maka diperoleh nilai V_{g2} sebagai berikut

$$\begin{aligned} V_{g2} &= 3,5m^3 / \text{harix1hari} \\ &= 3,5m^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa nilai V_{g2} lebih besar daripada V_{g1} maka digunakanlah nilai V_{g2} untuk menentukan volume dari penampung gas V_g .

$$\begin{aligned} V_g &= 3,5 + (3,5 \times 0,3) \\ &= 4,55m^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan maka didapatkanlah volume dari penampung gas yaitu sebesar $4,55 m^3$.

3.6 Hitungan total volume limbah yang berada di dalam biodigester

Setelah volume digester V_D dan volume penampung gas V_g diketahui maka selanjutnya adalah menghitung volume total dari digester itu sendiri V_H

$$\begin{aligned} V_H &= 22,5 + 4,55 \\ &= 27,05m^3 \end{aligned}$$

3.7 Hitungan jari-jari kubah dari biodigester tersebut

Kemudian menghitung jari-jari kubah dari digester dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{volume setengah bola} &= \left(\frac{2}{3}\right) \times \pi r^3 = 4,55 \\ r^3 &= \frac{4,55 \times 3}{2 \times \pi} \\ &= 2,148 \\ r &= \sqrt[3]{2,148} \end{aligned}$$

$$=1,291$$

Karena jari jari terlalu kecil maka diperbesar menjadi 1,5 m, sebab mempertimbangkan lokasi. Dari perhitungan di atas maka dapat ditentukan jari-jari dari digester adalah 1,5 m. Setelah jari-jari digester diketahui maka tinggi dari digester bisa ditentukan sebagai berikut.

3.8 Hitungan tinggi dari digester

$$22,5 = \pi \times 1,5 \times 1,5 \times t$$

$$22,5 = 7,068$$

$$= \frac{22,5}{7,068}$$

$$T = 3,183 \text{ m}$$

Perencanaan Penulangan Biodigester

$$\text{Beban Hidup } q_l = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Mutu Beton } f'_c = 20 \text{ MPa}$$

$$\text{Baja } f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$\text{Berat Beton } \gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Tebal Plat} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Dipake Tulangan} = \text{D8}$$

Penyelesaian:

1. Menentukan tulangan, dengan menggunakan persamaan seperti di atas maka diperoleh hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Berat Plat } q_d &= 0,10 \times 25 \\ &= 2,5 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Beban Perlu, } q_u = 1,2 \times 2,5 + 1,6 \times 1 = 4,6 \text{ kN/m}^2$$

Tumpuan plat dianggap terjepit penuh, jadi :

$$\text{Momen lapangan} = M_u^{(+)} = \frac{1}{16} \times 4,6 \times 4,5^2$$

$$= 5,695 \text{ kNm}$$

$$\text{Untuk momen lapangan : } M_u^{(+)} = 5,695 \text{ kNm}$$

$$\text{Nilai } d_s = 20 + \frac{10}{2} = 25 \text{ mm}$$

$$d = 100 - 25 = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Untuk } f'_c : (17 - 28) \text{ Mpa, maka } \beta_1 = 0,85$$

$$K_{maks} = \frac{328,5 \times 0,85 \times 20 \times (600 + 300 - 225 \times 0,85)}{(600 + 300)^2}$$

$$= 4,886 \text{ MPa}$$

$$K = \frac{5,695 \times 10^6}{0,9 \times 1000 \times 75^2}$$

$$= 1,124 \text{ MPa} < (K_{maks})$$

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,124}{0,85 \times 20}} \right) \times 75$$

$$= 5,134 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan Pokok : } A_s = \frac{0,85 \times 20 \times 5,134 \times 1000}{300}$$

$$= 290,926 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ Mpa, jadi } A_{s,u} = \frac{1,4 \times 1000 \times 75}{300} = 350 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipilih yang besar, jadi } A_{s,u} = 350 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan : } s = \frac{1/4 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{350}$$

$$= 143,615 \text{ mm}$$

$$s \leq (3 \times h = 3 \times 100 = 300 \text{ mm})$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai $s = 140 \text{ mm}$

$$\text{Luas Tulangan} = \frac{1/4 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{145}$$

$$= 359,039 \text{ mm}^2 > A_{s,u} (\text{Ok})$$

$$\text{Tulangan Bagi : } A_{sb} = 20\% \times 350$$

$$= 70 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \times 1000 \times 100$$

$$= 200 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi $A_{sb,u} = 200 \text{ mm}^2$

$$\text{Jarak Tulangan : } s = \frac{1/4 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200}$$

$$= 251,327 \text{ mm}$$

$$s \leq (5 \times h = 5 \times 100 = 500 \text{ mm})$$

Dipilih yang kecil, jadi $s = 250 \text{ mm}$

$$\text{Luas tulangan} = \frac{1/4 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{250}$$

$$= 201,061 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} (\text{Ok})$$

Jadi digunakan tulangan pokok $A_s = D8 - 140 = 359,039 \text{ mm}^2$

tulangan bagi $A_{sb} = D8 - 250 = 201,061 \text{ mm}^2$

Mencari beban maksimum (P) digester :

$$D_f = 1,5 \text{ m}$$

$$B = 3 \text{ m}$$

$$M_u = \frac{1}{6} \times P \times L$$

$$= \frac{1}{6} \times 1,5 \times 3$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \\
 P &= \frac{6xM_u}{L} \\
 &= \frac{6x0,75}{3} \\
 &= 1,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Data tanah :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat volume tanah } (\gamma) &= 8 \text{ kN/m}^3 \\
 \text{Kohesi tanah } (C) &= 10 \text{ kN/m}^3 \\
 \text{Susut gesek dalam } (\phi) &= 5^\circ \\
 \text{Berat tanah di atas digester } (q) &= D_f \times \gamma \\
 &= 1,5 \times 8 \\
 &= 12 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Koefisien tekanan tanah aktif (k_a)

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2(45 - \phi/2) \\
 &= \tan^2(45 - 5/2) \\
 &= 0,839 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Balok direncanakan memiliki ukuran 20x15, maka tekanan maximum pada balok adalah:

$$0,85 \times f'_c \times a \times b = 0,85 \times 20 \times 20 \times 15 = 5100 \text{ kN} \text{ jadi balok mampu menahan beban kurang lebih sebesar 5100 kN}$$

$$\text{Berat digester setelah terisi penuh} = 22,5 \text{ m}^3 = 77,913 \text{ kN}$$

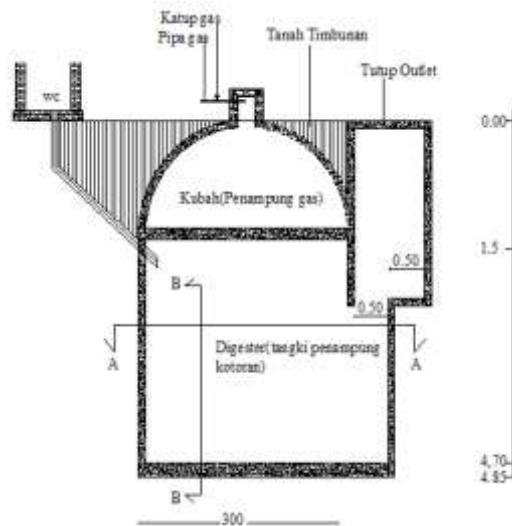
$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan pada dasar pondasi digester } q &= \frac{77,913}{3,2 \times 3} \\
 &= 8,115 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{ult} &= 1,3 C N_c + q N_q + 0,3 B \gamma N_\gamma \\
 &= 1,3 \times 10 \times 7,3 + 12 \times 1,6 + 0,3 \times 3 \times 0,5 \\
 &= 114,55 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{ultnet} &= 114,55 - 1,5 \times 8 \\
 &= 102,55 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{q_{ultnet}}{q_{net}} \\
 &= \frac{102,55}{8,115} \\
 &= 12,63 > 3
 \end{aligned}$$

Jadi digester aman terhadap keruntuhan daya dukung.



Gambar 1. Gambar Biodigester

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian mengenai pemanfaatan limbah feses menjadi biogas maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Produksi biogas yang dapat dihasilkan oleh instalasi biogas di MCK yang berada di Pasar Prabumulih tersebut setiap harinya sebesar $3,5 \text{ m}^3$, setara dengan LPG 1,61 kg.
- 2) Digester memiliki Volume sebesar $22,5 \text{ m}^3$, jari-jari 1,5 m dan tinggi 4,7 m dengan masa pengurasan digester selama 180 hari
- 3) Produksi biogas perharinya di MCK tersebut ternyata hanya mampu mencukupi kebutuhan memasak untuk satu keluarga yang terdiri dari 5-6 orang dan untuk menyalakan 3 lampu selama 5 jam saja.

4.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan mengenai hasil penelitian di atas, maka diharapkan akan ada penelitian serupa mengenai potensi limbah feses manusia untuk diolah menjadi biogas, penelitian serupa dapat dilakukan dengan menggunakan variasi jenis limbah lain dan penambahan bahan campuran. Disarankan untuk penelitian lanjutan yang

akan mengkaji mengenai pemanfaatan limbah feses manusia menjadi biogas ini untuk melakukan perhitungan biaya pembuatan digester dan pengolahan lebih lanjut terkait dengan limbah sisa reaktor biogas agar aman pada saat dibuang. Serta untuk desain IPAL supaya diterapkan langsung di MCK tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Darma. A. 2015. *Pengaruh Laju Air Umpan Serta t_c Waktu Tinggal Dalam Pemanfaatan Air Limbah Industri Tahu Menjadi Biogas Melalui Fermentasi Anaerob Dengan Sistem Batch*. Tugas Akhir. <http://eprints.polsri.ac.id/2007/1/01.%20COVER.pdf>. Diakses pada 14 desember 2018.
- Monika, Fanny. 2013. *Analisis Kelayakan Aspek Ekonomi dan Kapasitas Biodigester Model Fix Dome Plant (Studi Kasus Biodigester di Botokenceng, Yogyakarta)*. Yogyakarta. Jurnal Ilmiah Semesta Teknik. 16(2):108-116
- Wahyuni, Sri, dkk. 2009. *Analisa Kelayakan Pengembangan Biogas sebagai Energi Alternatif Berbasis Individu dan Kelompok Peternak*. Thesis. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalmpi/article/view/3804>. Diakses pada 27 november 2018.
- Wardahni, E.K. & Marsono, B.D. 2011. *Perencanaan Biodigester Tinja manusia dan Kotoran Ternak Skala Komunal Rumah Tangga di Kecamatan Ngancar Kabupaten Kediri*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya Paper.