

Pemanfaatan Tinja Manusia Sebagai Bio Energi Alternatif Melalui Perancangan Sistem Instalasi Pipa Pembuangan Septik-Tank Tersentralisasi Pada Perencanaan Pembangunan Perumahan

Eddy Lybrech Talakua

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widya Kartika

Email: eddytalakua@yahoo.com

Abstrak

Kekurangan bahan bakar minyak pada masa depan akan terjadi, sehingga negara-negara maju sudah mulai melakukan penelitian untuk menggantikan masalah kekurangan BBM pada masa depan, salah satunya adalah produksi energi alternatif berbahan dasar kotoran manusia, yang sering disebut Bio-Gas/Bio-Fuel. Namun, karena sistem pemanfaatan dan pengolahan limbah manusia masih belum ditinjau dan ditangani lebih serius, maka limbah manusia masih terbuang dalam model lama menggunakan Septik-Tank resapan dalam rumah keluarga. Sehingga bahan baku (kotoran manusia) yang seharusnya bisa digunakan sebagai produksi energi alternatif sebagai kebutuhan dasar umat manusia, tidak terbuang percuma dengan metode pembuangan yang selama ini ada. Penelitian ini termasuk penelitian eksplanatori yang mencoba untuk mendeskripsikan pengaturan saluran pembuangan limbah manusia melalui perancangan sistem instalasi pipa pembuangan dari masing-masing Septik-Tank rumah keluarga untuk di kumulatifkan pada wadah penampungan terpusat sebagai tempat proses fermentasi untuk menghasilkan gas metan yang selanjutnya diubah menjadi bentuk energi gas dan listrik. Penelitian ini dilakukan dengan merancang Plan-Out sistem pemipaan saluran tersentralisasi dan pengumpulan data. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan tekanan gas metan pada sentral Septik-tank yang merupakan akumulasi dari beberapa Septik-tank rumah tangga. Sebagai output dari hasil penelitian ini akan didiseminasikan pada junal nasional ber-ISSN dan diseminarkan dalam forum ilmiah

tingkat nasional. Kemudian hasil temuan dan langkah dari penelitian dapat disusun sebagai materi dalam buku ajar mata kuliah Rangkaian Listrik dan Elektronika Industri.

Kata kunci: Proses fermentasi, Bio-Gas, Bio-Fuel, Septic-tank

Abstract

Due to the foreseen shortage in the future supply of oil fuel, advanced countries have started researches to find the substitutes. Among them is the alternative energy production based on human waste, which is also known as Bio-Gas/ Bio-Fuel. However, due to the inefficient processing system, which still used the old absorption Septic-Tank in residential houses. As the results, there was not enough human waste to use as the Bio-Gas. This explanatory study sought to describe the management of human waste disposal through the pipe disposal installation system of each household's Septic-Tank, which would be later accumulated in a centralized container. This container would be the place of fermentation process to produce methane gas, which would be transformed later into gas and electrical energy. This study was conducted by planning a Plan-Out of centralized piping system and data collections. Results show that there is an increase in the pressure of methane gas in the central Septic-Tank, which is the amalgamation of several household's Septic-Tank. The output of this research would be disseminated in the ISSN-registered national journal and a seminar in a national forum. Results and steps of the study would serve as materials for textbooks in Electrical Circuit and Industrial Electronics.

Keywords: Fermentation process, Bio-Gas, Bio-Fuel, Septic-tanks

A. PENDAHULUAN

Permasalahan energi dunia adalah ketidak-seimbangan permintaan (demand) dan penawaran (supply) serta akses terhadap sumber daya energi. Berbagai faktor yang menciptakan ketidakseimbangan tersebut antara lain adalah pesatnya laju pertumbuhan penduduk dan masifnya industrialisasi dunia. Hal ini meningkatkan konsumsi energi dunia secara drastis dan mengakibatkan tersedotnya cadangan energi khususnya energi fosil. Diperkirakan hingga tahun 2030 konsumsi energi dunia masih tergantung kepada energi minyak bumi yang tidak terbarukan. Dalam

batas tertentu keadaan ini juga dialami Indonesia. Kondisi energi Indonesia saat ini masih mengandalkan pada migas sebagai penghasil devisa maupun untuk memasok kebutuhan dalam negeri. Cadangan minyak bumi dalam kondisi depleting, walaupun gas bumi cenderung meningkat. Untuk energi baru dan terbarukan, meskipun Indonesia memiliki potensi beragam, namun pengelolaan dan penggunaannya belum optimal. Berbagai potensi energi tersebut antara lain: sumber energi nabati, gas, panas bumi, energi nuklir, energi surya, energi angin dan Bio-Energy.

Indonesia adalah sebuah negara besar yang memiliki jumlah penduduk yang besar pula. Penduduk Indonesia pada tahun 2017 berjumlah 258 juta jiwa dan diproyeksikan pada tahun 2018 berjumlah 265 juta jiwa (BPS, 2017). Dari banyaknya jumlah penduduk tersebut ternyata tidak didukung fasilitas sanitasi yang memadai. Berdasarkan Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) 2006 ternyata hanya 40,67 % dari total jumlah rumah tangga yang rumahnya dilengkapi dengan tangki septik dan parahnya di desa hanya 24,37 % yang mempunyai tangki septik. Berarti sebagian besar masyarakat Indonesia membuang kotorannya langsung ke alam tanpa ada alat untuk mengurangi kandungan toksik yang ada pada kotoran tersebut. Keluarnya Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM) untuk menyelesaikan masalah krisis energi yang terjadi di Indonesia. Salah satu energi alternatif yang efisien adalah biogas. Menurut Nagamani dan Ramasamy, 1999, tinja manusia dapat menghasilkan 28 L/kg biogas. Dengan 1 M3 biogas kita dapat menyalakan lampu 60-100 Watt selama 6 jam, 3 kali

memasak untuk 5- 6 orang, serta setara dengan listrik sebesar 1,25 Kwh (Gladstone, 2006).

Bagi pemerintah, program ini dirasa layak untuk dikembangkan terutama pada perencanaan pembangunan perumahan rakyat. Peran serta seluruh lapisan masyarakat didukung stimulasi program pemerintah melalui dana penelitian dosen universitas diharapkan dapat segera diwujudkan sumber energi alternatif terbarukan.

B. METODE

1. Rancangan Penelitian

Adapun rancangan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dijabarkan pada diagram alir di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Metode dan Tahapan Penelitian

Seperti yang telah dikemukakan diawal penelitian ini merupakan penelitian bersifat eksplanatori, dan dengan pendekatan kuantitatif, dimana

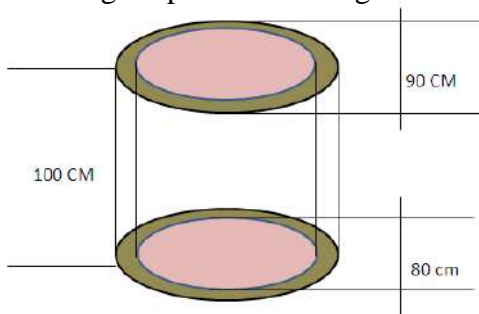
mencoba menjawab permasalahan dengan melakukan pendekatan dan kajian terhadap keilmuan. Adapun tahapan pada penelitian ini dapat dibagi menjadi empat (4) bagian besar, yaitu:

a) Tahap perencanaan

Pertama kali yang dibutuhkan dalam tahapan ini adalah identifikasi mengenai tempat / lokasi pengambilan sampel yang akan digunakan sebagai bahan uji coba. Selanjutnya menentukan material apa saja yang dibutuhkan dalam pembuatan septik-tank model digester serta spesifikasinya. Kemudian menentukan jumlah prototype septik -tank yang akan dibangun sebagai model mapping pada lahan yang sebenarnya. Kemudian perancangan sistem instalasi pipa pembuangan dari masing-masing septik-tank rumah tangga ke sentral septik-tank. Tahap akhir perancangan adalah pengambilan data dari hasil uji coba sistem.

b) Tahap rancang bangun

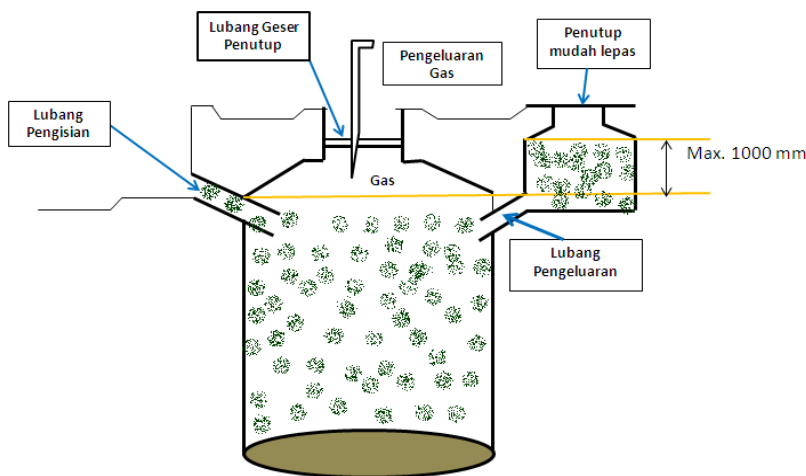
Perancangan prototype septik-tank yang akan digunakan adalah dengan membuat 4 (empat) unit prototype septik-tank resapan yang akan mewakili septi-tank rumah tangga dalam satu RT (Rukun Tetangga) yang ada di lapangan nanti. Dengan spesifikasi sebagai berikut.



Gambar 2. Model Spesifikasi Septik-Tank Resapan

Septik-tank resapan yang digunakan seperti spesifikasi diatas menggunakan bahan semen cor. Untuk merealisasikan model septiktank seperti itu dapat dibeli di toko bangunan.

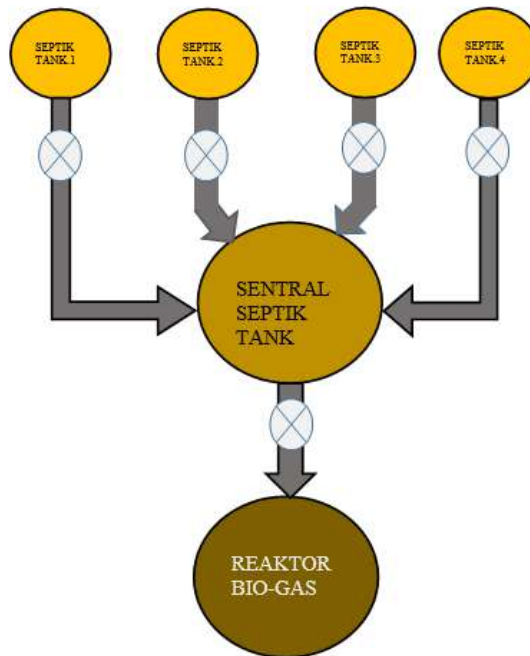
Untuk septik-tank sentral digunakan model septik-tank digester yang dilengkapi dengan reaktor bio gas model Fixed Dome Reactor (Nancy, 2006). Spesifikasinya sebagai berikut.



Gambar 3. Reaktor Bio Gas Model Fixed Dome

Perancangan reaktor bio gas tipe fixed dome seperti pada gambar diatas terbuat dari bahan semen cor yang mempunyai dimensi dua kali volume dari masing-masing septik tank resapan seperti pada gambar. 2.

Perancangan sistem instalasi pipa pembuangan dari masing-masing septik-tank rumah tangga ke sentral septik-tank untuk satu wilayah rukun tetangga dapat digambarkan pada model seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Sistem Instalasi Pipa Tersentralisasi.(tampak atas)

c) Tahap pengukuran dan pengumpulan data

Data yang diambil pada tahap ini adalah besaran tekanan gas pada masing-masing septik tank. Pengukuran tekanan gas metan dilakukan dengan menggunakan alat ukur tekanan gas yang dipasang pada nepel kran masing-masing septik tank. Periode pengukuran dilakukan dengan mengambil data tekanan gas metan untuk kurun waktu satu hari, satu minggu dan 1 bulan.

Hasil pengukuran dalam bentuk besaran tekanan gas metan untuk periode yang sudah ditentukan, dimasukkan kedalam tabel seperti pada table 2.1 di bawah ini.

Tabel 1. Data Besaran Tekanan Gas Metan

SEPTIK TANK	TEKANAN GAS METAN		
	1 HARI	1 MINGGU	1 BULAN
SEPTIK TANK.1			
SEPTIK TANK.2			
SEPTIK TANK.3			
SEPTIK TANK.4			
SEPTIK TANK.SENTRAL			
REAKTOR BIO-GAS			

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah pengukuran langsung pada sampel kotoran manusia yang telah diukur kapasitasnya dan diletakkan pada masing-masing septik tank. Selanjutnya adalah pengukuran tekanan gas metan pada masing-masing septik tank yang diatur berdasarkan periode waktu fermentasi, yaitu 1 hari, 1 minggu dan 1 bulan. Selanjutnya adalah pengukuran tekanan gas metan yang terdapat pada reaktor bio-gas yang diatur berdasarkan periode waktu fermentasi yaitu : 1 hari, 1 minggu dan 1 bulan.

3. Teknik Analisa Data

Teknik yang digunakan pada analisa data yang telah di kumpulkan yaitu dengan menerapkan data yang diperoleh dari hasil pengumpulan data terhadap studi literatur yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti yang sebelumnya. Dimana diketahui bahwa Jumlah rata-rata penduduk tiap RT di kota Surabaya

$$\begin{aligned}
 &= \text{Jumlah penduduk kota surabaya} \div \text{jumlah RT di kota surabaya} \\
 &= 3.200.454 \div 9.271 \\
 &= 345 \text{ orang / RT (Sumber, Dispendukcapil 2 Sept 2013).}
 \end{aligned}$$

Maka jumlah limbah kotoran manusia yang dihasilkan perhari / RT adalah =

$$\begin{aligned}\sum n &= 0.2x \\ &= 0.2 \times 345 \\ &= 69 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Maka jumlah kotoran manusia yang dihasilkan per hari untuk satu rukun tetangga (RT) di kota Surabaya adalah sebesar 69 Kg. Maka jumlah limbah kering yang dihasilkan /kapita/hari/RT = $69 \text{ Kg} \times 5.13 = 354 \text{ Kg/kapita/hari/RT}$ (kota Surabaya). Maka jumlah Bio Gas yg dapat dihasilkan = $354 \div 100 = 3.54 \text{ M}^3 / \text{kapita} / \text{hari} / \text{RT}$ (kota Surabaya).

Dari literatur yang diperoleh didapatkan informasi mengenai nilai kesetaraan 1 M³ bio-gas dengan energi lain adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai Kesetaraan 1 M³ Bio-Gas Terhadap Energi Lain

Volume	Kesetaraan
1 M ³ Bio-Gas	0.46 kg Gas Elpiji
	0.62 liter Minyak Tanah
	3.5 Kg Kayu Bakar
	0.62 Minyak Solar
	1.25 Kwh Energi Listrik

(sumber : Wahyuni, 2008)

Sebagai hasil akhir dari penelitian ini akan disampaikan pada forum ilmiah berupa seminar nasional terakreditasi. Adapun tahapan perancangan dan pengembangan sistem baru ini mulai dari proses awal analisa hingga pembentukan desain rancangan berupa rancangan septik tank tersentralisasi yang dilengkapi dengan reaktor bio-gas.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perancangan dan Pembuatan Septik-Tank

Septik-tank yang dibuat merupakan prototype dari septik-tank yang ada pada rumah tangga.

Bahan : Beton Beus berdiameter ϕ 80 CM

Spesifikasi :

$$\begin{aligned} \text{Diameter } (\phi) &= 80 \text{ CM} \\ \text{Tinggi} &= 1 \text{ M} \\ \text{Volume} &= 0.5 \text{ M}^3 \end{aligned}$$

Septik-Tank tersebut diberi penutup atas dan bawah berdiameter ϕ 100 CM dan diberi saluran untuk pemasangan alat ukur tekanan gas serta pipa saluran pembuangan yang menuju ke sentral Septik-tank berbahan .pipa pvc berdiameter 2 inci . antara badan septi-tank dengan penutup atas dan bawah diberi seal berbahan karet. Tujuannya agar septik-tank kedap udara. Dan tidak bocor. Septik-tank tersebut dibuat sebanyak 4 (empat) unit.

2. Perancangan dan Pembuatan Sentral Septik-Tank

Sentral Septi-tank yang dibuat merupakan prototype dari sentral septik-tank yang berada pada masing-masing RT (Rukun Tetangga)

Bahan : Beton Beus 200 CM X 200 CM X 100 CM

Spesifikasi :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 200 \text{ CM X } 200 \text{ CM} \\ \text{Tinggi} &= 100 \text{ CM} \\ \text{Volume} &= 4 \text{ M}^3 \end{aligned}$$

Sentral Septik-Tank tersebut diberi penutup atas dan bawah ukuran 200 CM X 200 CM dan diberi saluran untuk pemasangan alat ukur tekanan gas serta pipa saluran pembuangan yang menuju ke Reaktor Bio-Gas (Gigester) berbahan .pipa pvc berdiameter 4 inci . antara badan septi-tank dengan penutup atas dan bawah diberi seal berbahan karet. Tujuannya agar Sentral septik-tank kedap udara. dan tidak bocor.Sentrak Septik-Tank tersebut dibuat sebanyak 1 (satu) unit.

3. Perancangan dan Pembuatan Reaktor Bio-Gas (Digester)

Reaktor Bio-Gas (Digester) yang dibuat merupakan prototype dari Reaktor Bio-Gas Fix-Dome yang berada pada masing-masing RT (Rukun Tetangga)

Bahan : Beton Beus 200 CM X 200 CM X 100 CM

Spesifikasi :

Luas = 200 CM X 200 CM

Tinggi = 100 CM

Volume = 4 M³

Digester tersebut diberi penutup atas dan bawah berukuran 200 CM X 200 CM dan diberi saluran untuk pemasangan alat ukur tekanan gas . Antara badan Digester dengan penutup atas dan bawah diberi seal berbahan karet. Tujuannya agar Digester kedap udara. dan tidak bocor. Digester tersebut dibuat sebanyak 1 (satu) unit.

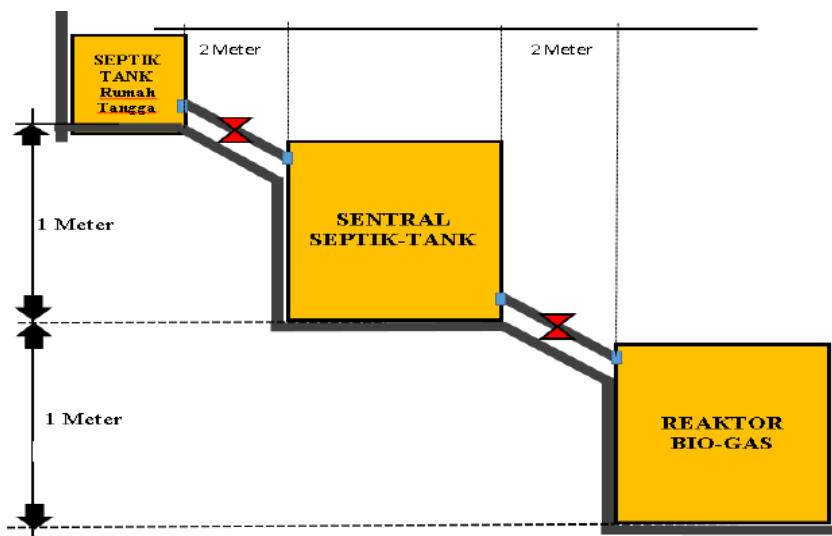
4. Perancangan dan Pembuatan Instalasi Pipa Tersentralisasi

Instalasi pipa pembuangan tersentralisasi menggunakan bahan pipa PVC (paralon) dengan spesifikasi sebagai berikut.

- Pipa penghubung dari Septik-Tank rumah tangga ke sentral septik-tank :
 - Bahan : PVC
 - Diameter : 3 Inchi
 - Panjang : 2 Meter
- Pipa penghubung dari sentral septik-tank ke reaktor bio-gas :
 - Bahan : PVC
 - Diameter : 5 Inchi
 - Panjang : 2 Meter

Teknik penyambungan dari pipa ke badan septik-tank menggunakan sok drat dalam yang sesuai dengan ukuran diameter pipa. Pada masing-masing batang pipa penghubung dipasang katub (valve) satu

arah yang terhubung dengan kran pembuka dan penutup saluran. Posisi ketinggian antara septik-tank, sentral septik-tank dan reaktor bio-gas dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Sistem Instalasi Pipa Pembuangan Septik-Tank Tersentralisasi (tampak samping)

5. Teknik Pengukuran Tekanan Gas

Pengukuran tekanan gas dilakukan pada :

- Ke empat septik-tank.
- Sentral Septik-Tank.
- Reaktor Bio-Gas

Periode waktu pengukuran pada ke 3 sampel alat adalah :

- Per – Hari.
- Per – Minggu.
- Per – Bulan.

6. Hasil Pengukuran Tekanan Gas

Hasil pengukuran tekanan gas pada ke-3 alat tersebut di atas, dapat di uraikan dan dijelaskan pada salah satu sampel periode waktu Per – Minggu adalah sebagai berikut.

a) Pengukuran Tekanan Gas pada Septik-Tank per - Minggu

Pengukuran tekanan gas per – minggu yang dapat di monitor pada tampilan alat pengukur tekanan gas yang terpasang pada masing-masing penutup Septik-Tank. Pencatatan pengukuran dilakukan tepat jam 12.00 siang. Adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada table 3 dan gambar 6 di bawah ini.

Tabel 3. Pengukuran Tekanan Gas pada Septik-Tank (R.T) per-Minggu

Minggu	TEKANAN SEPTIK-TANK (n/m ³)			
	1	2	3	4
1	0,59	0,56	0,62	0,58
2	0,98	0,96	1,01	0,99
3	1,54	1,61	1,59	1,57
4	2,12	2,02	2,34	2,14



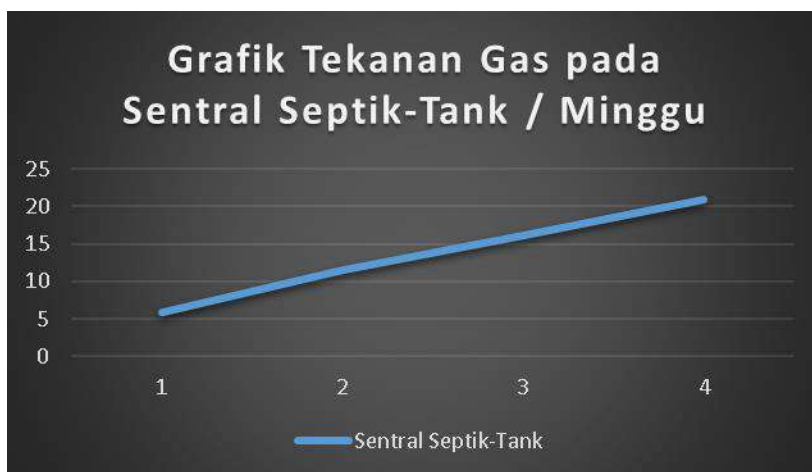
Gambar 6. Grafik Pengukuran Tekanan Gas pada Septik-Tank Per-Minggu

b) Pengukuran Tekanan Gas pada Sentral Septik-Tank Per – Minggu

Pencatatan pengukuran dilakukan tepat jam 12.00 siang. Adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada table 4 dan gambar 7 di bawah ini.

Tabel 4. Pengukuran Tekanan Gas pada Sentral Septik-Tank per-Minggu

Minggu	Tekanan Gas Pada Sentral Septik-Tank (N / M ³)
1	5,89
2	11,57
3	16,08
4	20,96



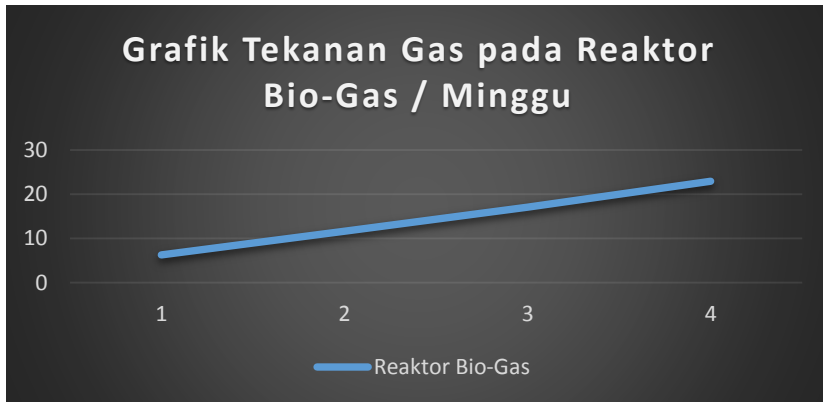
Gambar 7. Grafik Pengukuran Tekanan Gas pada Sentral Septik-Tank Per-Minggu

c) Pengukuran Tekanan Gas pada Reaktor Bio-Gas Per-Minggu

Pencatatan pengukuran dilakukan tepat jam 12.00 siang. Adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada table 5 dan gambar 8 di bawah ini.

Tabel 5. Pengukuran Tekanan Gas pada Reaktor Bio-Gas Per-Minggu

Minggu	Tekanan Gas Pada Reaktor Bio-Gas (N / M ³)
1	6,24
2	11,63
3	17,07
4	22,91



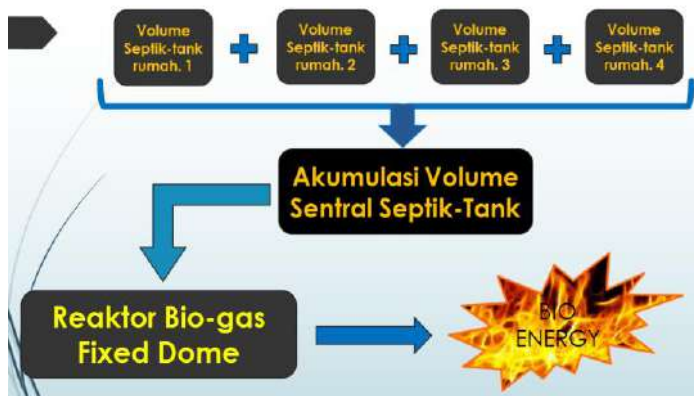
Gambar 8. Grafik Pengukuran Tekanan Gas pada Reaktor Bio-Gas Per-Minggu

D. PENUTUP

Simpulan dan Saran

Data pengukuran level tekanan gas pada Septik-Tank, Sentral Septik-Tank dan Reaktor Bio-Gas untuk periode waktu per-hari, per-minggu dan per-bulan dapat di simpulkan bahwa terjadi akumulasi level tekanan gas yang berbanding lurus dengan jumlah volume sampel dan jangkah waktu *fermentasi*. Sebagai contoh kita ambil data untuk periode waktu per-minggu.

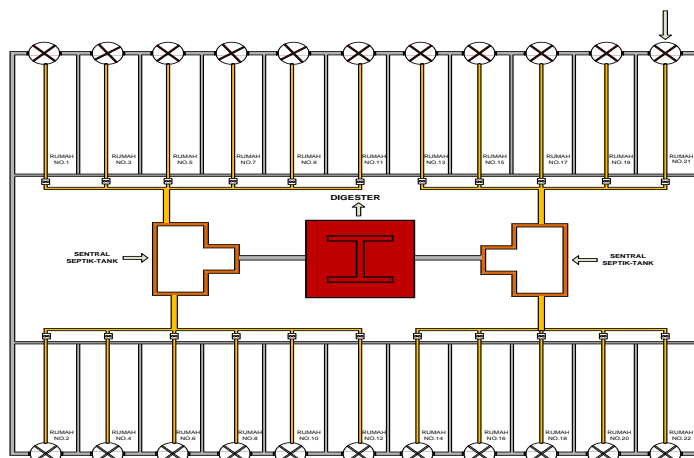
Peningkatan akumulasi level tekanan gas menunjukkan bahwa penerapan metode sistem instalasi pipa septik-tank tersentralisasi dapat meningkatkan jumlah gas yang dihasilkan dari limbah manusia.



Gambar. 4.1. Diagram Blok Sistem Instalasi Pipa Septik-Tank Tersentralisasi

Peningkatan level tekanan gas rata-rata dapat ditunjukkan pada pengukuran tekanan gas pada reactor bio-gas periode waktu per-minggu yaitu sebesar : $22,91 / 4 = 5,7275 \text{ N / M}^3 / \text{Minggu}$

Penerapan sistem ini dapat direalisasikan dengan baik pada suatu kompleks perumahan yang akan dibangun. Dengan demikian perencanaan saluran air kotor sudah menggunakan metode pada penelitian ini.



Gambar 4.2. Contoh Denah Perumahan yang Mengaplikasikan Metode Instalasi Saluran Pipa Pembuangan Air Kotor

DAFTAR PUSTAKA

- Austin, George T. Jasjfi, E. 1985. "Industri Proses Kimia". Edisi ke-5. Jilid 1
- BIOGAS RUMAH- Olah Limbah Jadi Berkah, Di Indonesia Gas Kotoran manusia Bisa Untuk Memasak, 28 November 2014 (<http://www.biru.or.id/index.php/news/2014/11/28/167/di-indonesia-gas-kotoran-manusia-bisa-untuk-memasak.html>)
- Biro Pusat Statistik (BPS) [Indonesia] dan Kantor Menteri Negara Kependudukan/ Badan Koordinasi Keluarga Berencana Nasional (BKKBN), dan Departemen Kesehatan (Depkes) dan Macro International Inc. (MI). 1998. Survei Demografi dan Kesehatan Indonesia 1997. Calverton, Maryland: BPS dan Jv11.
- Darmawan, Petrus. 1998. Gasbio dari Kotoran Sapi dengan Proses Biokonversi. ITPS. Surabaya.
- Gladstone. 2006. *Nilai Kesetaraan Volume Bio-Gas terhadap Daya Listrik*
- Imam Kholiq dan Muharom. 2015 Analisis Perencanaan Reaktor Biogas KAP 16 M3 dengan Pemanfaatan Kotoran Manusia. *JEMIS*. Vol 3, No.2 .
- Ir. Erfin Yundra Febrianto, MT. APU. 2012. Studi Pemanfaatan Feses (Kotoran Manusia) sebagai Bahan Baku Alternatif Terbarukan. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, Vol 30 (1) 2012 : 19-24 ISSN : 0125-9121
- Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) 2006.
- United Nations. 1996. "Guidebook On Biogas Development". Economic and Social Commission for Asia and The Pacific. Bangkok, Thailand.
- US. Department of Energy. Januari 2006. "Hydrogen, Fuel Cells & Infrastructure Technologies Program". Energy Efficiency And Renewable Energy.

Wardahni, E.K dan Marsono, B.D. Jurusan Tek. Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil ITS. Perencanaan Biodigester Tinja Manusia dan Kotoran Ternak Skala Komunal Rumah Tangga di Kec. Ngancar, Kab. Kediri.

Widodo, T.W. and Nurhasanah, A. 2004. Kajian Teknis Teknologi Biogas dan Potensi Pengembangannya di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Mekanisasi Pertanian. Bogor, 5 Agustus 2004.