

MILO-GAS: OPTIMALISASI LIMBAH PADATAN DARI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH KAMPUNG CODE MENJADI BIOGAS

Aditya Whisnu Heryudhanto¹, Haidar Ali²

¹Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

²Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

¹aditya.whisnu.h@mail.ugm.ac.id, ²haidar.ali@mail.ugm.ac.id

Abstract

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) is one of the densest province in Indonesia which population growing rate is 1.19% per year. This implies complicated problems such as sanitation. Although Water Closet (WC) access is available, however sewage access is still below standards. Most of the sewage was discharge directly to environment, until communal sewage treatment system (IPAL) was established. IPAL has dual function, first is to diminish domestic waste and also energy sources such as biogas. Utilization of human waste as biogas is integrated solution between energy and environment. This breakthrough has been established since 2007 in Gondolayu Lor RW 11, Kelurahan Cokrodiningratan (Kampung Code). However, the utilization of biogas is not optimal and only lasted in short time because there were some problems. Observation results indicate that residents abandoned using biogas because of the stove is easily damaged by corrosion. Moreover, a very stinging smell making its use obstructed. Therefore, optimization is required which integrate environmental and society aspects. The recommended optimization is adding adsorbent in the form of zeolite that can absorb water vapour, so that can diminish corrosion effects. From the calculation, it was known that it takes 60 kg zeolite for three years in 4 m absorber tower which the total cost is Rp1,379,360.00 include zeolite. In addition to reduce unpleasant odours, adsorbent in the form of charcoal placed in the gas release in the IPAL and distributor pipes. By these efforts, it is expected that the interest of the residents towards reusing biogas will increase.

Keywords: Biogas, IPAL, Kampung Code, sustainable development

Pendahuluan

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu provinsi yang terpadat di Indonesia dengan laju pertumbuhan jumlah penduduk mencapai 1,19% tiap tahunnya (BPS, 2017). Hal ini berimplikasi terhadap munculnya berbagai masalah yang semakin kompleks. Salah satu masalah pokok yang saat ini masih belum optimal adalah masalah sanitasi lingkungan.

Sanitasi merupakan status kesehatan suatu lingkungan yang mencakup perumahan, pembuangan kotoran, penyediaan air bersih dan sebagainya. Masalah sanitasi merupakan isu yang krusial dan menarik perhatian banyak pihak saat ini. Menurut data *Yale Center for Environment Law & Policy* (YCELP) yang merilis *Environmental Performance Index* (EPI) pada tahun 2014 menempatkan Indonesia pada peringkat 128 dari 178 negara di dunia dalam akses sanitasi.

Permasalahan sanitasi di Indonesia tidak hanya dihadapi oleh masyarakat di pedesaan saja, melainkan juga telah menjadi masalah tersendiri di perkotaan. Hanya saja rendahnya akses *Water Closet* (WC) pribadi di daerah pedesaan tidak terjadi di perkotaan, karena 73% rumah tangga di perkotaan telah memiliki akses ke fasilitas WC pribadi (D., Whittington and J., 2002). Namun tidak demikian dengan akses pada saluran air limbah yang sejauh ini infrastruktur sanitasi publik masih rendah. Menurut data UNICEF (*United Nation Children's Fund*), tahun 2012, investasi pemerintah Indonesia di sektor tersebut kurang dari 1% dari PDB. Oleh karena itu, pemerintah secara aktif

melakukan upaya untuk mengatasi masalah ini melalui Program Penetapan Percepatan Sanitasi Nasional (PPSN), salah satunya adalah Program Sanitasi Berbasis Masyarakat (SANIMAS).

Kampung Gondolayu Lor RW 11, Kelurahan Cokrodingratan, Kecamatan Jetis (Kampung Code) adalah salah satu dari pemukiman padat dan miskin yang ada di Kota Yogyakarta yang menjadi program SANIMAS tahun 2007. Program ini menghasilkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal, yang bertujuan untuk mengolah limbah domestik agar memenuhi baku mutu lingkungan sebelum dibuang ke lingkungan.

Selain mengurangi bahaya limbah domestik yang dihasilkan, proses pengolahan yang melibatkan kotoran manusia tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yakni biogas. Penerapan teknologi pengolahan biogas merupakan terobosan solusi kegiatan sanitasi masyarakat.

Namun dalam perjalanannya, pemanfaatan biogas tidak berlangsung lama karena terdapat beberapa problematika yang menyangkut rendahnya kualitas biogas yang dihasilkan. Pertama, adanya kerusakan pada kompor yang digunakan karena kompor mengalami korosi, sehingga lubang pengeluaran gas menjadi kecil. Kedua, pemanfaatan biogas juga diperparah dengan bau gas yang tidak sedap yang menyengat, serta ketiga adalah warga yang masih merasa jijik karena harus memasak dengan menggunakan hasil pengolahan kotoran sendiri. Sejauh ini sudah terdapat beberapa upaya yang dilakukan oleh warga dalam meminimalisir limbah udara yang dihasilkan.

Dengan munculnya kendala-kendala tersebut, pemanfaatan biogas di wilayah Gondolayu terhenti sehingga gas yang dihasilkan malah terbuang secara percuma ke lingkungan dan menyebabkan limbah udara. Oleh karena itu, diperlukan upaya optimalisasi pemanfaatan biogas yang dihasilkan melalui proses yang terintegrasi antara teknologi dan masyarakat.

Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter, yaitu: Menghilangkan hidrogen sulfur dan kandungan air yang dapat memicu korosi (Horikawa dkk., 2004). Hal ini dapat dilakukan dengan proses penjerapan baik secara kimia maupun fisika.

Karya tulis ini bertujuan untuk mengetahui prinsip kerja IPAL Gondolayu serta integrasinya dengan biogas di wilayah Gondolayu. Disamping itu, juga mengidentifikasi problematika penggunaan biogas serta menawarkan solusi sebagai wujud optimalisasi penerapan biogas di wilayah Gondolayu.

Metode Penulisan

Jenis penelitian ini termasuk penelitian kuantitatif dan kualitatif, dimana untuk penelitian kuantitatif adalah prosedur penelitian yang menghasilkan data yang akurat berdasarkan fenomena yang empiris yang dapat diukur (Sugiyono, 2010). Sedangkan untuk penelitian kualitatif adalah prosedur yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan dari orang-orang atau perilaku yang dapat diamati (Moleong, 2006).

Kelompok yang diteliti (responden) merupakan warga RT 56 dan RT 57, RW 11, Gondolayu Lor, Cokrodingratan, Jetis, yang mengetahui keberadaan dari IPAL Komunal dan biogas, termasuk diantaranya adalah Ketua Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) "RAMLI", yaitu Bapak Muslim.

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kuesioner

Kuesioner dilakukan dengan pemberian sejumlah pertanyaan tertulis serta jawaban yang tersedia kepada responden. Pertanyaan yang diajukan difokuskan pada persepsi tentang masalah-masalah yang sering dijumpai dalam IPAL Komunal Kampung Code, seperti mudah

rusaknya alat memasak bila memakai biogas, bau yang tak sedap dan menyengat, dan kecenderungan warga memilih LPG dibandingkan dengan biogas.

Skala sikap yang digunakan dalam kuesioner ini adalah skala sikap *Thurstone*, yaitu skala yang disusun dengan memilih butir yang berbentuk skala interval dari 0 sampai 10 (Sudjana dan Ibrahim, 2004).

2. Wawancara

Wawancara dilakukan tidak menggunakan struktur yang ketat, tetapi dengan pertanyaan yang memfokuskan pada masalah agar informasi yang dikumpulkan cukup mendalam. Informan yang diwawancarai adalah Ketua KSM “RAMLI”, yaitu Bapak Muslim. Data yang ingin didapat adalah data tentang pengelolaan IPAL Komunal Kampung Code dari segi masalah yang sering dijumpai dan bagaimana pemeliharaan IPAL Komunal Kampung Code.

3. Observasi

Pendekatan untuk observasi adalah dengan mengumpulkan data lapangan dengan lebih banyak berperan sebagai *observer* ketimbang partisipan, sehingga dapat diperoleh catatan berupa peristiwa dan catatan-catatan reflektif seperti gagasan maupun kesan peneliti.

4. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dengan mengambil catatan-catatan, transkrip, foto, dan agenda mengenai KSM “RAMLI” yang bertanggung jawab dalam pemeliharaan IPAL Komunal Kampung Code serta pengolahan biogasnya.

Untuk menyajikan data agar mudah dipahami, maka langkah-langkah analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *analysis interactive model* dari Miles dan Huberman, yang membagi langkah-langkah dalam kegiatan analisis data dengan beberapa bagian, yaitu reduksi data, penyajian data, dan menarik kesimpulan atau verifikasi (Sugiyono, 2010). Khusus untuk kuesioner, peneliti menggunakan metode statistik yaitu pengolahan dan analisis data yang sesuai dengan tujuan penelitian ini, yaitu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari tidak optimalnya IPAL Komunal Kampung Code dan pengolahan biogas terhadap condongnya warga memakai biogas dari IPAL Komunal Kampung Code.

Hasil dan Pembahasan

1. Deskripsi Data

A. Kuesioner

a. Variabel X (mudah rusaknya alat masak dan bau tak sedap)

Tabel 1. Presentase Skor Per Indikator Variabel X

No	Indikator	ΣSkor	% Skor	SD
1	Mudah rusaknya alat memasak bila menggunakan <i>biogas</i>	344	90,56	3,2719
2	Sering mencium bau tak sedap dari IPAL Komunal	358	94,21	5,3849
Jumlah		351	92,39	

Hasil kuesioner variabel X menunjukkan bahwa responden merasa alat memasak mereka ketika menggunakan biogas akan mudah rusak dan masih sering mencium bau tak sedap dari IPAL Komunal Kampung Code.

b. Variabel Y (biogas)

Tabel 2. Presentase Skor Per Indikator Variabel Y

No	Indikator	Σ Skor	% Skor	SD
1	Lebih menyukai penggunaan LPG dibandingkan <i>biogas</i>	353	92,78	5,0614

Hasil kuesioner variabel Y menunjukkan bahwa responden lebih menyukai penggunaan tabung LPG dibandingkan dengan biogas sebagai bahan bakar memasak.

B. Wawancara

Pertanyaan yang diajukan kepada Bapak Muslim sebagai Ketua KSM “RAMLI” sebagai responden yang bertanggung jawab dalam pengelolaan IPAL Komunal Kampung Code adalah mengenai masalah yang sering dijumpai dan bagaimana pemeliharaan IPAL Komunal Kampung Code.

Salah satu masalah yang paling ditekankan adalah kebiasaan masyarakat yang membuang sampah ke dalam kloset dan lubang pembuangan di kamar mandi, WC, dapur, dan tempat cuci. Sampah yang seringkali dibuang ke dalam kloset dan lubang pembuangan beragam, dari yang ringan seperti plastik, *sachet* sampo, dan pembalut wanita sampai yang berat seperti gelas, sendok, dan pakaian anak. Sampah ini berakibat tidak hanya mengambat aliran pipa menuju IPAL Komunal, tetapi juga memenuhi bagian *settler* dan menjadi endapan sisa serta tidak dapat dihancurkan oleh *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR). Sehingga, endapan sisa ini tidak hanya harus dikeluarkan setiap beberapa tahun sekali, tetapi juga dapat menurunkan konversi dari biogas.

C. Observasi

Tabel 3. Hasil Observasi

Data Teknis	Cek (√)	Deskripsi
Kamar Mandi (KM) dan WC	Ada/tidak ada di setiap rumah	Tidak ada KM: 70% sudah ada di rumah masing-masing WC: 60% sudah ada di rumah masing-masing
	Ada/tidak ada MCK umum	Ada Ada MCK umum tetapi jarang ada warga yang menggunakan
	Kondisi MCK umum	Baik MCK umum terlihat baik
Septic tank / pengolahan limbah	Arah air limbah dari KM/WC dan MCK umum	IPAL Komunal Air limbah dari KM/WC dan MCK umum semua dialirkan ke IPAL Komunal
	Ada/tidak ada bau dari IPAL Komunal	Ada Masih tercium adanya bau dari IPAL Komunal

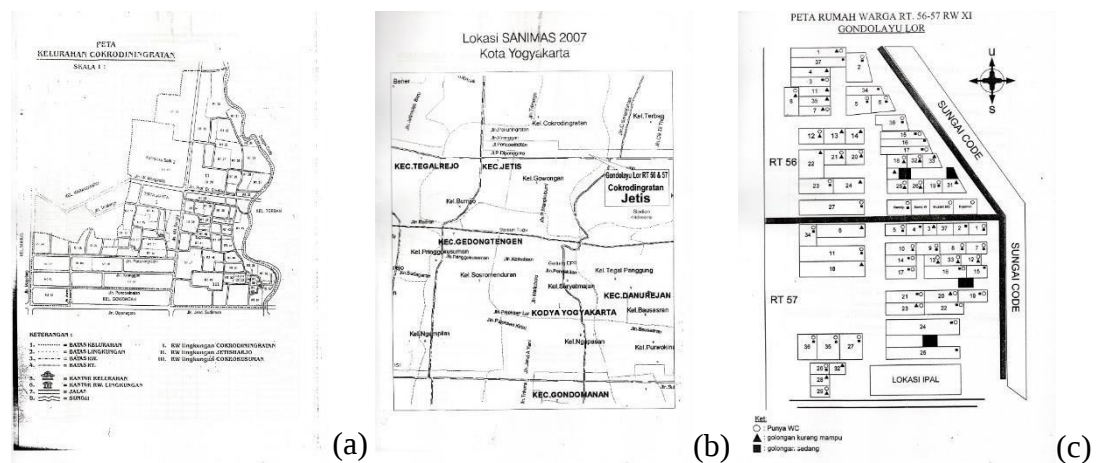
Hasil observasi menunjukkan bahwa masih ada sebagian rumah yang tidak memiliki kamar mandi dan WC dan warga masih jarang untuk menggunakan MCK umum. Untuk kondisi *septic tank* atau pengolahan limbah terlihat baik walaupun masih ada bau yang tercium dari IPAL Komunal.

D. Dokumentasi

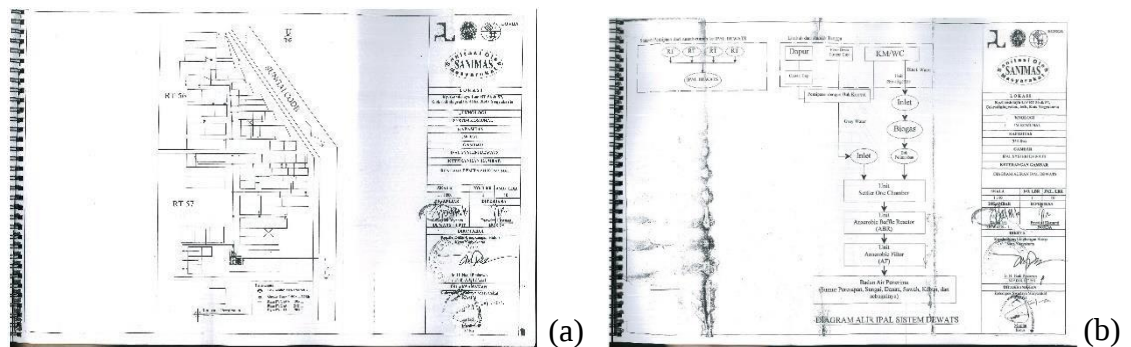
a. Buku Rencana Kerja Masyarakat (RKM) SANIMAS

Di dalam buku RKM SANIMAS ini, ada beberapa bagian isi yang menurut peneliti sangat diperlukan untuk analisis penelitian, diantaranya adalah *Detail Engineering Design* (DED), peta dan profil lokasi, sejarah pembuatan IPAL, dan daftar riwayat warga.

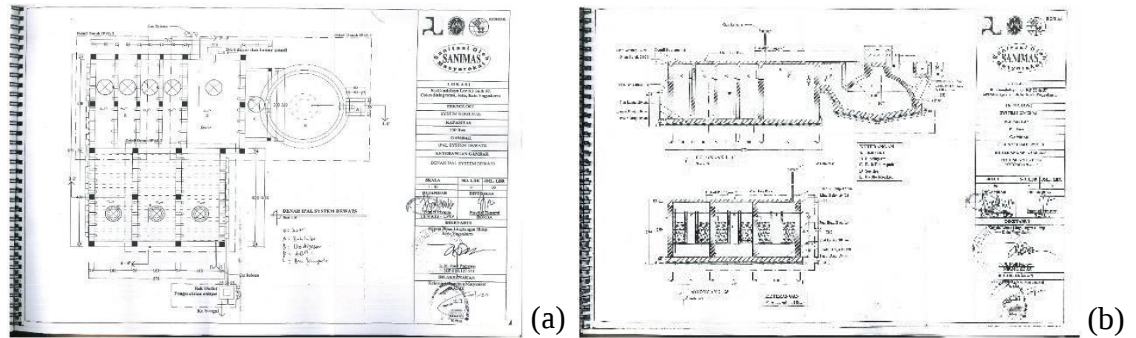
Beberapa bagian yang tercantum di dalam buku RKM SANIMAS akan ditampilkan dibawah ini:



Gambar 1. Pemetaan (a) Kelurahan Cokrodingratan (b) Lokasi SANIMAS Kampung Code (c) Rumah Warga RT 56 dan Rt 57



Gambar 2. (a) Rencana Permipaan Antara Rumah Warga dan IPAL Komunal Kampung Code (b) Diagram Blok Aliran IPAL Komunal Kampung Code



Gambar 3. Gambar Potongan IPAL Komunal dan *Digester* untuk Biogas
(a) Tampak Atas (b) Tampak Samping

b. Foto Lapangan

Foto lapangan yang didapatkan adalah foto yang diambil ketika bersamaan dengan observasi, wawancara, dan survei di lokasi.

Foto lapangan yang didapatkan akan ditampilkan dibawah ini:



Gambar 4. IPAL Komunal Kampung Code



(a)



(b)

Gambar 5. (a) Tanda SANIMAS “RAMLI” IPAL Komunal Kampung Code (b) Batu Peresmian IPAL Komunal Kampung Code



(a)



(b)

Gambar 6. Limbah yang Berada di (a) *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) (b) *Anaerobic Filter Reactor* (AFR)

2. Pembahasan

A. Prinsip Kerja IPAL Komunal Kampung Code

Di rumah-rumah warga, terdapat dua saluran perpipaan yang terpasang, yaitu saluran pipa KM/WC dan saluran pipa dapur. Untuk saluran pipa WC, limbah yang masuk langsung dialirkan ke dalam *digester*. *Digester* berada dalam bawah tanah untuk menjaga stabilitas suhu sehingga proses konversi menjadi biogas secara biologis dapat terjadi. Untuk saluran pipa dapur, limbah yang masuk dialirkan menuju *grease trap*, dimana diharapkan padatan dapat terendapkan. Kemudian, limbah disalurkan menuju unit *settler one chamber*, dimana limbah sisa padatan dari *digester* juga dialirkan menuju unit itu. Di dalam *settler one chamber* terjadi pengendapan lanjutan limbah.

Setelah proses pengendapan berlangsung, limbah disalurkan menuju 4 buah unit *Anaerobic Baffle Reactor (ABR)* secara berurutan, dimana padatan diubah menjadi fasa cairan. Padatan yang berhasil terbentuk menjadi fasa cairan dialirkan menuju 3 buah unit *Anaerobic Filter Reactor (AFR)* secara berurutan, dimana padatan tersuspensi (*suspended solid*) yang masih terbawa akan menempel (*attached*) oleh batuan di dalam AFR.

Limbah/*effluent* yang telah dihilangkan padatannya lalu dialirkan menuju Instalasi Pengolahan Udara Limbah (IPUL) untuk dihilangkan bau tak sedap dengan menggunakan media pasir. Setelah dilewatkan IPUL, *effluent* dapat dibuang ke sungai.

B. Analisis Problematika IPAL Komunal Kampung Code

a. Mudah rusaknya alat memasak

i. Alasan alat memasak mudah rusak

Awalnya warga belum mengetahui alasan mengapa alat memasak mereka mudah berkarat dan banyak gumpalan bilamana memakai biogas.

Dari hasil pengumpulan data melalui berbagai jurnal serta diskusi, diperoleh bahwa munculnya karat dan banyak gumpalan di lubang aliran biogas pada kompor disebabkan karena adanya salah satu komposisi yang terkandung pada biogas yang keluar dari *digester* yang dapat membuat karat dan gumpalan, yaitu uap air (H_2O). Dilihat dari reaksi pembentukan biogas, produk yang dihasilkan selain dari gas metana juga menghasilkan uap air. Walaupun kandungan dari uap air dalam produk kecil, namun uap air ini dapat mengoksidasi bahan logam yang berada di kompor biogas tersebut dan tercipta karat dan gumpalan.



Gambar 7. Komponen Kompor Biogas yang Berkarat dan Bergumpal

ii. Solusi

Agar tidak terjadi pengkaratan dan munculnya gumpalan pada komponen kompor biogas, warga yang menggunakan biogas sebagai bahan bakar memasak diharuskan dengan rutin untuk membersihkan komponen kompor dari uap air yang menempel dengan cara menyikat ataupun mengelap. Diharapkan uap air tidak menempel pada

komponen kompor yang bilamana dibiarkan, dapat mengakibatkan munculnya karat dan gumpalan.

Akan tetapi, warga malas untuk rutin membersihkan komponen kompor dari uap air. Maka dari itu, ada solusi yang dapat diterapkan, yaitu dengan penggunaan pipa *U-Trap* dengan harapan agar uap air dapat terkondensasi dan terjebak di bagian bawah pipa *U-Trap* ini.



Gambar 8. Pipa *U-Trap*

Akan tetapi, penggunaan *U-Trap* yang berlangsung lama dapat menyebabkan uap air yang terkondensasi, terakumulasi di bagian bawah pipa *U-Trap*. Sehingga, untuk mengatasi ini, dibuat lubang dengan kran untuk mengeluarkan air dari pipa *U-Trap*.

Namun, untuk membuka kran aliran uap air terkondensasi yang terakumulasi di bagian bawah pipa *U-Trap*, harus dicek secara rutin kondisinya. Masalahnya adalah untuk membersihkan uap air dari komponen kompor saja, warga malas untuk melakukan, apalagi harus mengecek kondisi pipa *U-Trap* secara rutin.

Maka dari itu, solusi yang paling *feasible* untuk menghilangkan uap air yang terkandung dalam biogas adalah uap air diadsorpsi dengan sebuah adsorben khusus untuk menjerap uap air. Salah satu adsorben yang tepat untuk menjerap uap air adalah dengan menggunakan zeolit. Dengan harga Rp15.000/kg dan dapat menjerap air antara 0,7 – 0,9 gram uap air/gram adsorben, zeolit ditempatkan di dalam aliran pipa biogas dari *digester* menuju kompor warga dengan harapan agar uap air sudah terjebak oleh zeolit sebelum sampai ke kompor warga.

b. Bau tak sedap

i. Tempat asal bau tak sedap

Munculnya bau yang menyengat dan tak sedap ini muncul dari tiga tempat berbeda. Pertama, bau tak sedap muncul dari aliran dari kompor biogas. Kebanyakan masyarakat tidak tahan terhadap bau tak sedap tersebut ketika ingin memasak dengan kompor biogas.

Kedua, bau tak sedap muncul dari *gas release* di *settler*. Alasan penggunaan *gas release* di pengolahan IPAL Komunal ini adalah untuk mengurangi tekanan akibat gas di dalam pengolahan IPAL Komunal khususnya di bagian *settler*.

Ketiga, bau tak sedap muncul dari aliran *outlet* dari *Anaerobic Filter Reactor* (AFR) yang langsung diarahkan ke Sungai Code. Bau yang dikeluarkan dari aliran ini dapat tercium sampai ke daerah seberang sungai.

ii. Solusi

Adsorben diperlukan untuk menjerap bau tak sedap, yang dalam kasus ini adalah bau dari pengolahan IPAL Komunal Kampung Code. Untuk saat ini, adsorben yang dipakai adalah dengan menggunakan media pasir yang digunakan di dalam IPUL. Akan tetapi, ternyata pasir tidak dapat menghilangkan bau tak sedap secara efisien.

Maka dari itu, salah satu adsorben yang direkomendasikan adalah arang. Arang mampu untuk menyerap bau-bau tak sedap, dan dengan dipakainya arang, *gas release* sudah tidak berbau menyengat dan tak sedap lagi. Lalu, untuk menghilangkan bau sekaligus uap air untuk aliran biogas, dapat digunakan adsorben zeolit.

Untuk perhitungan berapa banyak kebutuhan adsorben zeolit, dapat digunakan pendekatan sebagai berikut:

Digunakan pipa dengan ukuran 5 inci pipa PVC Maspion tipe AW untuk menara zeolit. Untuk luas penampang dapat didekati dengan persamaan

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (1)$$

dengan, A = luas penampang menara (m^2)
 d = diameter menara (m)

Untuk menghitung ketinggian dari menara, dari penjabaran neraca massa, dapat diperoleh persamaan

$$h = - \frac{G}{A \cdot Ky} \int_{y=y_1}^{y=y_2} \frac{1}{y - y^*} dy \quad (2)$$

dengan, h = ketinggian menara (m)
 G = *flowrate* gas (L/s)
 Ky = koefisien transfer massa *overall* (mol/s)
 y_1 = fraksi massa air sebelum adsorpsi
 y_2 = fraksi massa air setelah adsorpsi
 y^* = fraksi massa air jenuh di zeolit

Dari persamaan tersebut, dan dengan kondisi yang ada di instalasi biogas diperoleh bahwa ketinggian menara yang diperlukan adalah 3,65 meter atau dapat diambil ± 4 meter. Lalu, untuk menghitung jumlah zeolit yang dibutuhkan dapat didekati dengan persamaan

$$G(1 - y_2) \quad (3)$$

Dari persamaan diatas dan dengan manipulasi sederhana matematika, didapatkan jumlah zeolit yang digunakan yaitu sebesar 60 kg. Dengan harga zeolit sebesar Rp15.000,00/kg, serta biaya instalasi menara, diperoleh total biaya sebesar Rp1.379.360,00. Untuk arang, menurut Bapak Muslim, kebutuhan dapat mencapai 300 kg. Dengan harga arang di pasaran adalah Rp4.000,00/kg, maka harga keseluruhan untuk membeli arang saja sudah mencapai Rp1.200.000,00. Zeolit dan arang dapat bertahan selama 3 tahun, sehingga setelah 3 tahun, diperlukan zeolit arang yang baru tanpa harus membayar instalasi menara yang baru.

c. Endapan sisa di IPAL Komunal

i. Masalah yang dijumpai

Endapan sisa dari pengolahan IPAL Komunal yang tidak dapat dihancurkan dengan ABR dikarenakan endapan sisa yang terendapkan di *settler* dominan adalah sampah anorganik yang berasal dari warga seperti gelas, botol sampo, hingga pakaian anak. Dikarenakan endapan sisa tidak dapat dihancurkan dengan ABR, maka

endapan sisa di *settler* dikeluarkan setiap beberapa tahun sekali. Volume yang tertampung dapat mencapai 21 m³ atau 21.000 liter endapan sisa.

ii. Pertimbangan-pertimbangan

Setidaknya ada tiga pertimbangan yang dapat ditawarkan untuk menyelesaikan masalah endapan sisa ini.

Pertimbangan yang pertama adalah endapan sisa IPAL dibawa ke dalam suatu parit, lalu disiram dengan air bertekanan tinggi agar padatan dapat hancur menjadi air. Lalu, air tersebut dialirkan ke Sungai Code. Walaupun cara ini adalah cara yang sering dilakukan pihak KSM “RAMLI”, cara ini sering mendapatkan kritikan terus-menerus dari warga sekitar dan Pemerintah Kota Yogyakarta karena bau yang tak sedap dan pembuangan akumulasi limbah yang langsung menuju sungai.

Pertimbangan yang kedua adalah endapan sisa IPAL diremediasi atau ditimbun menggunakan tanah. Cara ini menguntungkan karena biaya yang lebih murah serta dapat menghilangkan limbah secara lebih cepat permanen. Namun, dikarenakan kondisi dari Kampung Code yang sangat sedikit memiliki lahan kosong, dan endapan sisa IPAL yang terambil bisa mencapai 21 m³ atau 21.000 liter, maka hal ini tidak mungkin untuk dilakukan.

Pertimbangan terakhir adalah endapan sisa IPAL dibawa menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Namun, biaya menjadi suatu hal yang paling dipertimbangkan untuk membawa 21.000 liter limbah padatan. Kiranya, butuh antara 4 – 5 truk besar untuk membawa semua limbah padatan ini.

Dari ketiga pertimbangan yang ada, setelah melalui diskusi yang panjang, dapat disimpulkan bahwa pertimbangan ketiga, yaitu endapan sisa IPAL dibawa menuju TPA adalah solusi yang paling *feasible* untuk dilakukan. Alasan utamanya adalah solusi ini tidak membawa dampak buruk yang langsung bagi lingkungan sekitar Kampung Code. Walaupun biaya menjadi pertimbangan utama dalam solusi ini, setelah dilakukan survei ke warga, warga menyatakan tidak keberatan untuk membayar lebih (yang direncanakan adalah sebesar Rp15.000,00/KK) dalam pengangkutan limbah padatan ke TPA, karena dilihat saat ini, warga tidak keberatan untuk rutin membayar iuran per bulan kepada KSM “RAMLI” sebesar Rp10.000,00 per Kepala Keluarga (KK).

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari karya tulis ini adalah:

1. Sebanyak 92,78% warga Kampung Code masih memilih tabung LPG sebagai sumber energi untuk memasak daripada Biogas.
2. Ketertarikan warga dalam penggunaan biogas dapat ditingkatkan dengan penggunaan zeolit sebagai adsorben untuk menghindari korosi kompor, dan penggunaan arang atau zeolit sebagai penyerap bau.
3. Dibutuhkan zeolit sebesar 60 kg untuk dapat optimal menyerap bau tak sedap selama 3 tahun penggunaan dan total biaya sebesar Rp1.379.360,00 untuk biaya instalasinya.
4. Dengan mempertimbangkan kondisi yang ada di Kampung Code, endapan sisa IPAL dibawa menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA) adalah solusi yang paling *feasible* untuk mengatasi permasalahan endapan sisa IPAL yang sulit untuk dihancurkan.

Daftar Pustaka

- Arikunto, S. (2006). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktek*. Jakarta: Rineka Karya.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2017). *Laju pertumbuhan penduduk menurut provinsi*. Diambil pada 23 Maret 2017 dari <https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1268>
- D., Whittington and J., B. (2002). Water and sanitation program. *Wsp.Org*, 16. Diambil pada 1 April 2017 dari http://www.wsp.org/wsp/sites/wsp.org/files/publications/426200771103_Sustainability_of_Rural_Water_Supply_Projects.pdf.
- Hardjo, S., Indrasti, N. S., & Fantacut, T. (1989). *Biokonversi: Pemanfaatan limbah industri pertanian*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Horikawa, M. S., Rossi, F., Gimenes, M. L., Costa, C. M. M., & Da Silva, M. G. C. (2004). Chemical absorption of H₂S for biogas purification. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 21(3), 415–422. doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-66322004000300006>.
- Indartono, Y. S. (2006). *Reaktor Biogas Skala Kecil/Menengah*. Indonesia Energy Information Center.
- Karyadi, L. (2010). *Partisipasi masyarakat dalam program Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di RT 30 RW 07 Kelurahan Warungboto, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta*. (Skripsi). Diambil pada 3 April 2017 dari http://eprints.uny.ac.id/527/1/Lukman_K._06405244030.pdf
- Marchaim, U. (2007). *Biogas processes for sustainable development*. Food and Agriculture Organizations of the United Nations.
- Moleong, L. J. (2008). *Metodologi penelitian kualitatif*. Bandung: Remaja. Rosdakarya.
- Nagamani, B., dan Rasamany, K. (1999). Biogas technology: An indian perspective. *Current Science*, 77, 44-55.
- Ni'mah, L. (2014). Biogas from solid waste of tofu production and cow manure mixture : Composition effect. 1, 1–9.
- Polprasert, C. (1989). *Organic Waste Recycling*, 2nd ed. Thailand: Environmental Engineering Div. Asian Institute of Technology Bangkok.
- Seadi, T. A., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., & Janssen, R. (2008). *Biogas Handbook. Igarss 2014*. doi: <https://doi.org/10.1533/9780857097415.1.85>
- Sudjana, N., Ibrahim M. A. (2004). *Penelitian dan penilaian pendidikan*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Sugiyono. (2010). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan r&d*, Bandung: Alfabeta.
- UNICEF. (2012). Air bersih, sanitasi & kebersihan. *Ringkasan Kajian*, 1–6. Diakses dari https://www.unicef.org/indonesia/id/A8_-_B_Ringkasan_Kajian_Air_Bersih.pdf.
- Wahyuni M.P., Sri., (2010). *Biogas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Yale Center for Environmental Law & Policy. (2014). *Environmental performance index*. Diakses pada 2 April 2017 dari <http://archive.epi.yale.edu/epi/issue-ranking/water-and-sanitation>
- Yebo Li, Stephen Y. P., Jiying Zhu. (2010). *Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste*, 2, 822.