

NASKAH ORISINAL

Recycle Home: Inovasi Pemanfaatan Sampah Organik menjadi Biogas Terintegrasi Aplikasi *Mobile Recycle App* sebagai Upaya Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Sekitar TPA Pakusari, Kabupaten Jember

Achri Isnan Khamil¹ | Anandya Zulham Valensyah¹ | Maktum Muharja^{1,*} | Dwi Imam Sahroni Waji² | Nur Laila Ida Fitria³ | Adelia Nanda Pramudya⁴ | Pratamai Shelli¹ | Febri Adrian¹ | Zahwa Auliya Zahiyah¹ | Muhammad Dhaffa Mahendra⁵ | Muhammad Zufar Syah⁵ | Rizki Fitria Darmayanti⁶ | Zuhriah Mumtazah¹ | M. Zikrillah¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Universitas Jember, Jember, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Jember, Jember, Indonesia

³Program Studi Matematika, Universitas Jember, Jember, Indonesia

⁴Program Studi Fisika, Universitas Jember, Jember, Indonesia

⁵Program Studi Informatika, Universitas Jember, Jember, Indonesia

⁶Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember, Indonesia

Korespondensi

*Maktum Muharja, Program Studi Teknik Kimia, Universitas Jember, Jember, Indonesia. Alamat e-mail: maktum@unej.ac.id

Alamat

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jalan Kalimantan 37 Jember 68121, Indonesia

Abstrak

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan melalui inovasi pemanfaatan sampah organik menjadi biogas terintegrasi aplikasi *Mobile Recycle App* sebagai upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitar TPA Pakusari. Inovasi tersebut berlatar belakang kondisi TPA Pakusari berstatus mengkhawatirkan akibat tidak adanya perluasan lahan. Hampir 82% komposisi sampah di TPA Pakusari merupakan sampah organik yang mana penumpukan volume sampah organik tersebut dapat menyebabkan terjadinya degradasi anaerob yang menghasilkan gas metana. Gas metana yang tidak dimanfaatkan dengan baik dapat meledak dan berpotensi terjadinya kebakaran pada *landfill*. Selain itu, TPA Pakusari memiliki *digester* penampung gas metana terbengkalai yang sangat berpotensi menyebabkan kebakaran apabila tidak diolah dengan baik. Potensi biogas yang dihasilkan dari *digester* TPA Pakusari ini mencapai 112,0124 m³/hari sehingga dapat mencukupi kebutuhan harian pengganti gas LPG untuk kurang lebih 22 rumah atau Kepala Keluarga. Tujuan kegiatan ini yaitu untuk memberikan edukasi dan implementasi terkait pemanfaatan biogas menjadi alternatif pengganti gas LPG yang disalurkan ke rumah masyarakat sekitar dengan terintegrasi aplikasi *Mobile Recycle*. Capaian kegiatan ini terbukti dengan adanya 5 warga Desa Kertosari yang tertarik dan bersedia untuk mengikuti program ini.

Kata Kunci:

Biogas, *Mobile Recycle App*, Pengolahan, Sampah Organik, TPA

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi dimana tercatat sebanyak 2.696.039.000 jiwa menduduki wilayah Indonesia^{[1][2][3]}. Kepadatan penduduk yang tinggi ini juga berpengaruh pada permasalahan sampah terutama di kota dengan jumlah penduduk yang tinggi. Pertambahan jumlah penduduk dengan segala aktivitasnya berbanding lurus dengan peningkatan jumlah sampah^[4]. Berdasarkan data yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2021, Indonesia menghasilkan volume sampah yang mencapai 18,2 juta ton/tahun. Sampah tersebut dihasilkan dari 154 Kabupaten/Kota se-Indonesia salah satunya adalah Kabupaten Jember. Kabupaten Jember memiliki luas wilayah 3.293.339 km² dengan 31 kecamatan, 247 kelurahan, dan total jumlah penduduk sebanyak 2.800.000 jiwa^[1]. Padatnya jumlah penduduk ini juga diiringi dengan pola konsumsi masyarakat Kabupaten Jember yang cenderung meningkat dilihat dari naiknya kebutuhan makanan, pakaian, dan perumahan. Hal tersebut akan menghasilkan sampah baik sampah organik maupun sampah anorganik dalam jumlah yang tinggi pula. Sampah-sampah tersebut dapat menimbulkan permasalahan seperti pencemaran lingkungan, sosial, kesehatan, dan budaya apabila tidak ditampung dan diolah dengan baik.

TPA Pakusari merupakan tempat pembuangan akhir yang mencakup seluruh sampah di Kabupaten Jember khususnya 10 wilayah yang dekat dengan pusat kota, tercatat mampu menghasilkan 150 ton/hari dengan 81,9% sampah organik, sampah non-organik (13,6%) dan sampah beracun (4,5%)^[5]. TPA Pakusari dengan luas lahan 6,8 hektare dan kondisi titik jenuh mencapai 90% sudah dipenuhi sampah sehingga sudah tidak mampu menampung sampah kembali. Menumpuknya sampah tersebut menghasilkan air lindi yang meluber hingga pemukiman warga dan daerah pertanian sehingga menyebabkan gagal panen, masalah kesehatan, pencemaran air dan tanah^[6]. Selain itu, TPA Pakusari memiliki *digester* penampung gas metana terbungkalai yang sangat berpotensi menyebabkan kebakaran apabila tidak diolah dengan baik.

Saat ini kondisi TPA Pakusari berstatus mengkhawatirkan akibat tidak adanya perluasan lahan. Hampir 82% komposisi sampah di TPA Pakusari merupakan sampah organik yang mana penumpukan volume sampah organik tersebut dapat menyebabkan terjadinya degradasi anaerob yang menghasilkan gas metana. Gas metana yang tidak dimanfaatkan dengan baik dapat meledak dan berpotensi terjadinya kebakaran pada *landfill*^[7]. Kurang optimalnya pengolahan sampah di TPA Pakusari dan belum adanya perhatian khusus dari pihak pengelola membuat masyarakat tidak dapat merasakan dampak positif akan keberadaan TPA tersebut. Akibatnya, masyarakat sekitar menjadi terganggu dan dirugikan mengingat jika ditinjau dari segi ekonomi, masyarakat sekitar TPA Pakusari juga memiliki kondisi finansial menengah kebawah.

Salah satu cara yang dapat ditawarkan untuk mengatasi masalah-masalah tersebut adalah dengan mengolah sampah organik menjadi biogas. Biogas merupakan energi alternatif berupa gas mudah terbakar yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob dimana kandungan utamanya berupa gas metana^[8]. Biogas juga telah banyak digunakan oleh masyarakat dunia terutama sebagai pengganti gas LPG^{[9][3]}. Solusi ini dapat memberikan dampak baik karena dapat mengatasi penumpukan volume sampah organik di TPA Pakusari serta memberikan kesejahteraan kepada masyarakat sekitar karena biogas dapat menggantikan peran LPG. Selain itu, penggunaan biogas ini juga dapat menjadi salah satu upaya dalam menjaga keberlanjutan energi tak terbarukan di Bumi.

Potensi biogas yang dihasilkan dari *digester* TPA Pakusari ini mencapai 112,0124 m³/hari sehingga dapat mencukupi kebutuhan harian pengganti gas LPG untuk kurang lebih 22 rumah/Kepala Keluarga. Instalasi pipa biogas tersebut menggunakan bantuan sistem kontrol yang berfungsi untuk mendeteksi mendeteksi gas yang terkandung didalam digester beserta tekanan gas^{[2][9][10][11][12]}. Selanjutnya gas akan di purifikasi menggunakan *scrubber* agar yang tersisa hanya gas metana yang akan didistribusikan melewati *solenoid valve* sebagai biogas murni. Selain itu, biogas yang disalurkan tersebut juga dapat diatur dan dihitung kebutuhannya menggunakan *Mobile Recycle App*. Aplikasi tersebut akan membantu masyarakat untuk mengetahui penggunaan harian biogas yang mana secara tidak langsung mengajarkan pengelolaan dan penghematan energi. *Mobile Recycle App* juga menginformasikan jumlah tagihan yang harus dibayarkan berdasarkan jumlah penggunaan biogas. Adanya aplikasi ini bertujuan untuk mengajarkan IPTEK pada masyarakat sekitar. Selain itu, adanya aplikasi ini juga diharapkan mampu menjadi salah satu cara bagi masyarakat untuk memanfaatkan biogas ini menjadi produk yang dapat diperjualbelikan dengan sistem yang lebih praktis, efisien, dan modern. Dengan demikian, TPA Pakusari dapat memberikan manfaat bagi masyarakat sekitar terutama dalam meningkatkan kesejahteraan dan ekonomi finansial.

Artikel pengabdian sebagai upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat dengan memanfaatkan limbah sampah organik TPA pakusari sebagai sumber biogas untuk energi keperluan rumah tangga masyarakat di Jember ini bertujuan (1) untuk mengkalkulasi potensi biogas dari sampah organik; (2) Untuk menghitung keperluan bahan bakar rumah tangga; (3) Untuk merancang *digester* dan kompor biogas; (4) Untuk mendistribusi biogas yang terintegrasi dengan aplikasi *mobile*. Luaran yang diharapkan pada pengabdian ini adalah sistem distribusi biogas terintegrasi aplikasi *mobile recycle app* yang mencakup *digester* biogas, pipa distribusi biogas, sistem sensor dan mikrokontroler, jaringan IoT biogas, dan aplikasi *mobile recycle app*.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Definisi Biogas

Teknologi biogas merupakan Teknologi Tepat Guna (TTG) yang menjanjikan pencapaian hasil energi yang berkelanjutan tanpa merusak lingkungan jika diproduksi melalui degradasi anaerobik (AD). Biogas terdiri dari 50–75% metana, 25–50% karbon dioksida, 0–10% nitrogen, 0–3% hidrogen sulfida, 0–1% hidrogen, dan jejak gas lainnya^{[9][13][14][15]}. Istilah “anaerobik” menunjukkan bahwa proses tersebut terjadi tanpa adanya oksigen bebas dan menghasilkan CH_4 melalui penguraian limbah di alam dan mengurangi pencemaran lingkungan. Biogas adalah gas yang tidak berbau dan tidak berwarna yang terbakar dengan nyala biru jernih seperti gas LPG. Mikroorganisme dari dua kerajaan biologis, Bakteri dan *Archaea* melakukan proses ini kondisi anaerobik yang ketat^{[16][17]}. Di alam, proses ini terjadi di lingkungan seperti rawa-rawa, kolam, rawa, sawah, danau, mata air panas, tempat pembuangan sampah, saluran pencernaan limbah, lautan dan saluran usus manusia dan hewan.

2.2 | Potensi Sampah Organik Sebagai Biogas

Pembuangan sampah organik di TPA dapat menimbulkan masalah lingkungan seperti polusi air, bau tidak sedap, ledakan dan pembakaran, sesak napas, kerusakan vegetasi, dan emisi gas rumah kaca^{[18][19][20]}. *Landfill gas* (LFG) adalah produk sampingan alami dari penguraian sampah organik di tempat pembuangan akhir, dan dihasilkan selama degradasi bagian organik sampah yang dimediasi oleh mikroba. Konversi biomassa sampah organik dapat digunakan sebagai energi dilihat di *sanitary landfill* yang menghasilkan biogas dalam jumlah sekitar $0,350 Nm^3/kg$ sampah padat perkotaan^[21]. Gas TPA dihasilkan dalam kondisi aerobik dan anaerobik. Kondisi aerobik terjadi segera setelah pembuangan limbah karena udara atmosfer yang terperangkap. Fase aerobik awal berumur pendek dan menghasilkan gas yang sebagian besar terdiri dari karbon dioksida dikarenakan oksigen cepat habis, degradasi jangka panjang berlanjut dalam kondisi anaerobik, sehingga menghasilkan gas dengan nilai energi signifikan berupa 55% metana dan 45% karbon dioksida dengan sejumlah senyawa organik volatil (VOC)^{[3][9][22]}. Sebagian besar CH_4 dan CO_2 dihasilkan dalam waktu 20 tahun setelah penimbunan sampah di TPA, sedangkan emisi dapat berlanjut selama 50 tahun atau lebih. Penggunaan biogas sebagai sumber bahan bakar ramah lingkungan berkontribusi pada pengurangan penggunaan bahan bakar fosil dan mengurangi efek rumah kaca. Secara khusus, emisi CH_4 termasuk salah satu dari dua gas rumah kaca yang dipancarkan, hampir 21 kali lebih berbahaya daripada karbon dioksida untuk efek rumah kaca. TPA terdiri dari sumber utama emisi CH_4 antropogenik, dan diperkirakan mencapai 3-19% dari emisi CH_4 antropogenik secara global. Pemanfaatan biogas TPA digunakan sebagai sumber energi terbarukan karena merupakan solusi kreatif untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

2.3 | Proses Reaksi Kimia Biogas

Proses biogas terdiri dari empat tahap (hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, metanogenesis) yang dikatalisis oleh mikroorganisme yang berbeda dan terspesialisasi^[23]. Produksi biogas oleh pencernaan anaerobik (AD) limbah adalah aktivitas kombinasi dari populasi mikroba yang beragam^{[24][25]}. Rantai AD diprakarsai oleh bakteri yang bertanggung jawab untuk hidrolisis zat organik dengan berat molekul tinggi. Selanjutnya, mono- dan oligomer yang dihasilkan terdegradasi menjadi asam lemak volatil VFA (asidogen) dan kemudian menjadi asam asetat, serta CO_2 dan H_2 (asetogen). Langkah terakhir (metanogenesis) dilakukan oleh archaea asetoklastik dan hidrogenotrofik, yang mengubah asam asetat atau CO_2/H_2 menjadi metana.

2.4 | Mobile Recycle App

Perancangan sistem kontrol dan monitoring dilakukan dengan menggunakan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang dijadikan satu dalam sistem kesatuan. Rangkaian sistem kontrol dan monitoring terdiri dari beberapa komponen yaitu sensor MQ-4, LCD, dan LED^{[26][27][28]}. Komponen-komponen tersebut dihubungkan menjadi satu dalam mikrokontroler

arduino. Cara kerja dari sistem kontrol dan monitoring yaitu dapat mendeteksi gas yang terkandung didalam *digester*. Monitoring metana dapat terpantau di *mobile App*^[29].

3 | METODE KEGIATAN

3.1 | Survei Lokasi

Survei lokasi dilakukan di TPA Pakusari, Kecamatan Pakusari, Kabupaten Jember. Survei lokasi bertujuan untuk mengumpulkan data di lapangan yang mendukung kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan sehingga bisa tepat sasaran. Survei juga dilakukan untuk melakukan pengecekan kondisi *digester* biogas yang ada beserta instalasi pipanya. Selain itu, survei juga dilakukan untuk mengukur jarak rumah warga terdekat dari TPA Pakusari untuk mengukur panjang instalasi pipa yang perlu dipasang. Dari hasil survei didapati bahwa kondisi *digester* masih sangat baik namun saluran pipanya sudah rusak sehingga perlu untuk diperbaiki. Hasil survei juga menunjukkan bahwa TPA Pakusari sangat berpotensi untuk memberikan manfaat bagi masyarakat sekitar.

3.2 | Sosialisasi Biogas

Dilakukan sosialisasi dengan tujuan memberikan informasi dan edukasi kepada masyarakat sekitar mengenai biogas dan pemanfaatan TPA Pakusari menjadi sumber energi. Sosialisasi juga dilakukan untuk meminta persetujuan warga sekitar terkait dengan instalasi biogas di rumah masing-masing. Biogas yang dihasilkan dari TPA Pakusari akan digunakan sebagai pengganti gas LPG sehingga finansial masyarakat sekitar dapat terbantu. Materi yang disampaikan dalam sosialisasi ini terkait dengan definisi biogas, manfaat biogas, proses terbentuknya biogas, dan safety procedure penggunaan biogas yang sudah terinstal. Pada sosialisasi ini juga terdapat sesi diskusi dimana membahas mengenai instalasi pipa, pengelolaan biogas, dan penggunaan biogas yang efektif dan efisien.

3.3 | Pembuatan *Mobile Recycle App*

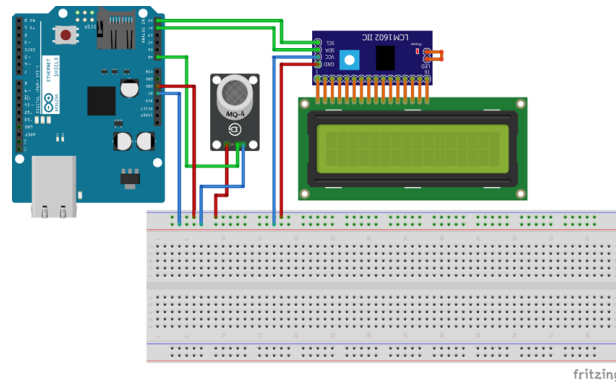
Tim pengusul berencana untuk membuat sebuah sistem yang digunakan untuk menyalurkan biogas ke masing-masing rumah warga. Namun, sistem tersebut masih membutuhkan sebuah aplikasi yang dapat menginformasikan warga terkait dengan tagihan penggunaan biogas tersebut. Tujuan dari pengembangan sistem ini yaitu membuat suatu aplikasi yang dapat memudahkan seluruh warga untuk mendapatkan detail dari tagihan penggunaan biogas secara detail sehingga tidak ada pihak yang dirugikan dengan adanya transparansi dari detail pembayaran tagihan. Selain itu, aplikasi juga mempunyai tujuan untuk dapat mengembangkan sebuah layanan layaknya *e-commerce* tetapi *e-commerce* tersebut dikhususkan untuk warga Desa Kertosari itu sendiri. Dengan begitu, warga tidak perlu repot-repot lagi mempromosikan barang yang mereka jual serta masyarakat tidak perlu khawatir lagi produk yang mereka pesan tidak akan sampai pada tujuan.

3.4 | Instalasi Pipa dan *Digester* Biogas

Digester biogas yang ada di TPA Pakusari sudah ada sejak tahun 2018 *digester* biogas tersebut sudah lama terbengkalai karena tidak ada pihak yang mengelola. Saluran pipa juga sudah rusak parah sehingga perlu dilakukan instalasi pipa baru supaya terhubung ke rumah warga. Pipa yang digunakan adalah pipa PVC dengan diameter 2" dan 1/2". Jarak *digester* dengan rumah warga berkisar 200 meter sehingga diperlukan adanya bantuan *blower* supaya *flowrate* gas meningkat dan dapat mencapai rumah warga.

3.5 | Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring

Perancangan sistem kontrol dan monitoring dilakukan dengan menggunakan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang dijadikan satu dalam sistem kesatuan. Rangkaian sistem kontrol dan monitoring terdiri dari beberapa komponen yaitu sensor tekanan, LCD dan LED. Komponen-komponen tersebut dihubungkan menjadi satu dalam mikrokontroler arduino. Cara kerja dari sistem kontrol dan monitoring yaitu dapat mendeteksi gas yang terkandung didalam *digester* beserta tekanan gas. Selanjutnya gas akan di purifikasi menggunakan *scrubber* agar yang tersisa hanya gas metana yang akan didistribusikan melewati *solenoid valve* sebagai biogas. Sistem kontrol ini juga digunakan untuk mengindikasikan terjadinya kebocoran pipa yang diinstalasikan (Gambar (1)).



Gambar 1 Rangkaian sistem kontrol dan monitoring.

3.6 | Penyaluran Biogas

Dalam tahap ini masyarakat dilibatkan secara langsung pada proses pembuatan biogas dimana masyarakat yang berekonomi menengah kebawah sebagai pelaku produksi tersebut. Sampah organik menjadi bahan utama dalam pembuatan biogas yang mengalami proses fermentasi anaerob didalam *digester*. Dari proses fermentasi tersebut dihasilkan biogas dan *sludge*, dimana biogas mengandung beberapa unsur yaitu gas metana, gas karbon dioksida, gas oksigen, gas hidrogen sulfida, gas hidrogen, dan gas karbon monoksida. Jika kadar karbondioksida (CO_2), dan gas hidrogen sulfida (H_2S) tinggi, maka dapat menyebabkan penurunan nilai kalor, oleh karena itu perlu dilakukan pemurnian untuk menghilangkan gas CO_2 dan H_2S . Pemurnian biogas dilakukan dengan menggunakan *adsorbent* zeolite. Agar proses adsorpsi zeolite berlangsung lebih cepat maka sebaiknya dilakukan proses aktivasi. Aktivator yang digunakan untuk mengaktivasi zeolit yaitu KOH.

3.7 | Evaluasi dan Monitoring

Tahap terakhir yaitu evaluasi dan monitoring guna keberlanjutan program pemberdayaan ini. Tujuan dari tahap ini yaitu dapat mengetahui apakah rumah produksi tersebut berjalan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan atau disepakati, dan tingkat keberhasilan program. Selain itu, ditujukan untuk mendampingi pihak mitra, guna membahas permasalahan dan hambatan yang dihadapi selama program berlangsung. Monitoring dengan mengontrol dan membina masyarakat akan dilakukan 1 minggu sekali oleh anggota tim pengusul, dan evaluasi akan dilakukan secara bertahap setiap bulan. Evaluasi dilakukan untuk mengetahui kekurangan yang ada dalam pelaksanaan program tersebut setiap bulannya. Proses evaluasi membantu memperbaiki kekurangan program yang terjadi, sehingga program menjadi lebih baik dan berkelanjutan guna meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat.

4 | HASIL DAN DISKUSI

Capaian Program Promahadesa yang dilakukan di Desa Kertosari Jember ini adalah agar memberikan edukasi serta wawasan dalam memanfaatkan sampah organik yang berada di TPA Pakusari Jember serta adanya aplikasi *Mobile Recycle App* sebagai upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitar TPA Pakusari, namun pengolahan sampah organik yang belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat maka dari itu dilakukan pemahaman kepada masyarakat tentang teknologi biogas. Dimana kegiatan ini akan menghasilkan kompor biogas yang siap untuk diterapkan kepada warga. Terbukti dengan adanya 5 warga Desa Kertosari yang tertarik dan bersedia untuk mengikuti program ini. Program pengabdian ini dilakukan dengan beberapa tahap antara lain yaitu sosialisasi biogas, koordinasi dengan Desa Kertosari, pengukuran lahan, pembersihan lahan, persiapan bahan, pemasangan pipa, pemasangan kompor biogas, garis besar fungsi aplikasi, fitur aplikasi dan website, serta cara kerja aplikasi dan *website*.

4.1 | Sosialisasi Biogas

Sosialisasi dilaksanakan pada hari Rabu, 07 September 2022 di beberapa rumah warga Desa Kertosari, Jember RT 003 RW 015. Sosialisasi tersebut dilaksanakan di beberapa rumah warga Bersama Tim Promahadesa Universitas Jember. Pada sosialisasi

tersebut Tim Promahadesa memberikan informasi mengenai pemahaman serta edukasi tentang pengertian biogas, pemanfaatan sampah menjadi biogas dan proses pengolahan serta instalasi biogas bagi warga Desa Kertosari, Jember. Pada tahap sosialisasi ini warga sangat berantusias mengikuti pemaparan materi yang disampaikan. Warga Desa Kertosari sangat berharap pada program ini untuk segera ditindak lanjuti ke proses instalasi biogas karena melihat di TPA Pakusari pastinya banyak sampah organik melimpah ruah yang tidak dimanfaatkan. Warga Desa Kertosari berharap agar menerapkan sistem pengolahan sampah organik menjadi biogas sebagai pengganti LPG yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Biogas merupakan bahan bakar alternatif yang pengolahannya berasal dari sampah organik sisa makanan ataupun sampah rumah tangga yang difermentasi dalam keadaan tertutup, biogas sendiri memiliki fungsi antara lain sebagai pengganti LPG yang saat ini mulai susah didapatkan^[20].



(a)



(b)

Gambar 2 Sosialisasi tentang biogas di beberapa rumah warga (a) dan (b).

4.2 | Koordinasi dengan Desa Kertosari

Dalam penyaluran biogas, Tim Promahadesa Universitas Jember melakukan koordinasi dengan Kepala Desa Kertosari, Jember. Koordinasi tersebut membahas tentang beberapa desa yang berada di sekitar TPA Pakusari yang berhak mendapatkan penyaluran biogas. Koordinasi tersebut dilakukan di Balai Desa Kertosari, Jember pada hari Senin, 12 September 2022. TPA Pakusari merupakan tempat pembuangan akhir yang terbesar di area Jember dimana banyaknya sampah organik pasar yang meumuk di *landfill* TPA Pakusari, serta adanya bau tidak menyengat akibat proses pembusukan sampah yang pastinya mengganggu lingkungan sekitar. Maka dari itu dilakukan koordinasi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dengan adanya instalasi biogas yang bisa bermanfaat bagi warga sekitar TPA Pakusari.



Gambar 3 Koordinasi dengan Bapak Budi Wijayanto selaku Kepala Desa Kertosari, Jember.

4.3 | Pengukuran Lahan

Pengukuran lahan dilakukan untuk menentukan jalannya pipa pada saat proses instalasi biogas. Pengukuran tersebut dilaksanakan pada hari Rabu, 13 September 2022 di Dusun Lampan Desa Kertosari RT 003 RW 015 Jember. Pengukuran dilakukan oleh Tim Promahadesa Universitas Jember.



Gambar 4 Pengukuran lahan.

4.4 | Pembersihan Lahan

Setelah pengukuran pipa, dilakukan pembersihan lahan untuk menghilangkan tanaman yang mengganggu pada saat pembangunan instalasi biogas. Pembersihan lahan dilakukan pada hari Kamis, 14 September 2022 di sekitar TPA Pakusari Jember. Pembersihan lahan dilakukan oleh Tim Promahadesa Universitas Jember serta Petugas TPA Pakusari Jember.



Gambar 5 Pembersihan lahan di bagian tembok dinding TPA Pakusari dari tanaman liar.

4.5 | Persiapan Bahan

Persiapan bahan dilakukan untuk mempersiapkan bahan yang digunakan untuk pembangunan instalasi biogas. Persiapan bahan dilakukan pada tanggal 19-21 September 2022 dengan pembelian bahan berupa pipa paralon 2 dim sebanyak 384 meter, pipa paralon ½ dim sebanyak 4 meter, *over-shock* 3 dim ke 2 dim sebanyak 1 buah, *over-shock* 2 dim ke ½ dim sebanyak 1 buah, *blower* 2 buah, lem pipa sebanyak 3 buah, dan lakban sebanyak 4 buah. Seluruh bahan diletakkan di Gudang TPA Pakusari, Jember.

4.6 | Pemasangan Pipa

Pada hari Senin, 03 Oktober 2022 dilaksanakan pembangunan instalasi biogas dimana pipa di pasang di bagian barat TPA Pakusari dengan melewati tembok TPA Pakusari yang akan menuju rumah warga. Instalasi biogas tersebut dilakukan oleh Tim Promahadesa Universitas Jember dengan bantuan petugas TPA Pakusari Jember. Pemasangan pipa membutuhkan waktu hampir 1,5 bulan sebelum proses penyaluran biogas. Pada pemasangan pipa dilakukan sistem komtroling setiap seminggu 3 kali untuk pengecekan pipa yang berlangsung.



Gambar 6 Proses pemasangan pipa.

4.7 | Pemasangan Kompor Biogas

Setelah tahap instalasi pipa biogas dan telah menghasilkan biogas maka selanjutnya bias dimanfaatkan sebagai bahan bakar biogas yaitu kompor biogas. Perlu adanya pengganti kompor gas menjadi kompor biogas bagi warga dengan mengganti sistem pemasukan biogas yang akan dimasukkan ke kompor^[22]. Kompor dipasang pada setiap rumah ketika pemasangan pipa telah selesai. Instalasi kompor dilakukan pada 5 rumah yang masing-masing rumah 1 kepala keluarga dengan rincian tiap keluarga adalah Bapak Erna, Bapak Topit, Bapak Anrik, Bapak Rasid, dan Bapak Buamat. Instalasi biogas berlangsung dan selesai selama satu hari yaitu pada tanggal 18 November 2022. Pemasangan kompor biogas secara umum dapat dikatakan lancar tanpa kendala apapun dengan tahap-tahap yang sesuai dengan metode yang telah direncanakan. Kompor yang dipasang adalah kompor dengan bahan-bahan murah dan sederhana seperti besi dan tembaga yang biasa di jual di toko kompor minyak. Kompor tersebut kemudian dimodifikasi dengan cara membuat ukuran lubang yang tadinya kecil menjadi saluran biogas yang lebih besar. Selain itu, pipa-pipa yang tidak menjadi jalan keluarnya biogas akan ditutup karena gas metana tidak memiliki tekanan dan membutuhkan campuran gas lain untuk dapat terbakar. Kompor biogas ini bertujuan agar bisa memanfaatkan penuh pengolahan sampah organik yang ada di TPA Pakusari dan mengurangi penggunaan gas LPG serta pengeluaran ekonomi warga agar lebih hemat. Setelah pemasangan kompor biogas selesai akan dilakukan monitoring setiap bulannya untuk pengecekan biogas oleh pihak manajemen TPA Pakusari.



Gambar 7 Pemasangan Kompor Biogas dan uji coba Kompor.

4.8 | Garis Besar Fungsi Aplikasi

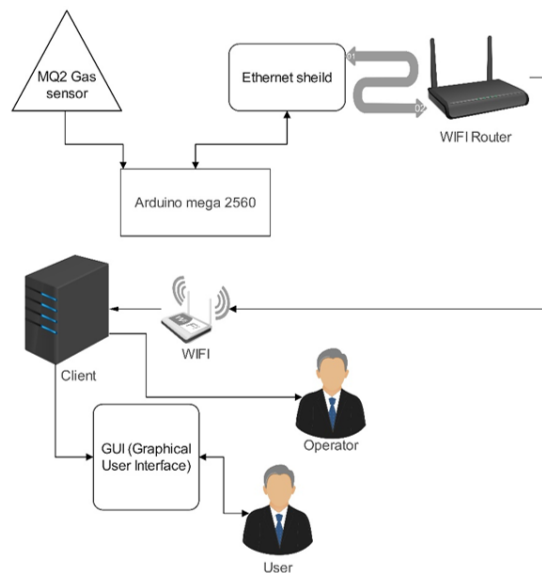
Pemasangan biogas juga dilengkapi dengan adanya aplikasi *Recycle App*. Aplikasi tersebut ada dalam bentuk aplikasi *website* dan *mobile*. Adanya aplikasi ini dapat menjadi sarana untuk memudahkan manajemen TPA juga mengecek data penggunaan biogas secara *real-time*. Tidak hanya itu, data rumah yang meng-*install* biogas beserta tagihan penggunaan juga tercatat dalam aplikasi ini.

4.9 | Fitur Aplikasi dan Website

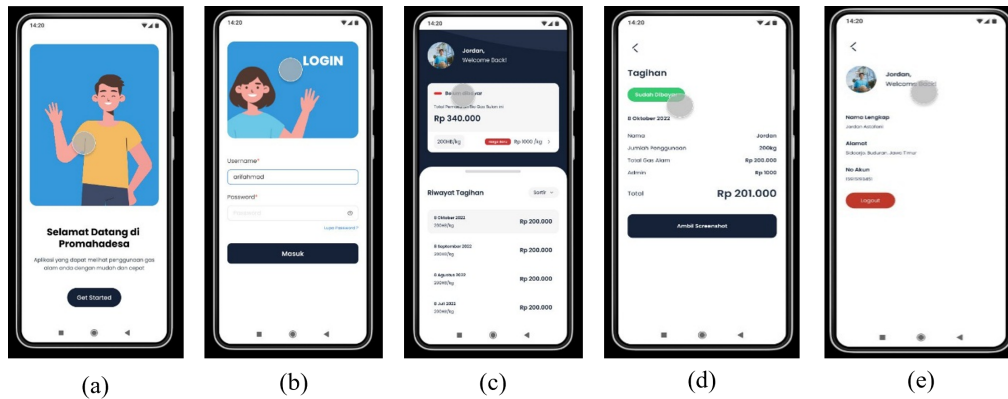
Aplikasi dalam bentuk *website* maupun *mobile* memiliki fitur dan fungsi tersendiri. Dalam *website* tertera beberapa catatan seperti manajemen *user*, manajemen data pipa, manajemen data rumah, manajemen data tagihan per rumah, data tagihan per bulan berdasarkan penggunaan biogas, *RESTFUL API* sebagai sarana sensor pada pipa yang berfungsi untuk mengirimkan data ke *database* juga sebagai sarana untuk *fetching* data *mobile app*.

4.10 | Cara Kerja Aplikasi dan Website

Aplikasi *Recycle App* menampilkan data penggunaan biogas dengan menggunakan sensor MQ2 yang terdapat didalam pipa distribusi warga Desa Kertosari. Dari sensor tersebut data *input* diproses di arduino yang berfungsi untuk mengendalikan dan memproses data perangkat *input* ke *output*. *Output* yang didapat akan diteruskan ke WIFI router melalui *ethernet sheild* dan diterima oleh WIFI *device client*. Komputer klien memiliki peran utama dalam mengakses informasi jumlah biogas dipakai yang tersimpan di *server*. Data yang diproses di *client* akan diteruskan ke *user* melalui GUI, GUI berfungsi sebagai antarmuka antara pengguna dan program atau sistem komputer. Aplikasi *Recycle App* dijalankan oleh admin yang berperan sebagai operator yang berasal dari pihak manajemen TPA. Admin ini melakukan *login* ke aplikasi *website* untuk melakukan pencatatan beberapa data seperti pengguna/warga, data pipa, data rumah, serta data tagihan. Selain itu, warga sebagai *user* juga menjalankan aplikasi *mobile* dengan cara *login* menggunakan data-data yang diberikan oleh admin atau operator. Setelah *login*, warga selaku *user* dapat mengubah profil mereka sesuai yang diinginkan. Setiap *user* dapat menikmati beberapa fitur yaitu mengecek tagihan saat ini serta melihat riwayat penggunaan biogas. Selain itu, warga bisa juga melakukan *scan* pembayaran dengan menunjukkan kode yang tertera pada aplikasi *mobile* kepada admin/operator untuk mengubah status pembayaran.



Gambar 8 Diagram alir aplikasi *Mobile Recycle App*.



Gambar 9 (a) Onboarding; (b) Login; (c) Home/Dashboard; (d) Detail Tagihan; (e) Profil.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Biogas merupakan sistem teknologi tepat guna (TTG) penghasil energi terbarukan dengan menggunakan sampah organik. Teknologi biogas menerapkan sistem fermentasi bakteri anaerobik dengan diciptakanlah alat biogas yang dapat dipergunakan sebagai penghasil energi terbarukan. Bahan yang mudah didapatkan dan biaya yang tidak mahal sangat membantu masyarakat dalam menyelesaikan permasalahan ekonomi, khususnya dengan naiknya harga BBM saat ini. Pemanfaatan sampah organik merupakan salah satu alternatif yang sangat tepat untuk mengatasi naiknya dan kelangkaan bahan bakar minyak karena sampah organik dapat dipergunakan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan karena menghasilkan gas metana (CH_4) yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan.

Biogas TPA Pakusari hanya bisa dimanfaatkan oleh 5 kepala keluarga dikarenakan dana yang tidak mencukupi, untuk kedepannya bisa dikembangkan lebih banyak lagi pemanfaatannya. Gas metana yang dihasilkan kemurniannya sangat rendah sehingga menurunkan kalor pembakaran, untuk memurnikan diperlukan suatu metode purifikasi.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember yang telah mendanai kegiatan pengabdian dengan skema PROGRAM MAHASISWA BERDESA 2022 (PROMAHADESA 2022) dengan nomor kontrak 16622/UN25/KP/2022.

Referensi

1. Badan Pusat Statistik, Jumlah Penduduk Hasil Proyeksi Menurut Provinsi dan Jenis Kelamin (Ribu Jiwa); 2022. <https://www.bps.go.id/indicator/12/1886/1/jumlah-penduduk-hasil-proyeksi-menurut-provinsi-dan-jenis-kelamin.html>.
2. Fadilah SN, Khamil AI, Muharja M, Darmayanti RF, Aswie V. Enhancement of the Quality of Onion Drying Using Tray Dryer. CHEESA: Chemical Engineering Research Articles 2022;5(2):74–81.
3. Fitriati D, Darmayanti RF, Muharja M, Ali MN, Arimbawa IM, Rahmanyah FA, et al. Sosialisasi pemanfaatan limbah kotoran sapi menjadi biogas sebagai sumber energi alternatif di Desa Kemuning Lor, Jember. In: Unri Conference Series: Community Engagement, vol. 3; 2021. p. 597–601.
4. Tampuyak S, Anwar C, Sangadji MN. Analisis proyeksi pertumbuhan penduduk dan kebutuhan fasilitas persampahan di Kota Palu 2015-2025. E Jurnal Katalogis 2016;4(4):94–104.
5. Widyasari N, Dewi Moelyaningrum A, Sri Pujiati R. Analisis potensi pencemaran timbal (Pb) pada tanah, air lindi dan air tanah (sumur monitoring) di TPA Pakusari Kabupaten Jember 2013;

6. Riana EN, Yusuf AT. Kandungan Logam Berat dan Vitamin E pada Testis Tikus Wistar setelah Dipaparkan Air Lindi. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains* 2021;4(1):74–83.
7. Armi A, Mandasari D. Pengelolaan sampah organik menjadi gas metana. *Serambi Saintia: Jurnal Sains dan Aplikasi* 2017;5(1).
8. Yulianto A, Adi AN, Priyambodo HL. Studi Potensi Pemanfaatan Biogas Sebagai Pembangkit Energi Listrik di Dusun Kaliurang Timur, Kelurahan Hargobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan* 2010;2(2):83–89.
9. Muharja M, Darmayanti RF, Putri DKY, Rahmawati A. Pemanfaatan Sampah Organik untuk Produksi Biogas di Lembaga Pemasarakatan Klas II A Jember dengan Melibatkan Narapidana. *Sewagati* 2023;7(1):98–105.
10. Febtriko A. Sistem Kontrol Perternakan Ikan Dengan Menggunakan Mikrokontroller Berbasis Android. *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab* 2017;2(1):21–31.
11. Muharja M, Darmayanti RF, Khamil AI, Prastika A, Rizalluddin M, Fadilah SN, et al. Evaluation of dehydration performance of Belitung taro (*Xanthosoma sagittifolium*) using tray dryer. *IPTEK The Journal for Technology and Science* 2023;34(1):1–11.
12. Fadilah SN, Musyafa R, Putri LN, Syahril D, Khamil AI, Muharja M. Pengaruh Penambahan Chemical Agent Terhadap Angka Gula Reduksi Nira Perahan Pertama (NPP). *Rekayasa* 2023;16(1):49–57.
13. Wang H, Zhu X, Yan Q, Zhang Y, Angelidaki I. Microbial community response to ammonia levels in hydrogen assisted biogas production and upgrading process. *Bioresource technology* 2020;296:122276.
14. Domrongpakkaphan V, Phalakornkule C, Khemkhao M. In-situ methane enrichment of biogas from anaerobic digestion of palm oil mill effluent by addition of zero valent iron (ZVI). *International Journal of Hydrogen Energy* 2021;46(60):30976–30987.
15. Muharja M, Widjaja A, Darmayanti RF, Airlangga B, Anugraha RP, Wijanarto E, et al. Heat Exchanger Network (HEN) Analysis of The Power Plant Industry Using Aspen Energy Analyzer Software. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*;23(1):14–27.
16. Chusna FMA, Mellyanawaty M, Nofiyanti E. Peningkatan Produksi Biogas dari Palm Oil Mill Effluent (POME) dengan Fluidisasi Media Zeolit Termodifikasi pada Sistem Batch. *Jurnal Rekayasa Proses* 2020;14(1):91–100.
17. Muharja M, Fadilah SN, Khamil AI, Darmayanti RF, Putri DKY, Rizkiana MF, et al. Effect of Immersion Concentration in Salt Solution, Drying Time and Air Velocity on Drying Wet Noodles Using a Tray Dryer and Solar Assistance. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan* 2023;7(1):9–16.
18. Yechiel A, Shevah Y. Optimization of energy generation using landfill biogas. *Journal of Energy Storage* 2016;7:93–98.
19. Abuabdou SM, Ahmad W, Aun NC, Bashir MJ. A review of anaerobic membrane bioreactors (AnMBR) for the treatment of highly contaminated landfill leachate and biogas production: effectiveness, limitations and future perspectives. *Journal of Cleaner Production* 2020;255:120215.
20. Muharja M, Albana I, Zuhdan J, Bachtiar A, Widjaja A. Reducing Sugar Production in Subcritical Water and Enzymatic Hydrolysis using Plackett-Burman Design and Response Surface Methodology. *Jurnal Teknik ITS* 2019;8(2):F56–F61.
21. Zamorano M, Perez JIP, Paves IA, Ridao AR. Study of the energy potential of the biogas produced by an urban waste landfill in Southern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2007;11(5):909–922.
22. Muharja M, Darmayanti RF, Fachri BA, Palupi B, Rahmawati I, Rizkiana MF, et al. Biobutanol production from cocoa pod husk through a sequential green method: Depectination, delignification, enzymatic hydrolysis, and extractive fermentation. *Bioresource Technology Reports* 2023;21:101298.

23. Lin CY, Chai WS, Lay CH, Chen CC, Lee CY, Show PL. Optimization of hydrolysis-acidogenesis phase of swine manure for biogas production using two-stage anaerobic fermentation. *Processes* 2021;9(8):1324.
24. Cord-Ruwisch R, et al. Thermodynamics of anaerobic digestion: Mechanism of suppression on biogas production during acidogenesis. *INMATEH-Agricultural Engineering* 2019;57(1):287–301.
25. Rachbauer L, Voitl G, Bochmann G, Fuchs W. Biological biogas upgrading capacity of a hydrogenotrophic community in a trickle-bed reactor. *Applied Energy* 2016;180:483–490.
26. Yang K, Gaida D, Bäck T, Emmerich M. Expected hypervolume improvement algorithm for PID controller tuning and the multiobjective dynamical control of a biogas plant. In: 2015 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC) IEEE; 2015. p. 1934–1942.
27. Vargas A, Moreno JA. On-line maximization of biogas production in an anaerobic reactor using a pseudo-super-twisting controller. *IFAC-PapersOnLine* 2015;48(8):14–19.
28. Darmayanti RF, Susanti A, Setiawan FA, Rizkiana MF, Muharja M, Aji BB, et al. Exploring Starch Sources for the Refreshment Process of Acetone-Butanol-Ethanol Fermentation with *Clostridium Saccharoperbutylaceticum* N1-4. *Int J Technol* 2021;12(2):309–319.
29. Mabrouki J, Azrour M, Fattah G, Dhiba D, El Hajjaji S. Intelligent monitoring system for biogas detection based on the Internet of Things: Mohammedia, Morocco city landfill case. *Big Data Mining and Analytics* 2021;4(1):10–17.

Cara mengutip artikel ini: Khamil, A.I., Valensyah, A.Z., Muharja, M., Waji, D.I.S., Fitria, N.L.I., Pramudya, A.N., Shelli, P., Adrian, F., Zahiyah, Z.A., Mahendra, M.D., Syah, M.Z., Darmayanti, R.F., Mumtazah, Z. Zikrillah, M., (2023), *Recycle Home: Inovasi Pemanfaatan Sampah Organik menjadi Biogas Terintegrasi Aplikasi Mobile Recycle App* sebagai Upaya Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Sekitar TPA Pakusari, Kabupaten Jember, *Sewagati*, 7(4):602–613, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v7i4.563>.