



UNIVERSITAS DIPONEGORO KKN-T-141 DESA BATURSARI

**PEMETAAN POTENSI BIOGAS BERDASARKAN KETERSEDIAAN
LAHAN DI DESA BATURSARI, KECAMATAN MRANGGEN,
KABUPATEN DEMAK**

**LAPORAN AUDIT ENERGI DAN INSTALASI BIOGAS SKALA
RUMAH TANGGA**

Dhafa Rizky Haryanto	21100123140114
Iqbal Khasani	21100123120032
Andina Rahma Sulaeman	21020123130064

SEMARANG

JULI 2026

PEMETAAN POTENSI BIOGAS BERDASARKAN KETERSEDIAAN LAHAN DI DESA BATURSARI

ABSTRAK

Energi merupakan kebutuhan dasar masyarakat sehingga pengembangan energi baru terbarukan (EBT) menjadi upaya penting dalam mendukung keberlanjutan. Biomassa pedesaan, seperti rumput, limbah organik, dan kotoran ternak, memiliki potensi untuk diolah menjadi biogas. Kegiatan KKN Tematik (KKN-T) 141 Universitas Diponegoro ini bertujuan memetakan potensi pengembangan biogas berdasarkan ketersediaan lahan di Desa Batusari, Kecamatan Mranggen, Kabupaten Demak, serta menyusun rancangan instalasi biogas skala rumah tangga sebagai acuan implementasi. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data RBI dan DEMNAS, survei lapangan menggunakan GPS, serta analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode *overlay* dan scoring terhadap parameter ketersediaan biomassa, aksesibilitas, dan luas lahan. Hasil analisis mengklasifikasikan potensi biogas menjadi tiga kelas, yaitu potensi tinggi seluas 2.238.371 m² (35,18%), potensi sedang 1.169.686 m² (18,38%), dan potensi rendah 2.954.174 m² (46,43%). Wilayah berpotensi tinggi umumnya berada pada lahan terbuka di kawasan pinggiran desa, sedangkan potensi rendah didominasi kawasan permukiman padat. Sebagai pelengkap kajian, disusun gambar kerja instalasi biogas tipe *fixed-dome* tertanam (*underground*) yang terdiri atas 16 komponen utama, mulai dari bak inlet, digester, kubah penampung gas, jaringan perpipaan, hingga kompor biogas. Rancangan ini dilengkapi mekanisme proses fermentasi anaerobik dan diharapkan menjadi acuan teknis dalam pembangunan instalasi biogas rumah tangga serta mendukung pemanfaatan energi biomassa secara berkelanjutan di Desa Batusari.

Kata Kunci: Biogas; instalasi biogas; ketersediaan lahan; energi baru terbarukan; SIG.

ABSTRACT

Energy is a fundamental societal need, making the development of renewable energy an important strategy for achieving sustainable development. Rural biomass, including grass, organic waste, and livestock manure, has significant potential to be converted into biogas. This study, conducted as part of the 141st Community Service Program (KKN-T) of Diponegoro University, aims to map the potential for biogas development based on land availability in Batusari Village, Mranggen District, Demak Regency, while also developing a household-scale biogas installation design as a technical implementation reference. The research employed Indonesian Base Map (RBI) and DEMNAS data, field surveys using GPS, and Geographic Information System (GIS)-based spatial analysis through overlay and weighted scoring methods using biomass availability, accessibility, and land area as evaluation parameters. The results classified biogas potential into three categories: high (2,238,371 m²; 35.18%), medium (1,169,686 m²; 18.38%), and low (2,954,174 m²; 46.43%). High-potential areas are generally located on open land in the village outskirts, whereas low-potential areas are concentrated in densely populated residential zones. In addition, technical working drawings of an underground fixed-dome household biogas installation was developed, consisting of 16 main components, including the inlet tank, digester, gas storage dome, piping system, and biogas stove. The design also illustrates the anaerobic fermentation process and is expected to serve as a technical reference for household-scale biogas implementation and the sustainable utilization of biomass energy in Batusari Village.

Keywords: *Biogas; household-scale biogas installation; land availability; renewable energy; Geographic Information System (GIS).*

BAB I

PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan mendasar yang menopang seluruh aktivitas kehidupan masyarakat, mulai dari rumah tangga hingga kegiatan produktif lainnya. Ketergantungan yang tinggi terhadap energi fosil mendorong perlunya pengembangan energi baru terbarukan (EBT) sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan, salah satunya adalah biomassa yang dapat diolah menjadi biogas melalui pemanfaatan rumput, limbah organik, dan kotoran ternak. Keberhasilan pengembangan energi biogas di suatu wilayah pedesaan sangat bergantung pada ketersediaan lahan setempat, karena parameter seperti keberadaan biomassa rumput, kemudahan akses jalan menuju lokasi, serta luas lahan yang dapat dimanfaatkan akan menentukan kelayakan suatu kawasan untuk pembangunan maupun perluasan instalasi biogas. Tanpa adanya data spasial yang memadai mengenai ketersediaan lahan tersebut, upaya perencanaan pengembangan biogas menjadi kurang terarah dan berpotensi menimbulkan permasalahan, seperti penempatan instalasi yang tidak sesuai dengan ketersediaan bahan baku, jarak distribusi yang tidak efisien, serta terhambatnya perluasan pemanfaatan energi ke wilayah yang berpotensi namun belum tergarap.

Desa Batusari, Kecamatan Mranggen, Kabupaten Demak, terdiri atas enam belas dusun, yaitu Mondosari, Gembyong, Batusari, Gebangsari, Wates, Kadungwringin, Daleman, Pucanggading, Pilang, Karanggeneng, Kayon, Kopen, Karangjati, Tlogo, Karangmalang, dan Dongko, dengan karakteristik tata guna lahan yang bervariasi antara kawasan permukiman padat pada bagian tengah desa dan lahan pertanian maupun lahan terbuka pada dusun-dusun pinggiran. Desa Batusari bahkan telah memiliki instalasi biogas rumah tangga yang memanfaatkan kotoran ternak dan limbah organik sebagai sumber energi alternatif. Namun demikian, hingga saat ini belum tersedia data spasial mengenai sebaran ketersediaan lahan yang berpotensi untuk pengembangan biogas, serta dokumentasi komprehensif mengenai analisis teknis rancang bangun instalasi biogas yang paling sesuai dengan kondisi lahan di Desa Batusari. Hal ini menyulitkan pemerintah desa maupun warga dalam menentukan lokasi yang paling sesuai untuk pembangunan instalasi baru serta memahami standar spesifikasi teknis dan operasionalnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, Tim Kuliah Kerja Nyata Tematik (KKNT) 141 Universitas Diponegoro melaksanakan program Pemetaan Potensi Biogas Berdasarkan Ketersediaan Lahan sekaligus penyusunan rekomendasi desain keteknikan instalasi biogas skala rumah tangga sebagai upaya mendukung perencanaan pengembangan energi baru terbarukan berbasis biomassa di Desa Batusari. Program ini dilaksanakan melalui pendekatan spasial dengan menggabungkan tiga parameter utama, yaitu ketersediaan biomassa rumput, aksesibilitas jalan, dan luas lahan, yang selanjutnya diolah menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menghasilkan peta klasifikasi potensi biogas. Selain itu, dikaji pula analisis gambar kerja dan mekanisme bioproses reaktor biogas tipe kubah tetap (*fixed-dome*) terbenam tanah guna memberikan pemahaman teknis yang utuh dari hulu ke hilir.

Berdasarkan uraian tersebut, program ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi ketersediaan lahan di Desa Batusari berdasarkan parameter biomassa rumput, aksesibilitas jalan, dan luas lahan;
2. Melakukan klasifikasi dan pemetaan tingkat potensi biogas ke dalam kelas tinggi, sedang, dan rendah di seluruh wilayah Desa Batusari;
3. Menganalisis hubungan sebaran spasial kelas potensi biogas dengan pola pemukiman dan penggunaan lahan pada masing-masing dusun;
4. Menganalisis desain keteknikan, spesifikasi komponen, serta mekanisme kerja instalasi biogas skala rumah tangga tipe *fixed-dome*; serta
5. Menyusun rekomendasi lokasi pengembangan instalasi biogas baru dan arahan teknis penerapannya berdasarkan hasil pemetaan potensi yang telah dilakukan.

Kegiatan ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa tersedianya data spasial mengenai ketersediaan lahan dan klasifikasi potensi biogas di Desa Batusari, yang dilengkapi dengan peta tematik potensi biogas beserta rekapitulasi luas tiap kelas potensi serta panduan teknis rancang bangun instalasi biogas rumah tangga. Selain itu, hasil pemetaan dan analisis teknis ini diharapkan dapat menjadi bahan rekomendasi bagi pemerintah desa dalam menentukan prioritas lokasi pembangunan instalasi biogas baru, sekaligus mendukung optimalisasi pemanfaatan instalasi biogas yang telah ada sebagai bagian dari perencanaan pengelolaan energi baru terbarukan Desa Batusari pada masa mendatang.

BAB II

METODOLOGI PEMETAAN

2.1 Alat dan Bahan

Pelaksanaan program pemetaan potensi biogas berdasarkan ketersediaan lahan ini didukung oleh beberapa alat dan bahan penunjang sebagai berikut:

- GPS handphone, digunakan untuk menentukan koordinat lokasi survei serta memverifikasi kondisi tutupan vegetasi dan aksesibilitas jalan di lapangan.
- Laptop, digunakan untuk mengolah data spasial menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG), mulai dari input data, skoring parameter, overlay, klasifikasi kelas potensi, hingga penyajian akhir peta tematik.
- Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Jawa Tengah, digunakan sebagai data dasar batas administrasi, jaringan jalan, dan sungai di wilayah kajian.
- Data DEMNAS (Digital Elevation Model Nasional) Jawa Tengah, digunakan untuk mendukung analisis kemiringan dan karakteristik permukaan lahan yang berpengaruh terhadap kelayakan lokasi instalasi biogas.
- Kamera, digunakan untuk mendokumentasikan kondisi tutupan vegetasi, akses jalan, serta kondisi instalasi biogas eksisting sebagai kelengkapan data lapangan.
- Gambar kerja 2D dan Gambar Kerja 3D Instalasi Biogas, digunakan sebagai acuan analisis komponen keteknikan dan mekanisme operasional reaktor biogas skala rumah tangga.

2.2 Metode Pemetaan dan Analisis Keteknikan

Metode yang digunakan dalam program ini terdiri atas beberapa tahapan yang dilaksanakan secara berurutan, yaitu prastudi, survei lapangan, penentuan parameter dan skoring, overlay dan analisis spasial, analisis gambar kerja reaktor, penyajian peta, serta pemberian rekomendasi. Tahapan tersebut secara rinci dijabarkan sebagai berikut:

1. Prastudi. Prastudi dilakukan untuk mengumpulkan dan mengarsipkan data spasial sekunder yang relevan sebagai dasar pemetaan, meliputi batas administrasi desa, Peta Rupa Bumi Indonesia, data DEMNAS, citra satelit wilayah kajian, serta studi literatur mengenai teknis instalasi biogas.

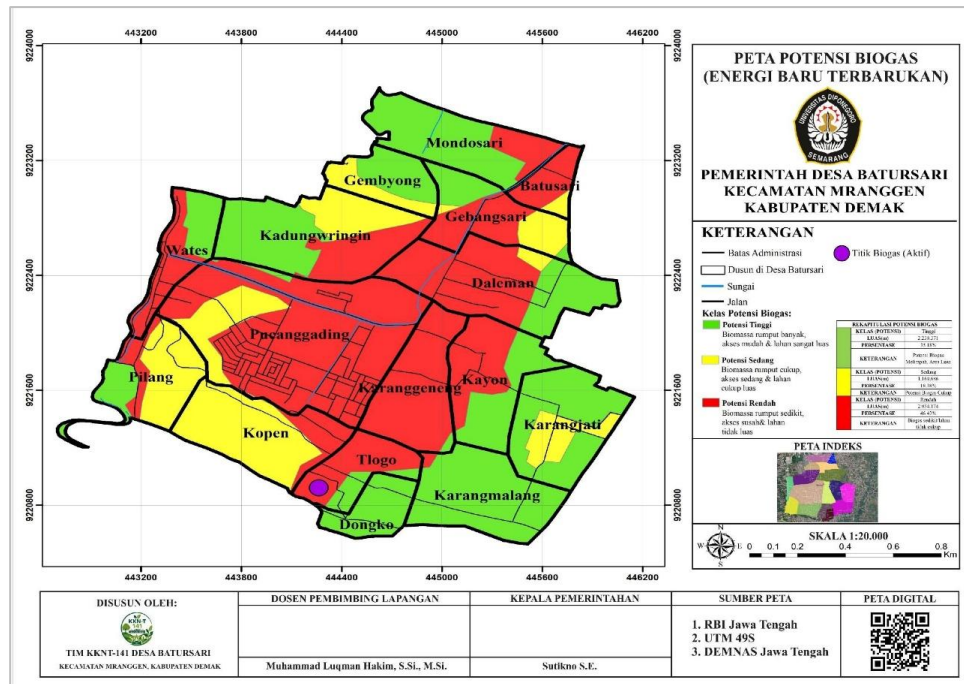
2. Survei lapangan. Survei lapangan dilakukan untuk mengamati dan memverifikasi kondisi ketersediaan biomassa rumput, tutupan lahan terbuka, serta kondisi aksesibilitas jalan pada tiap dusun di Desa Batursari, sekaligus mendokumentasikan kondisi instalasi biogas eksisting.
3. Penentuan parameter dan skoring. Klasifikasi potensi biogas disusun berdasarkan tiga parameter utama, yaitu ketersediaan biomassa rumput, aksesibilitas jalan, dan luas lahan. Setiap parameter diberikan skor berjenjang mulai dari rendah hingga tinggi berdasarkan hasil interpretasi citra dan verifikasi lapangan, dengan kriteria kelas tinggi berupa biomassa rumput yang melimpah, akses yang mudah, dan lahan yang luas, kelas sedang berupa biomassa yang cukup dengan akses dan lahan yang cukup memadai, serta kelas rendah berupa biomassa yang sedikit, akses yang sulit, dan lahan yang tidak mencukupi.
4. Overlay dan analisis spasial. Ketiga parameter yang telah diberi skor kemudian dioverlaykan menggunakan perangkat lunak SIG untuk menghasilkan skor kumulatif pada tiap satuan lahan, yang selanjutnya dikelompokkan ke dalam tiga kelas potensi biogas, yaitu tinggi, sedang, dan rendah.
5. Analisis keteknikan dan bioproses reaktor. Tahapan ini mencakup pengkajian denah, potongan, dan model 3D instalasi biogas tipe *fixed-dome* untuk menguraikan dimensi, fungsi 16 komponen utama, serta dinamika fermentasi anaerobik dari pengumpanan hingga pemanfaatan biogas dan bio-slurry.
6. Penyajian peta dan skematik. Hasil analisis disajikan dalam bentuk Peta Potensi Biogas skala 1:20.000 menggunakan proyeksi Universal Transverse Mercator dengan sistem grid UTM Zona 49S dan datum horizontal World Geodetic System 1984, serta tabel spesifikasi teknis komponen reaktor.
7. Pemberian rekomendasi lokasi pengembangan instalasi biogas baru serta arahan pengelolaan energi berbasis biomassa yang dapat menjadi acuan bagi pemerintah desa maupun warga.

BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Klasifikasi Potensi Biogas

Peta potensi biogas disusun menggunakan proyeksi Universal Transverse Mercator dengan sistem grid UTM Zona 49S pada skala 1:20.000, dengan sumber data berupa Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Jawa Tengah dan data DEMNAS Jawa Tengah. Peta ini menggambarkan klasifikasi tingkat potensi biogas di seluruh wilayah Desa Batusari, Kecamatan Mranggen, Kabupaten Demak, berdasarkan parameter ketersediaan biomassa rumput, aksesibilitas jalan, dan luas lahan.



Gambar 3.1 Peta Potensi Biogas Desa Batusari, Kecamatan Mranggen, Kabupaten Demak

Berdasarkan hasil pemetaan, wilayah Desa Batusari terklasifikasi menjadi tiga kelas potensi biogas dengan rekapitulasi luas sebagai berikut:

- Kelas potensi tinggi, ditandai dengan warna hijau, memiliki luas 2.238.371 meter persegi atau setara 223,84 hektare, yaitu sebesar 35,18 persen dari total luas wilayah kajian. Kelas ini dicirikan oleh ketersediaan biomassa rumput yang melimpah, akses yang mudah, serta lahan yang masih luas, dan umumnya tersebar di dusun-dusun

pinggiran seperti Karangmalang, Dongko, sebagian Tlogo, serta bagian utara wilayah desa.

- Kelas potensi sedang, ditandai dengan warna kuning, memiliki luas 1.169.686 meter persegi atau setara 116,97 hektare, yaitu sebesar 18,38 persen dari total luas wilayah kajian. Kelas ini dicirikan oleh ketersediaan biomassa yang cukup dengan akses dan luas lahan yang cukup memadai, dan umumnya berada pada zona transisi antara kawasan permukiman dan lahan terbuka, seperti pada sebagian wilayah Gembyong, Gebangsari, Kopen, dan Tlogo.
- Kelas potensi rendah, ditandai dengan warna merah, memiliki luas 2.954.174 meter persegi atau setara 295,42 hektare, yaitu sebesar 46,43 persen dari total luas wilayah kajian dan merupakan kelas dengan proporsi terbesar. Kelas ini dicirikan oleh ketersediaan biomassa yang sedikit, akses yang sulit, serta lahan yang tidak mencukupi, dan mendominasi kawasan permukiman padat pada bagian tengah desa yang dilalui jaringan jalan utama dan sungai, meliputi Wates, Kadungwringin, Daleman, Pucanggading, Karanggeneng, dan Kayon.
- Selain klasifikasi ketiga kelas tersebut, peta juga menunjukkan keberadaan satu titik instalasi biogas aktif yang telah beroperasi, berlokasi di zona potensi sedang pada perbatasan Dusun Kopen dan Dusun Tlogo di bagian selatan wilayah desa.

3.2 Hubungan Potensi Biogas dengan Pola Pemukiman dan Penggunaan Lahan

Sebaran kelas potensi biogas menunjukkan pola yang berkaitan erat dengan pola pemukiman dan penggunaan lahan di Desa Batusari. Kawasan bagian tengah desa yang dilalui jaringan jalan utama dan aliran sungai merupakan pusat pemukiman dengan kepadatan bangunan yang tinggi, sehingga lahan terbuka yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber biomassa maupun lokasi instalasi menjadi sangat terbatas. Kondisi inilah yang menyebabkan kelas potensi rendah mendominasi koridor tengah wilayah kajian. Sebaliknya, dusun-dusun yang berada lebih jauh dari pusat desa dan berbatasan dengan desa lain umumnya masih memiliki lahan pertanian dan lahan terbuka yang cukup luas dengan tingkat kepadatan bangunan yang rendah, sehingga tergolong ke dalam kelas potensi tinggi maupun sedang.

Keberadaan sungai yang melintasi bagian tengah wilayah kajian turut berperan ganda, yaitu sebagai sumber air yang mendukung aktivitas peternakan dan pertanian sekaligus

sebagai salah satu faktor penarik konsentrasi permukiman di sekitarnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun kawasan tengah desa memiliki keterbatasan lahan untuk pengembangan instalasi baru, wilayah tersebut tetap memiliki potensi bahan baku dari limbah rumah tangga dan peternakan yang dapat dimanfaatkan melalui instalasi biogas berskala kecil maupun distribusi terpusat dari lokasi instalasi di dusun sekitarnya.

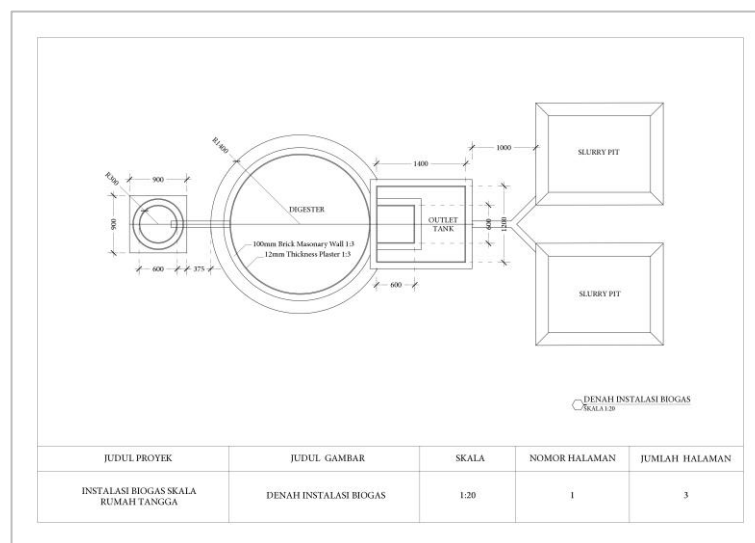
3.3 Rekomendasi Pengembangan Instalasi Biogas Berdasarkan Ketersediaan Lahan

Berdasarkan hasil klasifikasi dan pemetaan potensi biogas, disusun beberapa rekomendasi sebagai dasar perencanaan pengembangan instalasi biogas di Desa Batusari, yaitu sebagai berikut:

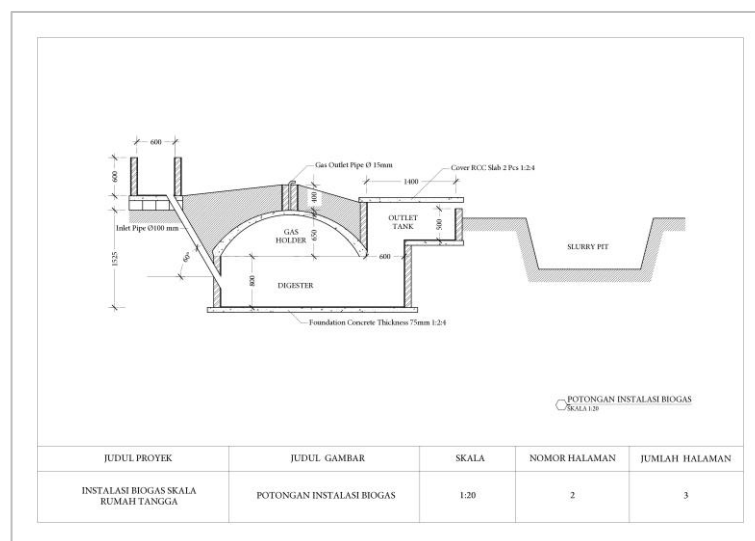
1. Dusun-dusun yang termasuk kelas potensi tinggi, seperti Karangmalang, Dongko, dan sebagian Tlogo, sebaiknya menjadi prioritas utama lokasi pengembangan instalasi biogas baru, mengingat ketersediaan biomassa rumput yang melimpah, akses yang mudah, serta lahan yang masih luas.
2. Pengembangan instalasi pada kelas potensi sedang sebaiknya dipadukan dengan pemanfaatan kotoran ternak dan limbah rumah tangga yang telah tersedia, sehingga keterbatasan luas lahan dapat dikompensasi melalui optimalisasi bahan baku yang sudah ada.
3. Kawasan berkelas potensi rendah yang didominasi permukiman padat tidak perlu dikecualikan dari program biogas, namun sebaiknya dilayani melalui sistem distribusi gas terpusat dari instalasi yang dibangun di dusun berpotensi tinggi maupun sedang di sekitarnya, sebagaimana telah diupayakan melalui jaringan gas rumah tangga yang ada di Desa Batusari.
4. Titik instalasi biogas aktif yang telah ada di perbatasan Dusun Kopen dan Tlogo dapat dijadikan sebagai proyek percontohan, yang selanjutnya dapat direplikasi ke dusun lain dengan kondisi ketersediaan lahan yang serupa.
5. Perlu dilakukan survei geoteknik dan hidrogeologi lanjutan pada calon lokasi instalasi biogas baru, terutama terkait kondisi tanah dan muka air tanah, guna memastikan keamanan konstruksi reaktor serta mencegah risiko pencemaran air tanah oleh rembesan limbah.

6. Pemanfaatan limbah hasil pertanian, seperti sisa panen jagung dan limbah tanaman lain, dapat menjadi sumber biomassa tambahan di dusun berpotensi tinggi yang didominasi lahan pertanian, guna mendukung keberlanjutan pasokan bahan baku biogas.
7. Peta potensi biogas yang dihasilkan dari kegiatan ini perlu diperbarui secara berkala mengingat perubahan tata guna lahan dan perkembangan permukiman dapat terus terjadi seiring waktu.

3.4 Analisis Desain dan Mekanisme Kerja Instalasi Biogas Skala Rumah Tangga



Gambar 3.2 Gambar Denah Instalasi Biogas Skala Rumah Tangga



Gambar 3.3 Gambar Potongan Instalasi Biogas Skala Rumah Tangga

3.4.1 Komponen Struktural dan Spesifikasi Keteknikan Reaktor Biogas



Struktur instalasi biogas rumah tangga dirancang secara terintegrasi yang terdiri atas 16 komponen utama dengan fungsi teknis yang saling berkesinambungan. Rincian spesifikasi teknis dan fungsi dari setiap komponen disajikan pada Tabel 3.1.

No	Komponen Instalasi	Spesifikasi Teknis / Material	Fungsi dan Peran Operasional
1	Kandang Ternak	Atap kayu/seng, lantai semen, dekat reaktor	Sumber penghasil kotoran hewan (kohe) segar sebagai bahan baku utama biogas.
2	Bak Inlet	Konstruksi persegi 900 x 900 mm, bagian dalam silinder R=300 mm	Wadah pencampuran kotoran ternak dan air hingga homogen sebelum dialirkan ke reaktor.
3	Pengaduk (Mixer)	Pengaduk mekanis manual terpasang di Bak Inlet	Mengaduk substrat kohe dan air agar homogen dan mencegah gumpalan padatan masuk ke pipa.
4	Pipa Inlet	Pipa PVC/HDPE kualitas AW, Ø 100 mm (4 inci), kemiringan 60°	Saluran pengalir substrat cair (slurry) dari inlet menuju dasar reaktor digester.
5	Reaktor (Digester)	Kapasitas silindris R=1400 mm, tinggi 800 mm, pasangan bata 100 mm (1:3), plesteran kedap 12 mm (1:3), fondasi beton 75 mm (1:2:4)	Ruang pencernaan utama tempat terjadinya dekomposisi anaerobik oleh bakteri metanogenik.
6	Kubah Penampung Gas (Gas Holder)	Struktur kubah (<i>dome</i>) terbenam tanah tebal 400 mm, tinggi kubah 650 mm	Ruang penampung biogas hasil fermentasi; penimbunan tanah menjaga suhu konstan.
7	Lubang Perawatan (Manhole)	Bukaan hubung reaktor ke outlet, dimensi penampang 600 mm	Saluran pergerakan slurry tercerna ke outlet serta akses perawatan berkala reaktor.

8	Tangki (Outlet Tank)	Outlet	Dimensi 1400 x 1200 mm, kedalaman cairan 500 mm, dinding bata plesteran	Menampung ampas biogas (bio-slurry) yang terdorong keluar akibat tekanan gas di kubah.
9	Penampung (Slurry Pit)	Slurry	Dua unit bak ganda (twin pit), dimensi 1200 x 1000 mm	Wadah penampung akhir ampas biogas yang kaya hara untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik.
10	Tutup Outlet		Pelat beton bertulang (Cover RCC Slab 2 Pcs, adukan 1:2:4)	Penutup keamanan tangki outlet untuk mencegah masuknya air hujan dan benda asing.
11	Saluran (Overflow)	Pelimpah	Pipa/saluran pembagi cabang Y (lebar 600 mm)	Mengarahkan luapan bio-slurry secara merata dari outlet menuju kedua bak slurry pit.
12	Pipa Gas (PGU)	Utama	Pipa baja/PVC AW Ø 15 mm (1.5 inci) di puncak kubah	Menyalurkan biogas dari puncak kubah gas holder menuju jaringan perpipaan distribusi.
13	Katup Gas Utama		Kran bola (ball valve) / katup pengaman kuningan	Mengatur pembukaan/penutupan aliran gas utama serta pengaman saat terjadi pemeliharaan.
14	Pipa Saluran Gas		Pipa PVC/PE standar AW, Ø 15 mm (1.5 inci)	Jaringan distribusi biogas dari lokasi instalasi reaktor menuju titik pengguna di rumah.

15	Perangkap (Waterdrain)	Air Tabung kondensat terpasang pada titik terendah perpipaan	Meningkatkan kualitas pembakaran dengan membuang uap air hasil kondensasi gas.
16	Saluran Pengguna	Titik Kompur biogas / peralatan burner di dapur	Fasilitas pemanfaatan akhir biogas untuk kebutuhan memasak atau penerangan rumah tangga.

Tabel 3.1 Spesifikasi Teknis dan Komponen Operasional Instalasi Biogas Skala Rumah Tangga

3.4.2 Mekanisme Kerja dan Dinamika Bioprofisiensi Reaktor

Operasionalisasi instalasi biogas skala rumah tangga berlangsung secara berkesinambungan melalui empat tahapan bioproses utama, yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Mekanisme kerja instalasi ini dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

- Tahap Preparasi dan Pengumpanan Substrat: Kotoran sapi segar yang dikumpulkan dari kandang ternak (1) dimasukkan ke dalam bak inlet (2). Di bak inlet, kotoran dicampur dengan air bersih dengan rasio volumetrik 1:1 hingga mencapai kadar padatan total (Total Solids/TS) optimal berkisar 8–10%. Proses pengadukan dibantu oleh mixer (3) untuk menghasilkan adonan lumpur (slurry) yang homogen dan bebas dari gumpalan kasar. Substrat cair ini kemudian mengalir secara gravitasi melalui pipa inlet (4) berdiameter 100 mm dengan kemiringan 60° menuju dasar ruang digester (5). Kemiringan terjal ini mencegah timbulnya penyumbatan serta meminimalisir masuknya udara luar ke dalam reaktor.
- Tahap Fermentasi Anaerobik dan Pembentukan Gas: Di dalam digester (5), substrat mengalami dekomposisi biologis oleh kultur bakteri anaerobik. Pada tahap akhir (metanogenesis), bakteri metanogen seperti *Methanobacterium* mengonversi asam asetat, hidrogen, dan karbon dioksida menjadi gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Biogas yang terbentuk secara alami bergerak ke atas dan terkumpul di kubah penampung gas (gas holder) (6). Puncak kubah ditimbun oleh lapisan tanah setebal 400 mm yang berfungsi ganda: memberikan tekanan beban (pressure head) hidrostatik

secara alami serta menjaga kestabilan suhu interior reaktor pada rentang mesofilik (30–38°C) guna mengoptimalkan laju metabolisme mikroorganisme.

- Tahap Pemanfaatan Biogas dan Pemurnian Jalur Aliran: Akumulasi gas di dalam kubah (6) menciptakan tekanan positif yang mendorong biogas mengalir menuju Pipa Gas Utama (12) melalui pengatur Katup Gas Utama (13). Gas disalurkan melalui Pipa Saluran Gas (14) berukuran 15 mm menuju area pemukiman. Selama proses penyaluran, uap air yang terbawa dalam biogas akan mengalami kondensasi akibat perbedaan suhu pipa. Embusan uap air ini ditangkap oleh perangkap air (waterdrain) (15) yang ditempatkan pada titik elevasi terendah dari perpipaan. Pengeluaran air secara berkala melalui waterdrain sangat krusial untuk mencegah terjadinya hambatan aliran (water lock), korosi internal, serta menjaga nilai kalor pembakaran biogas pada kompor dapur (16).
- Tahap Luapan Bio-Slurry dan Efek Hidrostatik Tekanan: Prinsip kerja *fixed-dome* digester sangat mengandalkan kesetimbangan tekanan hidrostatik. Seiring bertambahnya volume biogas di kubah (6), tekanan gas menekan permukaan cairan slurry di dalam digester ke bawah. Tekanan ini mendorong cairan slurry yang telah terurai melintasi manhole (7) menuju ke tangki outlet (8). Ketika permukaan cairan melebihi batas overflow (11), ampas biogas terdorong keluar secara otomatis menuju dua bak penampung slurry (slurry pit) (9). Bio-slurry cair dan padat yang terakumulasi di slurry pit telah mengalami stabilisasi biokimiawi sehingga tidak berbau, bebas dari patogen tular-tanah, serta kaya akan hara makro (N, P, K) yang siap diaplikasikan langsung sebagai pupuk organik berkualitas tinggi pada lahan pertanian/perkebunan.

3.4.3 Integrasi Keteknikan Rancang Bangun dengan Kondisi Spasial Desa Batusari

Pemilihan tipe konstruksi reaktor biogas *fixed-dome* dengan penempatan di bawah permukaan tanah (*underground*) memiliki tingkat kesesuaian spasial yang sangat tinggi terhadap karakteristik geografis dan ketersediaan lahan di Desa Batusari. Sebagaimana dijelaskan pada Subbab 3.1 dan 3.2, wilayah Desa Batusari didominasi oleh kawasan potensi rendah di bagian tengah akibat kepadatan permukiman (46,43%), serta zona potensi tinggi (35,18%) dan sedang (18,38%) di wilayah pinggiran. Desain reaktor bawah tanah memberikan keunggulan berupa optimalisasi jejak lahan (*footprint optimization*), di mana permukaan tanah

di atas kubah reaktor masih dapat dimanfaatkan sebagai area terbuka hijau, pelataran kandang, maupun akses sirkulasi.

Selain itu, keberadaan satu unit instalasi biogas aktif yang telah beroperasi di perbatasan Dusun Kopen dan Dusun Tlogo (berada di zona potensi sedang) membuktikan keandalan teknis dari gambar kerja ini. Struktur dinding pasangan bata tebal 100 mm dengan plesteran kedap 12 mm serta fondasi beton 75 mm terbukti efisien secara biaya (*cost-effective*), memanfaatkan material lokal yang mudah didapat, serta memiliki umur pakai teknis mencapai 15–20 tahun. Penerapan desain standar ini pada calon lokasi baru di kawasan berpotensi tinggi (seperti Dusun Karangmalang dan Dongko) diproyeksikan mampu meningkatkan kemandirian energi berbasis biomassa secara signifikan sekaligus mengatasi permasalahan limbah kotoran ternak di Desa Batusari.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pelaksanaan program Pemetaan Potensi Biogas Berdasarkan Ketersediaan Lahan dan Analisis Rancang Bangun Instalasi di Desa Batusari, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Ketersediaan lahan di Desa Batusari berhasil diidentifikasi dan diklasifikasikan berdasarkan tiga parameter, yaitu ketersediaan biomassa rumput, aksesibilitas jalan, dan luas lahan, yang menghasilkan peta potensi biogas dengan tiga kelas, yaitu tinggi, sedang, dan rendah.
2. Kelas potensi rendah mendominasi wilayah kajian dengan luas 2.954.174 meter persegi atau 46,43 persen, terkonsentrasi pada kawasan permukiman padat di bagian tengah desa yang dilalui jaringan jalan utama dan sungai.
3. Kelas potensi tinggi memiliki luas 2.238.371 meter persegi atau 35,18 persen dan tersebar di dusun-dusun pinggiran dengan lahan terbuka yang masih luas, sedangkan kelas potensi sedang memiliki luas 1.169.686 meter persegi atau 18,38 persen dan umumnya berada pada zona transisi antara pemukiman dan lahan terbuka.
4. Desa Batusari telah memiliki satu titik instalasi biogas aktif yang berlokasi pada zona potensi sedang di perbatasan Dusun Kopen dan Dusun Tlogo, sehingga pengembangan instalasi baru berbasis lahan berpotensi lebih optimal diarahkan ke kawasan berkelas potensi tinggi.
5. Rancang bangun instalasi biogas tipe *fixed-dome* terbenam tanah dengan 16 komponen utama terbukti secara teknis sangat sesuai untuk diterapkan pada kondisi lahan Desa Batusari karena menghemat jejak lahan (*footprint optimization*), berbiaya terjangkau dengan material lokal, serta menghasilkan biogas untuk memasak dan bio-slurry sebagai pupuk organik.
6. Berdasarkan hasil pemetaan potensi biogas dan gambar kerja instalasi biogas, telah disusun rekomendasi lokasi pengembangan instalasi biogas baru serta arahan teknis penerapannya yang dapat menjadi acuan bagi pemerintah desa maupun warga dalam perencanaan pengelolaan energi ke depan.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil pemetaan dan pembahasan yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan upaya tindak lanjut, yaitu sebagai berikut:

1. Pemerintah desa mempertimbangkan dusun-dusun berkelas potensi tinggi (seperti Karangmalang, Dongko, dan Tlogo) sebagai prioritas utama lokasi pengembangan instalasi biogas baru.
2. Penerapan konstruksi reaktor hendaknya mengacu pada gambar kerja *fixed-dome* terbenam tanah dengan menggunakan material berkualitas (seperti pipa AW Ø 100 mm dan Ø 15 mm, plesteran kedap 1:3, serta fondasi beton 1:2:4) guna menjamin masa pakai hingga 15–20 tahun.
3. Perlu dilakukan koordinasi antar dusun dalam pemanfaatan lahan terbuka dan biomassa rumput sebagai sumber bahan baku biogas secara bersama.
4. Perlu dilakukan survei geoteknik dan hidrogeologi lanjutan sebelum penentuan titik reaktor biogas definitif, khususnya terkait kondisi tanah dan muka air tanah setempat.
5. Perlu dipertimbangkan pengembangan sistem distribusi gas terpusat untuk melayani kawasan berkelas potensi rendah yang memiliki keterbatasan lahan.
6. Perlu dilakukan optimalisasi titik instalasi biogas aktif yang telah ada sebagai proyek percontohan sebelum direplikasi ke dusun lain.
7. Peta potensi biogas dan dokumen gambar kerja yang dihasilkan dari kegiatan ini sebaiknya diperbarui secara berkala mengingat perubahan tata guna lahan dan perkembangan permukiman dapat terus terjadi seiring waktu.