

# ANALISIS POTENSI ENERGI BARU TERBARUKAN SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PENGGANTI ENERGI FOSIL DI WILAYAH PROBOLINGGO TIMUR

Agus Sudibyo <sup>a,1,\*</sup>, Agung Nugroho <sup>b,2</sup>, Burhan Fazzry <sup>c,3</sup>

<sup>a,b,c</sup> Universitas Gajayana, Jl. Mertojoyo Blk. I, Merjosari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65144

<sup>1</sup>[agussudibyo@unigamalang.ac.id](mailto:agussudibyo@unigamalang.ac.id), <sup>2</sup>[agungnugroho@unigamalang.ac.id](mailto:agungnugroho@unigamalang.ac.id), <sup>3</sup>[burhanfazzry@unigamalang.ac.id](mailto:burhanfazzry@unigamalang.ac.id)

\* Penulis Korespondensi

Diterima 05 April 2025; Direvisi 08 April 2025; Diterima 13 April 2025

## ABSTRAK

Energi baru terbarukan (EBT) adalah energi yang bersumber daya dari alam yang dapat diperbaharui dan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan relatif lebih kecil dibandingkan energi fosil. EBT sendiri lingkungannya mencakup berbagai jenis energi yaitu energi surya, angin, air, panas bumi dan biomassa. Peran EBT dapat ditingkat secara bertahap dari tahun ke tahun dengan kontribusi hingga 5%. Untuk mencapai hal tersebut perlu dilakukan upaya terobosan pengembangan energi alternatif secara bertahap dan sistematis. Sejalan dengan semakin meningkatnya tuntutan kebutuhan energi tersebut, kebijakan energi nasional diarahkan untuk mendorong EBT agar dapat lebih berperan di masa mendatang, dengan menggali potensi-potensi EBT yang cukup banyak dari lokasi setempat, sehingga daerah yang membutuhkan energi dari sumber EBT diharapkan dapat dipenuhi dan tidak mengandalkan lagi dari energi fosil. Sehubungan tersebut diatas, maka disini diperlukan pemetaan pemanfaatan potensi energi baru terbarukan pada wilayah sebagai objek penelitian khususnya untuk wilayah timur kabupaten Probolinggo. Dalam penelitian ini EBT ini yang didalami untuk pengembangan antara lain: energi bio yaitu biogas dan biomassa. Dengan melakukan pemetaan pemanfaatan potensi baru terbarukan di Wilayah Timur Kabupaten Probolinggo diharapkan dapat dijadikan pijakan kebijakan dalam rangka pengembangan potensi EBT sebagai sumber energi alternatif.

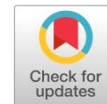


## KATA KUNCI

Energi Baru;  
Terbarukan, Biogas;  
Biomassa

## ABSTRACT

New renewable energy comes from natural resources that can be replenished. It has a smaller environmental impact than fossil energy. EBT includes various types of energy, such as solar, wind, water, geothermal, and biomass energy. EBT's role can gradually increase from year to year, contributing up to 5%. To achieve this, breakthrough efforts are necessary to gradually and systematically develop alternative energy sources. In line with increasing energy demands, national energy policy encourages EBT to play a greater role in the future by exploring its considerable potential in local areas. This will ensure that areas in need of energy from EBT sources no longer rely on fossil energy. To this end, it is necessary to map the utilization of the potential of new renewable energy in the area, especially in the eastern region of Probolinggo Regency, as the object of research. This research explores the development of EBT, including bioenergy, such as biogas and biomass. Mapping the utilization of new renewable energy potential in the eastern region of Probolinggo Regency is expected to provide a foundation for policy development in the context of EBT potential as an alternative energy source



## KEYWORD

New Renewable Energy;  
Biogas;  
Biomass



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

## 1. Pendahuluan

Pemenuhan kebutuhan akan energi (listrik maupun energi lainnya) yang semakin meningkat harus diimbangi dengan ketersediaan energi secara tepat, terintegrasi, dan berkesinambungan. Hal ini nantinya diharapkan dapat memperlancar aktivitas di semua sektor pengguna energi, seperti sektor rumah tangga, pariwisata, transportasi, industri, komersial, pertanian, perikanan dan sebagainya. Secara nasional ketergantungan terhadap energi fosil (minyak bumi, gas bumi dan batubara) sebagai sumber energi utama masih cukup besar, sementara kondisi cadangan energi fosil cenderung semakin menipis [1], [2].

Di sisi lain peran energi baru terbarukan (EBT) dalam suplai energi nasional masih belum optimal. Begitu pula untuk perkembangan teknologi dan aktifitas perekonomian masyarakat kebutuhan akan energi

fosil juga semakin meningkat, disisi lain potensi EBT yang dimiliki belum termanfaatkan secara optimal seperti biogas dan biomass, energi surya, energi angin, panas bumi, mikro hidro dan sebagainya.

Peran EBT diharapkan akan terus meningkat secara bertahap, untuk mencapai hal tersebut perlu dilakukan upaya terobosan pengembangan energi alternatif secara bertahap dan sistematis [3]. Tugas ini menjadi tanggung jawab bersama, baik pemerintah, akademisi, swasta maupun masyarakat dan diharapkan dapat berperan secara sinergis dalam pengembangan energi alternatif tersebut. Sejalan dengan semakin meningkatnya tuntutan kebutuhan energi tersebut, kebijakan energi nasional diarahkan untuk mendorong EBT agar dapat lebih berperan di masa mendatang, dengan menggali potensi-potensi EBT yang cukup banyak dari lokasi setempat, sehingga daerah yang membutuhkan energi dari sumber EBT diharapkan dapat dipenuhi dan tidak mengandalkan lagi dari energi fosil.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) Sebagai Energi Alternatif Pengganti Energi Fosil khususnya di Wilayah Probolinggo Timur".

## 2. Tinjauan Pustaka

Sumber daya energi merupakan kebutuhan pokok dan merupakan komponen mutlak dalam membangun sebuah peradaban kehidupan berbangsa ataupun dunia saat ini. Ketiadaan sumber daya energi atau ketidak mampuan suatu masyarakat atau negara dalam menyediakan sumber daya energi mengakibatkan lemahnya kemampuan suatu masyarakat atau negara tersebut dalam membangun peradabannya [4].

Energi adalah ukuran dari kesanggupan benda tersebut untuk melakukan suatu usaha. Energi berasal dari bahasa Yunani yaitu *energia* yang berarti kemampuan untuk melakukan usaha [5]. Energi merupakan besaran yang kekal, artinya energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari suatu bentuk satu ke bentuk yang lain namun tidak merubah jumlah atau besar energi secara keseluruhan [6]. Dalam pengertian sehari-hari energi merupakan kemampuan untuk melakukan gerak, jika suatu objek mampu untuk melakukan gerakan, maka obyek tersebut dikatakan mempunyai energi.

Berikut merupakan perhitungan supply energi untuk mengetahui ketersediaan energy masing-masing bio digester yang akan direncanakan.

$$St = (\Sigma \text{sapi} \times \text{produksi kotoran})$$

Keterangan:

St: Jumlah ketersediaan energi biogas ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

Yt: Potensi gas yang dihasilkan ( $\text{m}^3/\text{kg}/\text{hari}$ )

### 2.1 Konsep Energi Baru Terbarukan

Energi Baru Terbarukan merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui penggunaannya (*renewable*). Energi Baru Terbarukan dapat menjadi sumber energi listrik dan energi gerak yang akan membantu pemenuhan kebutuhan energi, terutama peningkatan rasio elektrifikasi di Indonesia dan juga dapat menjadi solusi pemenuhan bahan bakar untuk sektor transportasi, industri, dan rumah tangga [7]. Energi Baru Terbarukan merupakan energi bersih yang kaya akan keragaman dan kuantitasnya. Contoh dari energi baru terbarukan adalah energi yang berasal dari: matahari, angin, panas bumi, gelombang laut, sampah, kayu, biomassa, nuklir, dan air (mikrohidro). Saat ini pemanfaatan energi baru terbarukan masih dapat dimanfaatkan lebih besar lagi.

Kelebihan-kelebihan dari energi baru terbarukan diantaranya adalah 1) sumbernya beragam dan banyak, namun belum banyak dimanfaatkan, 2) energi lebih bersih dan terjangkau. Energi Baru Terbarukan mengurangi konsentrasi emisi di udara yang diakibatkan oleh penggunaan energi fosil, 3) hasil pembakaran yang dihasilkan dari energi fosil cenderung menimbulkan pencemaran udara dan 4) mudah didapatkan. Mengingat Indonesia adalah negara tropis, maritim, dan memiliki jalur gunung api yang membuat Indonesia sangat berpotensi menghasilkan energi baru terbarukan bersumber dari matahari, air, angin, dan panas bumi.

### 2.2 Keuntungan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan

Energi merupakan bahan bakar untuk aktivitas perekonomian global, seperti pemekaran penduduk, perbaikan standar kualitas hidup, dan pertumbuhan konsumsi. Diperkirakan kenaikan permintaan energi sebesar 21% pada Tahun 2030 [8].

Energi baru terbarukan memiliki potensi untuk memenuhi tantangan pembangunan, pertumbuhan ekonomi dan lingkungan dapat ditangani secara bersamaan. Keuntungan pemanfaatan energi baru terbarukan [9], [10] ada tiga faktor kunci dari keuntungan tersebut, yaitu: Ekonomi, Sosial dan Lingkungan.

### 2.3 Kebijakan Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan

Kebijakan sektor energi menjadi arah atau *guideline* bagi penyediaan dan pemanfaatan energi. Saat ini kebijakan energi nasional ini adalah perubahan paradigma pemanfaatan energi, yang sebelumnya *supply side management* menjadi *demand side management*. Penyediaan energi fosil secara masif dimana energi terbarukan sebagai alternatif berubah menjadi kebutuhan energi yang efisien dengan memaksimalkan penyediaan dan permintaan dan energi fosil sebagai penyeimbang. Eksplorasi dan eksploitasi sumber daya alam energi dilakukan sebagai bagian dari ketahanan energi nasional. Kebijakan energi tertuang pada Peraturan Presiden Nomer 79 Tahun 2014 dengan target pemanfaatan energi di Tahun 2025 mencapai 400 MTOE dan 2050 sebesar 1000 MTOE dengan bauran di tahun 2025 adalah 25% untuk minyak bumi, 22% untuk gas bumi, 31% untuk batubara dan 23% untuk EBT, sedangkan pada Tahun 2050 minyak 20%, gas bumi 24%, batubara 25% dan EBT 31%.

## 3. Metodologi Penelitian

Upaya mendapatkan pengetahuan berbasis masalah dilakukan secara sistematis dan terorganisir serta mengikuti metode ilmiah. Penelitian merupakan kegiatan ilmiah untuk memperoleh pengetahuan yang benar mengenai suatu masalah, dapat berupa fakta, konsep, generalisasi dan teori.

### 3.1 Pendekatan Teknis

Penyusunan kegiatan pemanfaatan potensi energi baru terbarukan yang bersifat serasi, seimbang dan berkelanjutan, untuk itu diperlukan adanya pendekatan diantaranya dengan cara:

- Pendekatan keterpaduan perencanaan dari bawah dan dari atas.
- Pendekatan intersektoral holistik atau disebut juga sebagai perencanaan komprehensif yaitu pendekatan perencanaan yang bertumpu pada perencanaan yang selalu terkait dengan sektor-sektor lain.
- Pendekatan perencanaan yang berkelanjutan yaitu pendekatan perencanaan yang bertumpu pada kekuatan sendiri dan bermuara pada terciptanya kemandirian.

### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan yaitu data primer dan data sekunder.

#### 1) Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung di lapangan melalui survei primer/lapangan. Survei primer yang dilakukan pada Pemetaan Pemanfaatan Potensi Energi Baru Terbarukan adalah dokumentasi dan identifikasi terhadap potensi-potensi energi baru yang dilakukan melalui observasi lapangan dan komunikasi langsung/ wawancara.

#### 2) Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari studi literatur maupun survei instansi atau dinas yang berhubungan dengan penelitian.

Metode penelitian ini menggunakan alat berupa dokumentasi yaitu pengumpulan data melalui benda-benda tertulis seperti buku, majalah, dokumen, peraturan, notulen rapat, catatan harian dan sebagainya [11].

### 3.3 Metode Sampling

Penyusunan dokumen pemetaan pemanfaatan potensi energi baru terbarukan (EBT). Adapun sampling dalam penelitian ini adalah seluruh potensi energi terbarukan yang meliputi kategori potensi energi bio (Biogas dan Biomassa).

### 3.4 Metode Analisis

#### 1) Analisis Deskriptif

Metode analisis deskriptif adalah salah satu metode penelitian yang banyak digunakan pada penelitian yang bertujuan untuk menjelaskan suatu kejadian. Penelitian deskriptif adalah sebuah penelitian yang

bertujuan untuk memberikan atau menjabarkan suatu keadaan atau fenomena yang terjadi saat ini dengan menggunakan prosedur ilmiah untuk menjawab masalah secara aktual”.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Hasil

###### 1) Analisis Potensi dan Sebaran Biomassa

Bahan baku produksi energi biomassa di Kabupaten Probolinggo Wilayah Timur sebagai bahan bakar nabati yang berasal dari limbah pertanian berupa limbah padi, jagung, dan ubi kayu serta dari persampahan domestik. Perkiraan besarnya limbah dihitung berdasarkan produksi panen serta faktor konversi biomasa. Analisa perhitungan energi biomassa dilakukan dengan menggunakan asumsi 1 ton sampah pertanian mampu menghasilkan 0,24 m<sup>3</sup> gas metan. Untuk perhitungan potensi energi listrik yang bisa dihasilkan dari potensi residu pertanian, 1 m<sup>3</sup> sampah menghasilkan 11,17 kWh.

**Table 1.** Jumlah Penduduk di Kabupaten Probolinggo Wilayah Timu

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)			Jumlah KK			Rata-rata Jumlah Anggota Keluarga (jiwa)			
		2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025	Rerata
1	Tiris	65.773	66.368	66.737	21.327	21.520	21.640	3	4	3	3
2	Krucil	54.852	55.480	55.890	15.493	15.670	15.786	4	4	4	4
3	Gading	49.987	50.457	50.752	16.143	16.295	16.390	3	4	3	3
4	Pakuniran	43.509	43.900	44.096	13.518	13.639	13.700	3	3	3	3
5	Kotaanyar	30.281	36.569	36.741	7.350	8.876	8.918	4	4	4	4
6	Paiton	72.285	73.137	73.699	18.630	18.849	18.994	4	4	4	4
7	Besuk	47.733	47.752	48.011	14.171	14.177	14.254	3	3	3	3
8	Krejengan	39.551	39.932	40.172	13.848	13.981	14.065	3	3	3	3
Wilayah Timur		403.971	413.595	416.098	120.479	123.008	123.747	3	4	3	3

Energi biomassa dapat dihasilkan dari pemanfaatan limbah pertanian, dimana pertanian tanaman pangan di Wilayah Timur Kabupaten Probolinggo yang potensial dikonversi menjadi energi adalah tanaman padi, jagung, dan ubi kayu. Produksi tanaman padi, jagung, dan ubi kayu Kabupaten Probolinggo Wilayah Barat sebesar 279,115,0 ton. Tanaman pangan tersebut tersebar di seluruh kecamatan sehingga dapat dikatakan bahwa seluruh kecamatan berpotensi untuk pengembangan energi biomassa limbah pertanian.

Dari analisa perhitungan energi biomassa limbah pertanian pada wilayah tersebut sebesar 55.823 ton. Dari jumlah sampah ini maka potensi gas metan untuk potensi energi biomassa dapat diketahui dengan asumsi 1 ton sampah pertanian mampu menghasilkan 0,24 M<sup>3</sup> gas metan. Maka total gas metan yang dihasilkan sebanyak 13.397,52 M<sup>3</sup>. Untuk perhitungan potensi energi listrik yang bisa dihasilkan dari potensi residu pertanian, 1 M<sup>3</sup> sampah menghasilkan 11,17 kWh, dan setiap rumah membutuhkan 2-3 kWh untuk energi listrik setiap harinya. Dari perhitungan tingkat ketersediaan energi listrik dari potensi sampah didapatkan total kWh yang di hasilkan sebanyak 149.650 kWh per tahun, dengan kecamatan yang tertinggi adalah kecamatan Tiris sebesar 36.407 kWh selama 1 tahun.

Timbulan sampah secara umum berbanding lurus dengan peningkatan jumlah penduduk dan aktivitasnya. Timbulan sampah juga dapat memengaruhi jumlah kebutuhan saran adan prasarana pengelolaan sampah. Perkiraan volume timbulan sampah tersebut didasarkan pada standar persampahan yang disesuaikan dengan karakteristik kependudukan pada tiap wilayah.

Timbulan sampah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga pada wilayah yang diteliti diasumsikan sebagai berikut:

- Standar timbulan sampah rumah tangga untuk kategori kota sedang= 2,75 liter/ jiwa/hari.
- Total timbulan sampah rumah tangga=  $\sum$  penduduk x standar timbulan sampah rumah tangga.

Berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup timbulan sampah rumah tangga per Kecamatan yang diteliti7 yaitu jumlah total timbulan sampah rumah tangga sebesar 3.185.893,08 L/orang/hari. Sedangkan

Timbulan sampah untuk kegiatan perdagangan terbagi menjadi dua yaitu perhitungan timbulan sampah perdagangan jasa untuk pertokoan dan timbulan sampah perdagangan jasa untuk pasar.

Berdasarkan data sekunder yang ada untuk timbunan sampah per- jenis pada kecamatan yang ada yaitu di wilayah timur kabupaten Probolinggo. Di kecamatan Krejengan terdapat sumber energi bio gas yang berasal dari sampah. Salah satu Desa yang memiliki potensi biogas yaitu Desa Seboro. Desa tersebut berada pada LS: 7°49' 17,15" BT: 113°25' 40,84". Dimana di Desa Seboro ini terdapat TPA (Tempat Pembuangan Akhir) yang menampung seluruh sampah Kecamatan yang ada di wilayah Timur Kabupaten Probolinggo

Besaran potensi energi biogas yang dihasilkan dari biogas tersebut sebesar 8,79M<sup>3</sup> gas metan. Adapun potensinya adalah dapat menghasilkan sampah rata rata sebesar 36,65 ton tiap harinya. Sedangkan permasalahannya bahwa untuk energi biogas hanya dapat digunakan pada musim hujan karena kurangnya air untuk menghasilkan gas metan.

## 2) Potensi dan Sebaran Biogas

Bahan baku produksi energi biomassa di Kabupaten Probolinggo Wilayah Timur sebagai bahan bakar nabati yang berasal dari limbah pertanian berupa limbah padi, jagung, dan ubi kayu serta dari persampahan domestik. Perkiraan besarnya limbah dihitung berdasarkan produksi panen serta faktor konversi biomasa. Analisa perhitungan energi biomassa dilakukan dengan menggunakan asumsi 1 ton sampah pertanian mampu menghasilkan 0,24 m<sup>3</sup> gas metan. Untuk perhitungan potensi energi listrik yang bisa dihasilkan dari potensi residu pertanian, 1 m<sup>3</sup> sampah menghasilkan 11,17 kWh.

**Table 2.** Analisa Energi Biogas di Kabupaten Probolinggo di Wilayah Timur

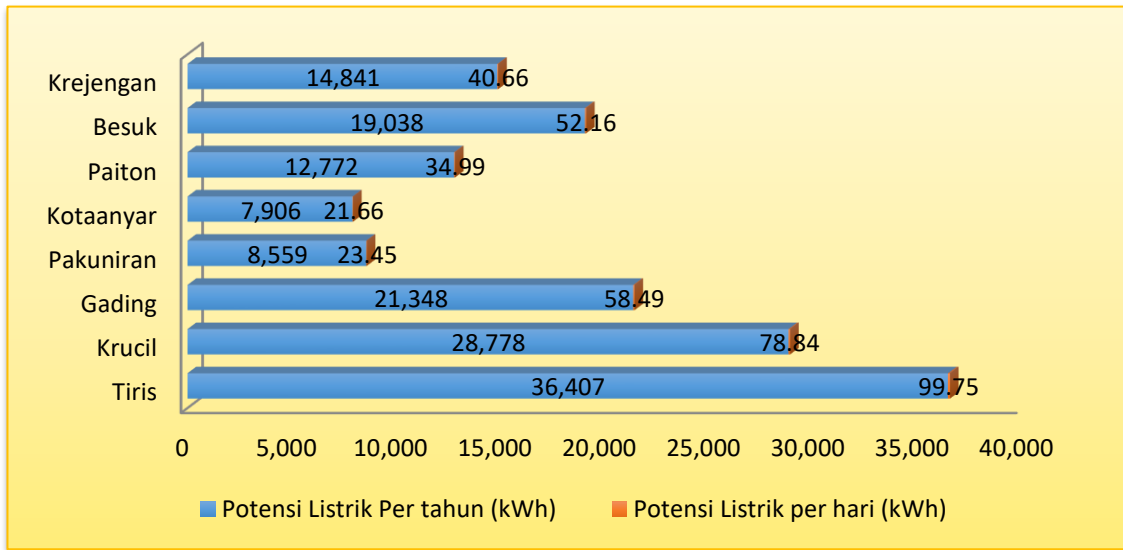
No	Kecamatan	Sapi perah	Sapi potong	Total ternak sapi	Potensi Kotoran sapi (kg/hr)	Potensi Gas Metan (M <sup>3</sup> /hr)	Potensi Listrik (kWh/hr)
1	Krucil	4.852	19.218	24.070	770.240	26.958,40	33.428
2	Tiris	93	25.601	25.694	822.208	28.777,28	35.684
3	Gading	0	12.382	12.382	396.224	13.867,84	17.196
4	Pakuniran	0	12.644	12.644	404.608	14.161,28	17.560
5	Besuk	0	10.396	10.396	332.672	11.643,52	14.438
6	Paiton	0	23.134	23.134	740.288	25.910,08	32.128
7	Kotanyar	0	12.578	12.578	402.496	14.087,36	17.468
8	Krejengan	0	5.459	5.459	174.688	6.114,08	7.581
Total		4.945	121.412	126.357	4.043.424	141.520	175.485

Energi biomassa dapat dihasilkan dari pemanfaatan limbah pertanian, dimana pertanian tanaman pangan di Wilayah Timur Kabupaten Probolinggo yang potensial dikonversi menjadi energi adalah tanaman padi, jagung, dan ubi kayu. Produksi tanaman padi, jagung, dan ubi kayu Kabupaten Probolinggo Wilayah Timur sebesar 279,115,0 ton.

Tanaman pangan yang tersebar di seluruh kecamatan sehingga dapat dikatakan bahwa seluruh kecamatan berpotensi untuk pengembangan energi biomassa limbah pertanian dan diperoleh total sampah pertanian sebesar 55.823 ton.

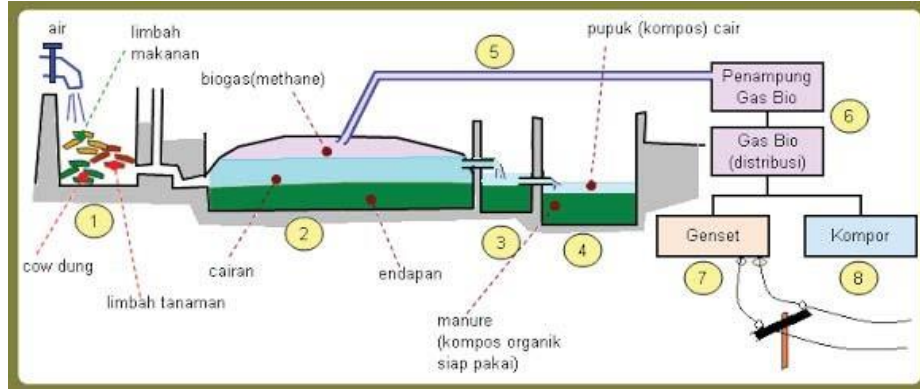
Dari jumlah sampah ini maka potensi gas metan untuk potensi energi biomassa dapat diketahui dengan asumsi 1 ton sampah pertanian mampu menghasilkan 0,24 m<sup>3</sup> gas metan. Maka total gas metan yang dihasilkan sebanyak 13.397,52 m<sup>3</sup>. Untuk perhitungan potensi energi listrik yang bisa dihasilkan dari potensi residu pertanian, 1 m<sup>3</sup> sampah menghasilkan 11,17 kWh dan setiap rumah butuh 2-3 kWh untuk energi listrik setiap harinya.

Dari perhitungan tingkat ketersediaan energi listrik dari potensi sampah didapatkan total kWh yang di hasilkan sebanyak 149.650 kWh per tahun, dengan kecamatan yang tertinggi adalah kecamatan Tiris sebesar 36.407 kWh selama 1 tahun.



Gambar 1. Grafik analisis potensi energi listrik yang dihasilkan dari sampah.

Proses produksi biogas berlangsung apabila bahan-bahan organik terdegradasi menjadi senyawa-senyawa pembentuknya dalam kondisi anaerob atau tanpa oksigen. Dekomposisi anaerob ini biasa terjadi secara alami pada tanah yang basah, seperti dasar danau, dan di dalam tanah pada kedalaman tertentu. Proses dekomposisi ini dilakukan oleh bakteri dan mikroorganismenya yang hidup di dalam tanah. Dekomposisi anaerobik dapat menghasilkan gas yang mengandung sedikitnya 60% CH<sub>4</sub> (metana), 38% CO<sub>2</sub>, dan 2% gas N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan O<sub>2</sub>. Gas metan inilah yang biasa disebut dengan biogas.



Gambar 2, Langkah/Tahap Proses Biogas Menjadi Energi Listrik

Sebelum dilakukan konversi kotoran ternak sapi ke energi biogas dapat diketahui terlebih dahulu produksi kotoran ternak tiap satu ekor sapi dengan menggunakan acuan standar berdasarkan Tabel berikut:

**Table 3.** Produksi Kotoran Ternak Per Hari

Jenis Ternak	Bobot Ternak (kg/ekor)	Produksi (kg/hari)
Sapi potong	400-500	20-29
Sapi perah	500-600	30-50
Ayam petelur	1,5-2,0	0,10
Ayam pedaging	1,0-1,5	0,06
Babi dewasa	80-90	7,00
Domba	30-40	2,00

Sumber: (Wahyuni, 2013)

Berdasarkan Tabel di atas dapat diketahui bahwa sapi perah dapat menghasilkan kotoran 30-50 kg/hari. Hasil survei rentang tertinggi produksi kotoran sapi di desa Bremsi dan Krucil yaitu 32 kg/hari untuk jenis sapi perah. Setelah itu dapat dikonversikan ke energi biogas dengan menggunakan standar berdasarkan dibawah yang menunjukkan konversi energi dari setiap jenis ternak. Untuk ternak sapi perah menghasilkan potensi energi 0,040 m<sup>3</sup>/kg kotoran sapi.

**Table 4.** Potensi Gas yang Dihasilkan Beberapa Jenis Limbah

Jumlah Ternak	Potensi Gas yang Dihasilkan/kg kotoran (m <sup>3</sup> )
Sapi/kerbau	0,023-0,040
Ayam	0,065-0,116
Babi	0,040-0,059

Sumber: (Hariansyah, 2012)

Perhitungan *supply* energi untuk mengetahui ketersediaan energi masing-masing biodigester yang akan direncanakan sebagai berikut:

$$St = (\Sigma \text{sapi} \times \text{produksi kotoran})$$

Keterangan:

St: Jumlah ketersediaan energi biogas (m<sup>3</sup>/hari)

Yt: Potensi gas yang dihasilkan (m<sup>3</sup>/kg/hari)

**Table 5.** Perbandingan Biogas dengan Sumber Lain Per 1 m<sup>3</sup>

Sumber Energi	Perbandingan
Elpiji	0,46 kg
Minyak tanah	0,62 liter
Minyak solar	0,52 liter
Bensin	0,80 liter
Kayu bakar	3,5 kg

Sumber: (Hariansyah, 2012)

Pada dasarnya bahwa manfaat biogas disini adalah sebagai pengganti bahan bakar khususnya minyak tanah dan dipergunakan untuk memasak kemudian sebagai bahan pengganti bahan bakar minyak (bensin, solar). Biogas dalam skala besar dapat digunakan sebagai pembangkit listrik. Proses produksi biogas akan dihasilkan sisa kotoran ternak yang dapat langsung dipergunakan sebagai pupuk organik pada tanaman/budidaya pertanian. Konversi 1 m<sup>3</sup> biogas setara dengan 1,24 kWh.

Populasi ternak pada wilayah yang diteliti tersebar di berbagai Kecamatan dan hampir semua kecamatan yang ada di Kabupaten Probolinggo terdapat persebaran populasi ternak, khususnya ternak sapi berupa sapi potong dan sapi perah. Dimana dengan mengetahui persebaran populasi ternak dapat memetakan daerah yang nantinya akan menjadi sentra dari masing-masing populasi ternak. Harapannya nanti dapat dikembangkan kelompok biogas dari ternak sapi yang ada di wilayah timur Kabupaten Probolinggo. Berikut ini adalah proyeksi potensi biogas dari ternak sapi yang bisa dikembangkan untuk wilayah timur kabupaten Probolinggo.

**Table 6.** Analisa Energi Biogas di Kabupaten Probolinggo di Wilayah Timur

Kec.	Sapi perah	Sapi potong	Total ternak sapi	Pot Kot. sapi (kg/hr)	Pot. Gas Metan (m <sup>3</sup> /hr)	Potensi Listrik (kWh/hr)
Krucil	4.852	19.218	24.070	770.240	26.958,40	33.428
Tiris	93	25.601	25.694	822.208	28.777,28	35.684
Gading	0	12.382	12.382	396.224	13.867,84	17.196
Pakuniran	0	12.644	12.644	404.608	14.161,28	17.560
Besuk	0	10.396	10.396	332.672	11.643,52	14.438
Paiton	0	23.134	23.134	740.288	25.910,08	32.128
Kotanyar	0	12.578	12.578	402.496	14.087,36	17.468
Krejengan	0	5.459	5.459	174.688	6.114,08	7.581
Total	4.945	121.412	126.357	4.043.424	141.520	175.485

Dari tabel diatas diperoleh bahwa ternak Sapi di wilayah timur dikembangkan secara maksimal dan terbentuk kelompok-kelompok mengembangkan energi biogas maka potensi energi biogas untuk dikembangkan menjadi energi listrik mampu menghasilkan maksimal 35.684 kWh di kecamatan Tiris sebagai energi yang maksimal dihasilkan dan kecamatan krejengan yang terkecil dengan nilai energi sebesar 7.581 kWh, dengan asumsi setiap ternak sapi menghasilkan rata-rata 30 kg kotoran setiap harinya.

### 3) Analisis Potensi dan Sebaran Ketersediaan Energi Mikrohidro

Pengembangan energi air diarahkan untuk pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Potensi pengembangan PLTMH di Indonesia masih sangat terbuka. Dari seluruh 75.000 MW potensi kelistrikan tenaga air, 10 persen, atau 7.500 MW dapat digunakan untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Saat ini, yang baru dimanfaatkan baru sebesar 60 MW.

Kabupaten Probolinggo Wilayah Barat memiliki beberapa sungai dengan debit yang cukup tinggi pada air terjun madakaripura. Potensi sumber daya air bagi pembangkitan tenaga listrik dapat ditentukan dari 3 faktor utama, yaitu:

- Jumlah air yang tersedia, yang merupakan fungsi dari hujan.
- Tinggi terjun yang dapat dimanfaatkan, bergantung pada topografi daerah tersebut.
- Jarak lokasi yang dapat dimanfaatkan terhadap adanya pusat-pusat beban atau jaringan transmisi.

Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah, sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya. Secara sosial, PLTMH mudah diterima masyarakat luas (bandingkan misalnya dengan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir). PLTMH biasanya dibuat dalam skala desa di daerah-daerah terpencil 17 yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun.

PLT Mikrohidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik.

Pembangunan PLTMH perlu diawali dengan pembangunan bendungan untuk mengatur aliran air yang akan dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak PLTMH. Bendungan ini dapat berupa bendungan beton atau bendungan beronjong. Bendungan perlu dilengkapi dengan pintu air dan saringan sampah untuk mencegah masuknya kotoran atau endapan lumpur. Bendungan sebaiknya dibangun pada dasar sungai yang stabil dan aman terhadap banjir.

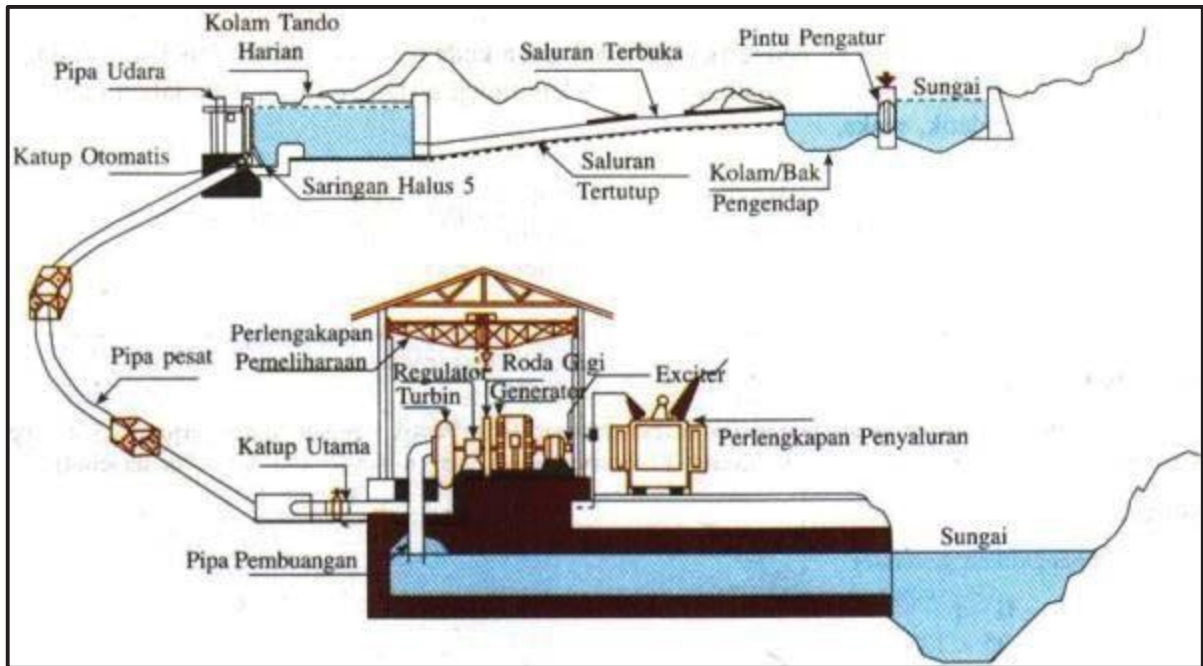
Di dekat bendungan dibangun bangunan pengambilan (intake). Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan saluran penghantar yang berfungsi mengalirkan air dari intake. Saluran ini dilengkapi dengan saluran pelimpah pada setiap jarak tertentu untuk mengeluarkan air yang berlebih. Saluran ini dapat berupa saluran terbuka atau tertutup. Di ujung saluran pelimpah dibangun kolam pengendap. Kolam ini berfungsi untuk mengendapkan pasir dan menyaring kotoran sehingga air yang masuk ke turbin relative bersih. Saluran ini dibuat dengan memperdalam dan memperlebar saluran penghantar dan menambahnya dengan saluran penguras. Kolam penenang (forebay) juga dibangun untuk menenangkan aliran air yang akan masuk ke turbin dan mengarahkannya masuk ke pipa pesat (penstok). Saluran ini dibuat dengan konstruksi beton dan berjarak sedekat mungkin ke rumah turbin untuk menghemat pipa pesat.

Pipa pesat berfungsi mengalirkan air sebelum masuk ke turbin. Dalam pipa ini, energi potensial air di kolam penenang diubah menjadi energi kinetik yang akan memutar roda turbin. Biasanya terbuat dari pipa baja yang dirol, lalu dilas. Untuk sambungan antar pipa digunakan flens. Pipa ini harus didukung oleh pondasi yang mampu menahan beban statis dan dinamisnya. Pondasi dan kedudukan ini diusahakan selurus mungkin, karena itu perlu dirancang sesuai dengan kondisi tanah.

Turbin, generator dan sistem kontrol masing-masing diletakkan dalam sebuah rumah yang terpisah. Pondasi turbin-generator juga harus dipisahkan dari pondasi rumahnya. Tujuannya adalah untuk menghindari masalah akibat getaran. Rumah turbin harus dirancang sedemikian agar memudahkan perawatan dan pemeriksaan.

Setelah keluar dari pipa pesat, air akan memasuki turbin pada bagian inlet. Di dalamnya terdapat guided vane untuk mengatur pembukaan dan penutupan turbin serta mengatur jumlah air yang masuk ke runner/blade (komponen utama turbin). Runner terbuat dari baja dengan kekuatan tarik tinggi yang dilas pada dua buah piringan sejajar. Aliran air akan memutar runner dan menghasilkan energi kinetik yang akan

memutar poros turbin. Energi yang timbul akibat putaran poros kemudian ditransmisikan ke generator. Seluruh sistem ini harus balance. Turbin perlu dilengkapi casing yang berfungsi mengarahkan air ke runner. Pada bagian bawah casing terdapat pengunci turbin. Bantalan (bearing) terdapat pada sebelah kiri dan kanan poros dan berfungsi untuk menyangga poros agar dapat berputar dengan lancar.



Gambar 3. Prinsip Kerja PLTMH

## 4.2 Pembahasan

Potensi energi alternatif di Kabupaten Probolinggo Wilayah Timur sangat besar, terutama dari biomassa dan biogas yang bersumber dari limbah pertanian dan peternakan. Analisis menunjukkan bahwa residu dari tanaman pangan seperti padi, jagung, dan ubi kayu menghasilkan sekitar 55.823 ton limbah pertanian, yang dapat dikonversi menjadi 13.397,52 m<sup>3</sup> gas metana. Dengan kapasitas produksi listrik sebesar 11,17 kWh per m<sup>3</sup> gas, potensi listrik tahunan yang dapat dihasilkan mencapai 149.650 kWh. Kecamatan Tiris merupakan penyumbang energi terbesar dengan estimasi hingga 36.407 kWh per tahun. Selain itu, timbulan sampah rumah tangga dan perdagangan di wilayah ini juga cukup tinggi, terutama di kawasan padat penduduk seperti Paiton dan Krucil, yang memperkuat peluang pemanfaatan biogas dari sampah domestik. Desa Seboro di Krejengan menjadi contoh pengelolaan TPA yang berpotensi menghasilkan 8,79 m<sup>3</sup> gas metan per hari, meskipun terkendala ketersediaan air saat musim kemarau.

Lebih lanjut, potensi energi biogas dari sektor peternakan juga cukup signifikan. Tercatat sebanyak 126.357 ekor sapi menghasilkan 4.043.424 kg kotoran per hari, yang dapat dikonversi menjadi 141.520 m<sup>3</sup> gas metana dan menghasilkan sekitar 175.485 kWh energi listrik harian. Kecamatan Tiris kembali menjadi kontributor utama dengan kapasitas listrik mencapai 35.684 kWh/hari, diikuti oleh Krucil dan Paiton. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan kelompok biogas peternakan sangat memungkinkan untuk mendukung elektrifikasi wilayah dan ketahanan energi desa. Terakhir, potensi energi mikrohidro di Kabupaten Probolinggo—khususnya di wilayah barat dengan aliran sungai deras seperti di kawasan Air Terjun Madakaripura—juga menjadi sumber energi terbarukan yang menjanjikan. Dengan dukungan faktor debit air, topografi yang curam, dan jarak ke pusat beban yang relatif dekat, pengembangan PLTMH menjadi pilihan strategis, mengingat biaya operasional rendah dan daya terima sosial yang tinggi di masyarakat pedesaan.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Energi biomasa dapat dihasilkan dari pemanfaatan limbah pertanian, dimana pertanian tanaman pangan di Wilayah Timur Kabupaten Probolinggo yang potensial dikonversi menjadi energi adalah tanaman padi, jagung, dan ubi kayu. Produksi tanaman padi, jagung, dan ubi kayu Kabupaten Probolinggo Wilayah Barat sebesar 279,115,0 ton. Tanaman pangan tersebut tersebar di seluruh kecamatan sehingga dapat dikatakan bahwa seluruh kecamatan berpotensi untuk pengembangan energi biomassa limbah pertanian

Proses produksi biogas yang dihasilkan dari sisa kotoran ternak yang dapat langsung dipergunakan sebagai pupuk organik pada tanaman/budidaya pertanian. Konversi 1 m<sup>3</sup> biogas setara dengan 1,24 kWh. Pemanfaatan Biogas sebagai pengganti bahan bakar khususnya minyak tanah dan dipergunakan untuk memasak kemudian sebagai bahan pengganti bahan bakar minyak (bensin, solar).

Populasi ternak di Kabupaten Probolinggo tersebar di berbagai Kecamatan dan hampir semua kecamatan yang ada di Kabupaten Probolinggo terdapat persebaran populasi ternak, khususnya ternak sapi berupa sapi potong dan sapi perah. Dengan mengetahui persebaran populasi ternak dapat memetakan daerah yang nantinya akan menjadi sentra dari masing-masing populasi ternak. Dengan begini adalah proyeksi potensi biogas dari ternak sapi yang bisa dikembangkan untuk wilayah timur kabupaten Probolinggo.

### 5.2 Saran

Dari penelitian potensi energi baru terbarukan yang dihasilkan dari pemanfaatan limbah rumah tangga, pertanian dan kotoran ternak sangat tinggi sebagai energi pengganti di wilayah Probolinggo timur dapat diteruskan penelitian lanjutan di wilayah lain yang berpotensi penghasil energi baru terbarukan.

## Daftar Pustaka

- [1] A. P. Afin and B. F. T. Kiono, "Potensi energi batubara serta pemanfaatan dan teknologinya di indonesia tahun 2020–2050: gasifikasi batubara," *J. Energi Baru Dan Terbarukan*, vol. 2, no. 2, pp. 122–144, 2021.
- [2] A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, "Dari energi fosil menuju energi terbarukan: potret kondisi minyak dan gas bumi Indonesia tahun 2020–2050," *J. Energi Baru Dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, 2021.
- [3] M. A. ADHIEM, S. H. PERMANA, and B. M. FATURAHMAN, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya bagi Pembangunan Berkelanjutan*. Publica Indonesia Utama, 2021.
- [4] H. Z. Hasid, S. U. SE, S. E. Akhmad Noor, M. SE, and E. Kurniawan, *Ekonomi sumber daya alam dalam lensa pembangunan ekonomi*. Cipta Media Nusantara, 2022.
- [5] V. Manurung, "Pengaruh Media Pembelajaran Kartun Fisika Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Pokok Usaha dan Energi di Kelas VIII SMP Negeri 32 Medan.," 2014.
- [6] S. Iskandar, *Konversi Energi*. Deepublish, 2017.
- [7] N. B. Alnavis, R. R. Wirawan, K. I. Solihah, and V. H. Nugroho, "Energi listrik berkelanjutan: Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia," *J. Innov. Mater. Energy, Sustain. Eng.*, vol. 1, no. 2, 2024.
- [8] B. Cahyono, I. R. Kusuma, and A. Santoso, *Energi dan produksi bahan bakar gas*. Penerbit NEM, 2022.
- [9] R. Rismanto, "PERAN INVESTASI PADA ENERGI TERBARUKAN DALAM MENDORONG PERTUMBUHAN EKONOMI BERKELANJUTAN DI ERA NET-ZERO EMISSIONS," *Curr. (Jurnal Ekon. Dan Perbank. Syariah)*, vol. 3, no. 1, pp. 343–361, 2024.
- [10] M. Ahsan, "Tantangan dan peluang pembangunan proyek pembangkit listrik energi baru terbarukan (EBT) di Indonesia," *Sutet*, vol. 11, no. 2, pp. 81–93, 2021.
- [11] Z. Juni, L. Muhammad, and A. Al Ashadi, "Analisis Nilai-Nilai Moral Pada Cerita Rakyat Kabupaten Sanggau Kapuas." IKIP PGRI PONTIANAK, 2020.