

**OPTIMASI PEMANFAATAN ENERGI DARI LIMBAH
MENGUNAKAN INTEGRASI LANDGEM (STUDI KASUS:
TPA CIKUNDUL, KOTA SUKABUMI)**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Elektro*

MOH AZDIE AULIA

20190120028



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
SUKABUMI
JANUARI 2025**

**OPTIMASI PEMANFAATAN ENERGI DARI LIMBAH
MENGUNAKAN INTEGRASI LANDGEM (STUDI KASUS:
TPA CIKUNDUL, KOTA SUKABUMI)**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh Gelar
Sarjana Teknik Elektro*

MOH AZDIE AULIA

20190120028



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
SUKABUMI
JANUARI 2025**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : OPTIMASI PEMANFAATAN ENERGI DARI LIMBAH
MENGGUNAKAN INTEGRASI LANDGEM (STUDI
KASUS: TPA CIKUNDUL, KOTA SUKABUMI)
NAMA : MOH AZDIE AULIA
NIM 20190120028

Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing- masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti- bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut.



Moh Azdie Aulia

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : OPTIMASI PEMANFAATAN ENERGI DARI LIMBAH
MENGUNAKAN INTEGRASI LANDGEM (STUDI KASUS:
TPA CIKUNDUL, KOTA SUKABUMI)

NAMA : MOH AZDIE AULIA

NIM : 20190120028

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal 03 Februari 2025. Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik.

Sukabumi, 03 Februari 2025

Pembimbing I



Ir. Marina Artyasa, S.T., M.T., IPM.

NIDN. 0403127308

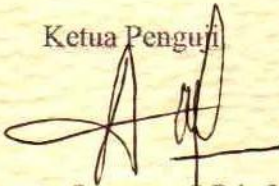
Pembimbing II



Panji Nurputro, S.T., M.T.

NIDN. 0427047803

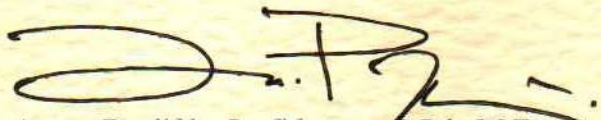
Ketua Penguji



Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si.

NIDN. 0407098009

Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Anggy Pradiftha Junfitharana, S.Pd., M.T.

NIDN. 0425068502

Plh. Dekan Fakultas Teknik, Komputer dan Desain

Ir. Paikun, S.T., M.T., IPM., Asean Eng

NIDN. 040203742

ABSTRAK

Peningkatan volume sampah di TPA Cikundul, Kota Sukabumi, memberikan tantangan besar dalam pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Sampah yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan berbagai dampak negatif, seperti pencemaran lingkungan, risiko kesehatan masyarakat, dan peningkatan emisi gas rumah kaca. Namun, sampah juga memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan, terutama melalui pengolahan gas metana yang dihasilkan dari proses biodegradasi anaerobik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan potensi energi dari limbah di TPA Cikundul menggunakan model LandGEM. Data limbah selama tujuh tahun terakhir (2017-2023) digunakan untuk memprediksi produksi gas metana dan potensi energi yang dapat dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi gas metana mencapai 2.182.000 m³ per tahun, sementara total landfill gas yang dihasilkan mencapai 4.363.000 m³ per tahun. Dengan asumsi efisiensi pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) sebesar 25%, potensi daya listrik yang dihasilkan mencapai 5.453,75 MW per tahun. Penelitian ini membuktikan bahwa model LandGEM dapat menjadi alat yang efektif dalam memprediksi dan mengoptimalkan pemanfaatan energi terbarukan berbasis limbah. Selain itu, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan strategi pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan di masa depan.

Kata Kunci: Biomassa, LandGEM, Sampah, TPA, Energi Terbarukan.

ABSTRACT

The increasing volume of waste at the Cikundul Landfill in Sukabumi City poses significant challenges in achieving sustainable environmental management. Poorly managed waste can lead to severe environmental pollution, public health risks, and increased greenhouse gas emissions. However, waste also holds immense potential as a renewable energy source, particularly through the utilization of methane gas produced via anaerobic biodegradation processes. This study aims to analyze and optimize the energy potential from waste at the Cikundul Landfill using the LandGEM model. Seven years of waste data (2017-2023) were utilized to predict methane gas production and the corresponding energy potential. The results reveal that methane gas production reaches 2,182,000 m³ per year, while the total landfill gas production is 4,363,000 m³ per year. Assuming a 25% efficiency of the waste-to-energy plant (PLTSa), the potential electricity generation is estimated at 5,453.75 MW annually. This study demonstrates that the LandGEM model is an effective tool for predicting and optimizing renewable energy utilization from waste. Additionally, the findings serve as a foundation for developing more environmentally friendly and sustainable waste management strategies in the future.

Keywords: *Biomass, LandGEM, Waste, Landfill, Renewable Energy.*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Optimasi Pemanfaatan Energi dari Limbah Menggunakan Integrasi LandGEM (Studi Kasus: TPA Cikundul, Kota Sukabumi)”**.

Skripsi ini merupakan tugas akhir yang disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Universitas Nusa Putra. Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak. Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kekuatan, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus atas doa, dukungan, bimbingan, nasihat, dan motivasi dari berbagai pihak yang telah berkontribusi baik langsung maupun tidak langsung. Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Kurniawan., S.T., M.Si., M.M. selaku Rektor Universitas Nusa Putra Sukabumi.
2. Bapak Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T., selaku Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Sukabumi.
3. Ucapan terimakasih yang mendalam penulis haturkan kepada dosen pembimbing, Ibu Ir. Marina Artiyasa, S.T., M.T., IPM., dan Bapak Panji Nurputro, S.T., M.T. atas waktu, tenaga dan pemikirannya yang dengan sabar dan penuh perhatian memberikan bimbingan, masukan serta arahan selama proses penyusunan skripsi ini hingga terselesaikan dengan baik.
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah barbagi ilmu pengetahuan dan pengalaman berharga selama penulis menempuh Pendidikan di Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra
5. Ibu Dian Andriani dan Ayah Asep Saepul Irfan yang hebat luar biasa selalu mendoakan dan menjadi penyemangat penulis sebagai sandaran terkuat untuk menghadapi kerasnya dunia. Skripsi ini penulis persembahkan untuk beliau.

Terimakasih sudah berjuang sekuat tenaga untuk memberikan kehidupan yang layak untuk saya, hingga ankirnya saya bisa tumbuh dewasa dan bisa berada di posisi ini. Kesuksesan dan segala hal baik yang kedepannya adalah karena kedua Orang tua saya. Izinkan saya mengabdikan dan membalas segala pengorbanan yang ibu dan ayah lakukan selaman ini.

6. Terimakasih kepada teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Angkatan 2019. Ucapan terima kasih inidisampaikan atas kebersamaan, bantuan dan dukungan yang telah kalian berikan selama menjaalani Pendidikan Bersama.
7. Selamat untukmu, Saya. Moh Azdie Aulia, Terima kasih telah menempuh perjalanan yang tak selalu mudah, melewati hari-hari penuh keraguan, ketegangan, dan pengorbanan yang kadang begitu terasa berat. Dalam 5 tahun lebih ini, kau telah belajar tentang kehidupan dan tentang menjahit luka dengan keberanian. Terima kasih telah mengizinkan dirimu jatuh dan bangkit, dan terus berjuang meski langkah terkadang gemetar. Kini, di ujung perjalananmu ini.

Skripsi ini merupakan hasil jerih payah dan dedikasi penulis dalam mengeksplorasi topik yang berkaitan dengan teknik elektro, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Semoga karya ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak.

Sukabumi, Januari 2025

Moh Azdie Aulia

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Moh Azdie Aulia

NIM 20190120028

Program Studi : Teknik Elektro

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah yang berjudul:

OPTIMASI PEMANFAATAN ENERGI DARI LIMBAH MENGGUNAKAN INTEGRASI LANDGEM (STUDI KASUS: TPA CIKUNDUL, KOTA SUKABUMI)

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalty Non Eksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : SUKABUMI

Pada tanggal : 03 Februari 2025

(Moh Azdie Aulia)

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL | ii |
| PERNYATAAN PENULIS | ii |
| PENGESAHAN SKRIPSI | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| HALAMAN PERNYATAAN | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xii |
| LAMPIRAN – LAMPIRAN | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 4 |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Sistematika Penelitian | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1. Penelitian Terkait | 7 |
| 2.2. Kesimpulan..... | 14 |
| 2.3. Limbah | 15 |
| 2.4. Sampah | 15 |
| 2.4.1. Sampah Organik | 16 |
| 2.4.2. Sampah Non Organik | 17 |
| 2.4.3. Sampah B3 | 17 |
| 2.5. <i>Landfill</i> | 18 |
| 2.5.1. <i>Open Dumping</i> | 19 |
| 2.5.2. <i>Controlled Landfill</i> | 20 |
| 2.5.3. <i>Sanitary Landfill</i> | 20 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 2.5.4. | <i>Biogass</i> | 21 |
| 2.5.5. | <i>Landfill Gas Emission Model (LandGEM)</i> | 21 |
| 2.6. | Energi | 23 |
| 2.6.1. | Energi Tak Terbarukan | 24 |
| 2.6.2. | Energi Baru..... | 25 |
| 2.6.3. | Energi Terbarukan | 26 |
| 2.7. | Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) | 27 |
| 2.7.1. | <i>Combined Heat and Power (CHP)</i> | 27 |
| 2.7.2. | <i>On-grid System PLTSa</i> | 28 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | | 29 |
| 3.1. | Desain Sistem | 29 |
| 3.2. | Spesifikasi Perangkat..... | 29 |
| 3.3. | Alur Penelitian..... | 30 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 35 |
| 4.1. | Analisis Produksi LFG (<i>Landfill Gas</i>) | 35 |
| 4.2. | Analisis Efektivitas LandGEM..... | 38 |
| 4.2.1. | Prediksi Gas yang Dihasilkan | 40 |
| 4.2.2. | Potensi Energi Listrik | 40 |
| 4.2.3. | Efektivitas dalam Pengelolaan Jangka Panjang..... | 40 |
| 4.2.4. | Pengurangan Gas Emisi Rumah Kaca..... | 41 |
| 4.3. | Analisis Potensi Pemanfaatan Energi | 41 |
| BAB V PENUTUP | | 43 |
| 5.1. | Kesimpulan..... | 43 |
| 5.2. | Saran..... | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 45 |
| LAMPIRAN – LAMPIRAN..... | | 51 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1. Jenis – jenis sampah [23]..... | 16 |
| Gambar 2.2. Jenis Sampah Organik [25]..... | 16 |
| Gambar 2.3. Jenis Sampah Anorganik [25]..... | 17 |
| Gambar 2.4. Jenis Sampah B3 [25] | 18 |
| Gambar 2.5. TPA Cikundul, Kota Sukabumi [29]..... | 19 |
| Gambar 2.6. Open Dumping [31]..... | 19 |
| Gambar 2.7. Ilustrasi dari Sistem Controlled landfill [32] | 20 |
| Gambar 2.8. Sanitary landfill [29]..... | 20 |
| Gambar 2.9. Tampilan Awal Software LandGEM..... | 22 |
| Gambar 2.10. Jenis – jenis Energi [41]..... | 24 |
| Gambar 2. 11. Energi Tak Terbarukan (Minyak Bumi) [42] | 24 |
| Gambar 2.12. Energi Baru (Hidrogen) [44]..... | 25 |
| Gambar 2.13. Energi Terbarukan [48]..... | 26 |
| Gambar 2.14. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) [49] | 27 |
| Gambar 3.1. Alir Diagram Penelitian..... | 30 |
| Gambar 3.2.. Diagram Alir Perancangan Sistem..... | 33 |
| Gambar 4.1. Tampilan Menu Software LandGEM-v303 | 35 |
| Gambar 4.2. Grafik total produksi gas per tahun..... | 36 |
| Gambar 4.3. Prediksi total produksi gas sampai tahun 2037..... | 37 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1. Daftar Penelitian Terkait..... | 7 |
| Tabel 2.2. Komposisi Unsur Biogas | 21 |
| Tabel 4.1. Data volume sampah per tahun di TPA Cikundul, Kota Sukabumi | 35 |
| Tabel 4.2. Data volume sampah per tahun dengan asumsi 70% sampah organik..... | 36 |
| Tabel 4.3. Hasil Prediksi Total landfill gas dan Metana | 39 |



LAMPIRAN – LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran 1. Data Sampah per Tahun | 51 |
| Lampiran 2. Hasil Pengolahan..... | 52 |
| Lampiran 3. Proses Input pada Software LandGEM..... | 56 |
| Lampiran 4. <i>Gas/Pollutant Default Parameters</i> | 57 |
| Lampiran 5. Input Review | 58 |
| Lampiran 6. Prediksi Hasil Gas Metana | 59 |
| Lampiran 7. Prediksi Hasil Pollutants | 60 |
| Lampiran 8. Peta TPA Cikundul | 61 |





BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian dari Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Cikundul Kota Sukabumi.

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi adalah sumber daya yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan termasuk bahan bakar, listrik, energi mekanik dan panas [1]. Di Indonesia lebih dari 82% sumber daya tidak terbarukan menjadi andalan utama dalam pemenuhan kebutuhan energi [2]. Penggunaan bahan bakar fosil yang intensif telah melepaskan sejumlah besar gas rumah kaca ke atmosfer, menyebabkan suhu bumi meningkat dan permukaan laut naik [3]. Untuk mengatasi hal tersebut, pemerintah Indonesia berupaya untuk meningkatkan pemanfaatan energi non-fosil berupa energi baru dan terbarukan (EBT). Salah satu dari prioritas nasional bidang energi baru dan terbarukan dengan memanfaatkan sampah perkotaan [4].

Sampah adalah bahan buangan sebagai akibat dari aktivitas manusia yang merupakan bahan yang sudah tidak dapat dipergunakan lagi [5]. Menurut Keputusan Dirjen Cipta Karya, nomor 07/KPTS/CK/1999: Juknis Perencanaan, Pembangunan dan Pengelolaan Bidang Ke-PLP-an Perkotaan dan Perdesaan, sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan [6]. Tumpukan sampah yang tidak diolah menyebabkan sampah akan menumpuk tinggi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah [7]. Tumpukan sampah yang tinggi secara visual tidak menarik dan dapat menciptakan pandangan yang buruk di sekitar TPA, selain itu tumpukan sampah yang tidak teratur dapat menyebabkan bahan kimia berbahaya dan zat-zat toksik yang terkandung dalam sampah meresap ke dalam tanah. Hal ini mengakibatkan pencemaran tanah, yang berdampak negatif terhadap kesuburan tanah dan kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tumbuhan [8].

Sampah merupakan masalah yang perlu diperhatikan, selain baunya yang mengganggu lingkungan juga dapat membahayakan kesehatan karena sampah merupakan penyebab penyakit [9]. Namun, dibalik dampak negatifnya, limbah di TPA juga menyimpan potensi energi yang dapat dimanfaatkan yaitu dengan mengubah sampah menjadi sebuah energi listrik atau sering disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) [10].

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) adalah pembangkit yang bisa memproduksi tenaga listrik dengan cara memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar utamanya, baik sampah organik maupun anorganik [11]. PLTSa menggunakan gas dari *landfill* hasil dekomposisi sampah, yang kemudian akan dimanfaatkan gas metana yang terkandung didalamnya sebagai bahan bakar generator, yang kemudian akan menghasilkan listrik [12]. Gas *Landfill* atau LFG merupakan gas yang dihasilkan oleh mikroba pada saat bahan organik mengalami proses fermentasi dalam suatu keadaan anaerobik yang sesuai baik dari segi suhu, kelembaban, dan keasaman [13]. LFG dapat terjadi akibat penguraian material organik yang terdapat pada tempat pembuangan akhir. Sebagian besar kandungan dari gas *landfill* adalah metana dan karbon dioksida [14].

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Cikundul dengan luas lahan 10,7 Ha, merupakan TPA yang melayani Kota Sukabumi dengan 3 zona aktif dan 3 zona tidak aktif. Total luas zona aktif yang masih digunakan untuk kegiatan urugan sampah adalah 1,7 hektare. Saat ini metode penimbunan sampah yang digunakan TPA Cikundul adalah metode *controlled landfill* [15]. TPA Cikundul dimanfaatkan oleh Kota Sukabumi sebagai tempat pemrosesan akhir sampah. Saat ini, TPA Cikundul sedang berada pada tahap pembangunan dengan memperluas lahan sebanyak 1,0 ha untuk menampung sampah karena kapasitas TPA sudah overload [16].

Beberapa penelitian sebelumnya terkait dengan permasalahan sampah yang dimana selain menyebabkan dampak negatif, sampah juga bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Salah satunya penelitian yang berjudul “Kajian Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Menggunakan *Software LandGEM* TPA Kebon Kongok Gerung Lombok Barat” [4]. Pada penelitian ini

mengevaluasi kelayakan teknis dan ekonomi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) di TPA Kebon Kongok, Lombok Barat, menggunakan *software LandGEM*. Hasilnya menunjukkan potensi produksi gas metana sebesar 7.100.769,959 m³/tahun yang dapat menghasilkan energi listrik 64.226.464,28 kWh per tahun dengan kapasitas daya 8.875,96 kW. Biaya investasi proyek sebesar Rp997,78 miliar, dengan analisis ekonomi menunjukkan NPV Rp435,23 miliar, PP 7,6 tahun, BCR 1,33, dan IRR 4,27%, sehingga proyek dinyatakan layak.

Penelitian terdahulu lainnya yang dilakukan oleh N. I. Mardani dan N. Halomoan yang berjudul “Proyeksi Gas Metan (CH₄) dari Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Tualang Di Kecamatan Tualang” [17]. Penelitian tersebut menganalisis proyeksi gas metana (CH₄) dari TPA Tualang di Kecamatan Tualang menggunakan metode sanitary landfill dan perangkat lunak LandGEM. Hasil menunjukkan bahwa pada tahun 2031, TPA Tualang diproyeksikan menghasilkan gas metana sebesar 1.251.300 m³/tahun, yang dapat dikonversi menjadi energi listrik sebesar 1.595,55 kWh. Proses ini menggunakan sistem sanitary landfill yang memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar dengan gas metana ditangkap melalui ventilasi untuk diolah lebih lanjut menjadi energi. Kajian ini menunjukkan potensi TPA Tualang sebagai sumber energi listrik berkelanjutan berbasis limbah yang ramah lingkungan.

Berdasarkan permasalahan yang ada terkait pengelolaan sampah dan potensi pemanfaatannya sebagai sumber energi listrik, penelitian ini menggunakan pendekatan evaluasi teknis untuk menganalisis kelayakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa). Dengan memanfaatkan perangkat lunak LandGEM sebagai alat prediksi produksi gas metana dari Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), metode ini diharapkan mampu memberikan estimasi yang akurat terhadap volume gas metana yang dihasilkan setiap tahun. Hasil proyeksi gas metana kemudian digunakan untuk menghitung potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari sampah, sehingga mendukung pengembangan energi terbarukan berbasis limbah yang ramah lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang melingkupi penelitian yang akan diteliti, permasalahan tersebut adalah:

1. Bagaimana potensi gas metana yang dapat dihasilkan dari limbah di TPA Cikundul, Kota Sukabumi, dengan menggunakan model LandGEM?
2. Bagaimana efektivitas penggunaan integrasi LandGEM dalam mengoptimalkan pemanfaatan energi dari limbah di TPA Cikundul?
3. Berapa potensi energi listrik yang dihasilkan di TPA Cikundul, Kota Sukabumi dengan menggunakan model LandGEM?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui potensi energi yang dapat dihasilkan dari limbah di TPA Cikundul, Kota Sukabumi, dengan menggunakan model LandGEM.
2. Menganalisis efektivitas penggunaan integrasi LandGEM dalam mengoptimalkan pemanfaatan energi dari limbah di TPA Cikundul.
3. Mengetahui potensi energi listrik yang dihasilkan di TPA Cikundul, Kota Sukabumi dengan menggunakan model LandGEM.

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mendukung pengembangan energi terbarukan di Indonesia, khususnya melalui pemanfaatan limbah yang seringkali dianggap masalah lingkungan.
2. Memperbaiki sistem pengelolaan limbah melalui pendekatan yang lebih ilmiah dan terstruktur, sehingga limbah tidak hanya dibuang tetapi juga dimanfaatkan secara produktif.
3. Mendorong implementasi teknologi ramah lingkungan di TPA – TPA lainnya, serta memberikan solusi praktis bagi tantangan energi di kawasan perkotaan.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam menyusun penelitian ini, ditetapkan batasan-batasan yang jelas untuk memastikan bahwa pembahasan tetap fokus dan sesuai dengan tujuan penelitian. Beberapa batasan yang ditetapkan antara lain.

1. Mengambil data jumlah sampah dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Sukabumi.
2. Menggunakan jumlah data sebanyak 7 tahun dari rentang tahun 2017-2023.
3. Sistem dibuat menggunakan *software* LandGEM.

1.5 Sistematika Penelitian

Penelitian ini terdiri dari lima bab, yang masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang studi, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan, cakupan penelitian, serta struktur penulisan dari kajian mengenai optimasi pemanfaatan energi dari limbah menggunakan integrasi landgem (studi kasus: tpa cikundul, kota sukabumi).



BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini akan membahas tentang berbagai ide penting, misalnya, Limbah, jenis – jenis sampah, Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa), LandGEM dan kajian pustaka berdasarkan kajian terdahulu.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi pembahasan mengenai desain sistem, spesifikasi perangkat dan model proses peramalan sebagai pedoman dalam membangun sistem.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas hasil dan analisis dari perancangan serta implementasi penilaian optimasi pemanfaatan energi dari limbah menggunakan integrasi landgem (studi kasus: tpa cikundul, kota sukabumi).

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian penutup mencakup rangkuman hasil penelitian dan penerapan sistem, serta rekomendasi dari penulis untuk pengembangan penelitian serupa di masa depan.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

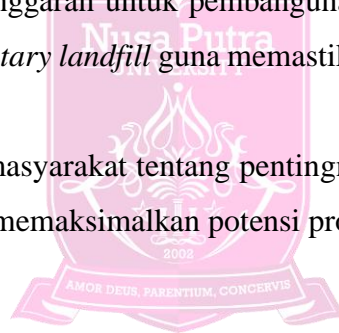
Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat ditarik yaitu:

1. Potensi gas metana yang dapat dihasilkan dari limbah di TPA Cikundul, Kota Sukabumi berdasarkan model LandGEM adalah 2.182.000 m³ per tahun dan total *landfill* gas adalah 4.363.000 m³ per tahun. Ini menunjukkan bahwa setengah dari total landfill gas yang dihasilkan dari TPA ini adalah gas metana, yang memiliki nilai komersial dan dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan atau listrik jika dikelola dengan baik.
2. Efektivitas integrasi LandGEM dalam mengoptimalkan pemanfaatan energi dari limbah di TPA Cikundul sangatlah tinggi. Dengan menggunakan model ini, TPA mampu memperkirakan volume gas metana yang dihasilkan dengan akurat dan memaksimalkan konversi gas tersebut menjadi listrik. Meski dengan efisiensi PLTSa sebesar 25%, potensi daya listrik yang dihasilkan tetap signifikan. Selain itu, penggunaan LandGEM memberikan wawasan yang diperlukan untuk mengoptimalkan sistem pengelolaan gas metana dan meningkatkan efisiensi energi dari limbah di TPA dalam jangka panjang.
3. Potensi energi listrik yang dapat dihasilkan di TPA Cikundul, Kota Sukabumi, dengan menggunakan model LandGEM dan asumsi efisiensi PLTSa sebesar 25% adalah 5.453.750 kW. Hasil ini menunjukkan bahwa model LandGEM dapat memberikan prediksi yang cukup akurat untuk potensi pemanfaatan energi di TPA.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Optimasi Pemanfaatan Energi dari Limbah menggunakan Integrasi Landgem (Studi Kasus: TPA Cikundul, Kota Sukabumi), penulis menyarankan:

1. Lakukan pengembangan model prediksi LandGEM dengan memasukkan variabel lokal seperti iklim, kadar kelembapan, dan komposisi spesifik sampah di TPA Cikundul untuk meningkatkan akurasi estimasi gas metana.
2. Kaji potensi penggunaan teknologi lain, seperti *anaerobic digestion* atau *gasifikasi*, untuk membandingkan efektivitasnya dengan metode *landfill* dalam menghasilkan energi.
3. Selidiki dampak lingkungan jangka panjang dari pengelolaan gas metana, termasuk analisis jejak karbon, serta studi kelayakan pengelolaan residu sampah menjadi produk bernilai tambah seperti pupuk organik.
4. Dorong kebijakan insentif berupa subsidi atau keringanan pajak untuk pengembangan dan operasional PLTSa di TPA, guna meningkatkan minat investasi dari pihak swasta.
5. Tingkatkan alokasi anggaran untuk pembangunan infrastruktur TPA modern dengan teknologi *sanitary landfill* guna memastikan pengelolaan sampah lebih ramah lingkungan.
6. Tingkatkan edukasi masyarakat tentang pentingnya memilah sampah organik dan anorganik untuk memaksimalkan potensi produksi gas metana di TPA.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Azhar dan D. A. Satriawan, “Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional,” *Adm. Law Gov. J.*, vol. 1, no. 4, hal. 398–412, 2018, doi: 10.14710/alj.v1i4.398-412.
- [2] R. Putri *et al.*, “Pembangkit Listrik Tenaga Bayu sebagai Sumber Alternatif pada Mesjid Tengku Bullah Universitas Malikussaleh,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, 2022, doi: 10.30596/rele.v5i1.10788.
- [3] Pertamina, *Geopolitical disruptions*, vol. 8. 2022.
- [4] A. B. Muljono, K. B. K. Mukti, dan A. Natsir, “Kajian Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Menggunakan Perangkat Lunak LandGEM TPA Kebon Kongok Gerung Lombok Barat,” *Dielektrika*, vol. 9, no. 1, hal. 68–79, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <http://www.dielektrika.unram.ac.id/index.php/dielektrika/article/view/296>
- [5] R. Hasibuan, “Analisis Dampak Limbah/Sampah Rumah Tangga,” *J. Ilm. Advokasi*, vol. 04, no. ANALISIS DAMPAK LIMBAH/SAMPAH RUMAH TANGGA TERHADAP PENCEMARAN LINGKUNGAN HIDUP, hal. 42–52, 2016.
- [6] A. Ikhsan, A. Auliya, A. Walid, dan E. P. Putra, “Pengaruh Sampah Rumah Tangga Terhadap Kulit pH Air Tempat Pembuangan Akhir TPA Air Sebakul Kelurahan Sukarami Kecamatan Selebar Kota Bengkulu,” *J. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, vol. 9, no. 1, hal. 37–44, 2020.
- [7] Monice dan Perinov, “Analisis Pemanfaatan Energi Dari Pengolahan Metode Landfiil Di TPA Muara Fajar Pekanbaru,” vol. 1, no. 2, hal. 63–66, 2018.
- [8] A. Hafizah, D. A. Pratiwi, D. N. R. Nuzlan, dan A. Hasibuan, “ANALISIS DAMPAK SISTEM PENGELOLAAN SAMPAH TPA TERJUN DI KOTA MEDAN,” vol. 3, no. 3, hal. 320–329, 2023.
- [9] A. Axmalia dan S. A. Mulasari, “Dampak Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Terhadap Gangguan Kesehatan Masyarakat,” *J. Kesehat. Komunitas*, vol. 6, no. 2, hal. 171–176, 2020, doi:

10.25311/keskom.vol6.iss2.536.

- [10] R. Samsinar dan K. Anwar, “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kapasitas 115 Kw (Studi Kasus Kota Tegal),” vol. 15, no. 2, hal. 33–40, 1979.
- [11] R. Hariningrum dan S. B. Utomo, “Pemanfaatan Limbah Sampah Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Tenaga Listrik di Semarang,” *Mar. Sci. Technol. J.*, vol. 1, no. 1, hal. 30–37, 2020.
- [12] T. Huda, A. P. Amor, dan Y. T. K. Priyanto, “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Pada TPA Sambutan Kota Samarinda,” *SPECTA J. Technol.*, vol. 3, no. 2, hal. 18–26, 2020, doi: 10.35718/specta.v3i2.109.
- [13] J. R. Rajagukguk, “Studi Kelayakan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Sebagai Sumber Energi Listrik 200 MW,” *Media Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 5, no. 1, hal. 51–61, 2020, doi: 10.33084/mitl.v5i1.1371.
- [14] A. Aydi, “Energy Recovery from a Municipal Solid Waste (MSW) Landfill Gas: A Tunisian Case Study,” *J. Waste Water Treat. Anal.*, vol. 03, no. 04, hal. 3–5, 2012, doi: 10.4172/2157-7587.1000137.
- [15] T. Widad, P. Purwaningrum, D. Indrawati, J. Teknik, L. Universitas, dan S. Pustaka, “Potensi material hasil landfill mining di TPA Cikundul , Kota Sukabumi,” *Semin. Nas. Cendekiawan ke 4 Tahun 2018, Buku 1 “Teknik, Kedokt. Hewan, Kesehatan, Lingkung. dan Landskap,”* vol. 1, no. 2009, hal. 765–769, 2018.
- [16] H. M. A. Faruqi, “Analisis Timbunan, Komposisi, dan Densitas Sampah Rumah Tangga di Kota Sukabumi,” 2023.
- [17] N. I. Mardani dan N. Halomoan, “Proyeksi Gas Metan (CH₄) dari Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Tualang Di Kecamatan Tualang,” *Pros. FTSP Ser. 2040-2046*, hal. 2040–2046, 2023.
- [18] F. Sinaga, D. M. Napitupulu, dan H. Syarifuddin, “Estimasi Produksi Gas Metana Untuk Pemanfaatan Sebagai Sumber Energi Di TPA Talang Gulo, Jambi,” *J. Daur Lingkung.*, vol. 6, no. 1, hal. 12, 2023, doi: 10.33087/daurling.v6i1.184.
- [19] R. F. Samosir *et al.*, “Potensi Pemanfaatan Sumber Energi Alternatif Gas

- Metana untuk Pembangkit Listrik 3 MW Menggunakan Pemodelan Landgem (Studi Kasus: TPA Koya Koso Kota Jayapura),” *J. Asimetrik J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 5, hal. 353–364, 2023, doi: 10.35814/asiimetrik.v5i2.5158.
- [20] Z. Zuraidah, L. N. Rosyidah, dan R. F. Zulfi, “Edukasi Pengelolaan Dan Pemanfaatan Sampah Anorganik Di Mi Al Munir Desa Gadungan Kecamatan Puncu Kabupaten Kediri,” *Budimas J. Pengabd. Masy.*, vol. 4, no. 2, hal. 1–6, 2022, doi: 10.29040/budimas.v4i2.6547.
- [21] A. Taufiq dan ; M Fajar Maulana, “Sosialisasi Sampah Organik Dan Non Organik Serta Pelatihan Kreasi Sampah,” *Inov. dan Kewirausahaan*, vol. 4, no. 1, hal. 68–73, 20159.
- [22] D. I. Anwar, U. Fitri A, S. Zaman M, A. Zalal, dan I. Nurfadilah, “Pengelolaan Sampah Agar Bernilai Guna Di Desa Gedepangrango Kabupaten Sukabumi,” *AKM Aksi Kpd. Masy.*, vol. 5, no. 1, hal. 77–84, 2024, doi: 10.36908/akm.v5i1.988.
- [23] PNGTREE, “Tanda Tanda Sampah Organik, Non Organik dan Berbahaya Berwarna Merah Kuning Hijau Vektor.” [Daring]. Tersedia pada: https://id.pngtree.com/freepng/signs-of-organic-non-organic-and-dangerous-waste-in-red-yellow-green-color-vector_13623281.html
- [24] M. Marmi, S. Sunaryo, dan Dina Chamidah, “Pelatihan Pengelolaan Limbah Organik Menjadi Ecoenzym Pada Warga Desa Kalipecabean Candi Sidoarjo Dalam Upaya Mewujudkan Masyarakat Eco-Comunnity,” *J-ABDI J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 6, hal. 5239–5246, 2022, doi: 10.53625/jabdi.v2i6.3873.
- [25] PNGTREE, “Tanda Tanda Sampah Organik Non Organik dan Berbahaya Berwarna Merah Kuning Hijau Vektor.” [Daring]. Tersedia pada: https://id.pngtree.com/freepng/signs-of-organic-non-organic-and-dangerous-waste-in-red-yellow-green-vector_13623279.html
- [26] I. Ridwan, Nurfaida, dan K. Mantja, “Pemanfaatan Sampah Anorganik Menjadi Produk Berdaya Guna,” *J. Din. Pengabd.*, vol. 1, no. 2, hal. 123–133, 2017, [Daring]. Tersedia pada:

- <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jdp/article/view/2196>
- [27] F. M. Langi, A. Pangku, D. C. Nani, R. A. Pananggung, dan J. Haerani, “Peran kuliah kerja nyata dalam mewujudkan lingkungan bebas sampah plastik di kelurahan pinaras,” vol. 1, no. 1, hal. 1–9, 2024.
- [28] K. Diah, T. Joko, dan N. Astorina, “Kajian Timbulan Sampah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Rumah Tangga Di Kelurahan Sendangmulyo Kecamatan Tembalang Kota Semarang,” *J. Kesaehatan Masy.*, vol. 5, no. 5, hal. 766–775, 2017, [Daring]. Tersedia pada: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
- [29] S. Fatimah, “Proyek TPA Cikundul Sukabumi Disegel Subkontraktor.” [Daring]. Tersedia pada: <https://www.detik.com/jabar/berita/d-6620606/proyek-tpa-cikundul-sukabumi-disegel-subkontraktor>
- [30] Y. Astha, . A., S. Alam, dan S. M. Malik, “Waste Management in the Kawatuna Landfill Site of Palu City,” *J. Arsit. ARCADE*, vol. 2, no. 1, hal. 1, 2018, doi: 10.31848/arcade.v2i1.20.
- [31] L. Darmawan, “‘Open Dumping’ Sampah Harus Segera Ditinggalkan, Bagaimana Langkahnya?” [Daring]. Tersedia pada: <https://www.mongabay.co.id/2019/02/22/open-dumping-sampah-harus-segera-ditinggalkan-bagaimana-langkahnya/>
- [32] ChatGPT, “Ilustrasi Skematik dari Sistem Controlled Landfill.” [Daring]. Tersedia pada: <https://chatgpt.com/c/681457ed-7984-800b-b1f2-b83202923f84>
- [33] S. Subekti, A. Sasmito, dan B. Rahman, “PEMANFAATAN SAMPAH DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) JATIBARANG SEBAGAI SUMBER ENERGI BARU TERBARUKAN,” *Merdeka Indones. J. Int.*, vol. III, 2023.
- [34] A. Kumar dan S. R. Samadder, “A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste,” *Waste Manag.*, vol. 69, hal. 407–422, 2017, doi: 10.1016/j.wasman.2017.08.046.
- [35] A. Alexander, C. Burklin, dan A. Singleton, “Landfill gas emissions model. United States Environmental Protection Agency, Version 3.02 user’s

- guide.” *U.S. Environ. Prot. Agency Off. Res. Dev.*, no. May, hal. 48, 2005, [Daring]. Tersedia pada: <http://www3.epa.gov/ttn/catc1/dir1/landgem-v302-guide.pdf>
- [36] S. Sunardiyo, A. Suryanto, Y. Primadiyono, E. Sarwono, dan A. Asriningati, “PEMODELAN SISTEM PEMBANGKIT HYBRID DIESEL GENERATOR-PV MICROGRID INTERAKTIF (Kajian Smart Hybrid),” *Inov. Kim.*, no. 1, hal. 65–87, 2022, doi: 10.15294/ik.v1i1.62.
- [37] A. J. Adellea, “Rangka Ketahanan Energi Nasional,” *Indones. State Law Rev.*, vol. 05, no. 1, hal. 43–51, 2022.
- [38] I. Kholiq, “PEMANFAATAN ENERGI ALTERNATIF SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN UNTUK MENDUKUNG SUBSTITUSI BBM,” *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, vol. 4, no. 1, hal. i, 2012, doi: 10.1016/s1877-3435(12)00021-8.
- [39] P. P. RI, “Undang- Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007.” 2007. doi: 10.4018/jgc.2013010106.
- [40] Kompasiana, “Bioenergi Sumber Energi Alternatif yang Mendunia.” [Daring]. Tersedia pada: https://www.kompasiana.com/www.inatanaya.com/566e6500379773eb0853d873/bioenergi-sumber-energi-alternatif-yang-mendunia?page=all&page_images=2
- [41] H. Penrose, “Thought On Electrical Reliability In A Green Economy.” [Daring]. Tersedia pada: <https://theramreview.com/thoughts-on-electrical-reliability-in-a-green-economy/>
- [42] PNGWING, “Ilustrasi Kartun Kilang Minyak Bumi.” [Daring]. Tersedia pada: <https://www.pngwing.com/id/free-png-zjgae>
- [43] M. Syahid *et al.*, “Sosialisasi Energi Terbarukan dan Pelatihan Perakitan Listrik Tenaga Surya pada Siswa Sekolah Alam Le Cendekia Gowa CENDEKIA dengan tema “ Sosialisasi Energi Terbarukan dan Pelatihan Perakitan Listrik Tenaga,” vol. 7, hal. 127–135, 2024.
- [44] A. A. Artanti, “Diklaim Paling Murah, Ini Perbandingan Harga Bahan Bakar Hidrogen, Listrik dan Minyak.” [Daring]. Tersedia pada:

https://www.medcom.id/ekonomi/bisnis/3NO1xlok-diklaim-paling-murah-ini-perbandingan-harga-bahan-bakar-hidrogen-listrik-dan-minyak#google_vignette

- [45] Gunawan Sihombing, “Transformator Energi, Potensi Dan Pengujian Model Energi,” *J. Syntax Transform.*, vol. 1, no. 9, hal. 612–618, 2020, doi: 10.46799/jst.v1i9.150.
- [46] M. Adam, P. Harahap, dan M. R. Nasution, “Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, hal. 30–36, 2019, doi: 10.30596/rele.v2i1.3648.
- [47] E. T. S. Lobo, Rombe, dan M. Sau, “Sistem Hibrid Energi Surya-Bayu,” *Semin. Nas. dan Expo Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, hal. 105–109, 109M.
- [48] P. Subagyo, “Implementasi Energi Terbarukan: Menghadirkan Masa Depan yang Berkelanjutan.” [Daring]. Tersedia pada: <https://netlabelreview.com/langkah-menuju-masa-depan-energi-berkelanjutan/>
- [49] Pulungan08, “Pembangkit Listrik Tenaga Sampah.” [Daring]. Tersedia pada: <https://zmpulungan.wordpress.com/2013/10/06/pembangkit-listrik-tenaga-sampah/>