

**ANALISA STATISTIK UNTUK MEMPREDIKSI
KEBERLANJUTAN PROYEK BIOGAS POME
DI LAPANGAN “X”**

TESIS

Oleh:

RISWAN SUHERI SIDABUTAR

2105190013



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2023**

**ANALISA STATISTIK UNTUK MEMPREDIKSI
KEBERLANJUTAN PROYEK BIOGAS POME
DI LAPANGAN “X”**

TESIS

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.)
pada Program Studi Magister Teknik Elektro Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia

Oleh:

RISWAN SUHERI SIDABUTAR

2105190013



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2023**



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

PROGRAM PASCASARJANA

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Riswan Suheri Sidabutar
NIM : 2105190013
Program studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul "ANALISA STATISTIK UNTUK MEMPREDIKSI KEBERLANJUTAN PROYEK BIOGAS POME DI LAPANGAN "X"" adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi yang tertera pada karya tulis saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Master di universitas lain kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera didalam referensi yang tertera.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan diatas, maka karya tulis ini dianggap batal.

Jakarta, 24 Juni 2023

Riswan Suheri Sidabutar



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

PROGRAM PASCASARJANA

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

ANALISA STATISTIK UNTUK MEMPREDIKSI KEBERLANJUTAN PROYEK
BIOGAS POME DI LAPANGAN "X"

Oleh:

Nama : Riswan Suheri Sidabutar
NIM : 2105190013
Program studi : Magister Teknik Elektro
Peminatan : Energi Terbarukan

telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam sidang Tesis guna mencapai gelar Magister Strata Dua pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia.

Jakarta, 24 Juni 2023

Menyetujui:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD.
NIDN : 32704625

Dr. Rismen Sinambela, S.T., M.T.
NIDN : 0317116903

Ketua Program Studi
Magister Teknik Elektro

Direktur,

Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD.
NIDN : 32704625

Prof. Dr. dr. Bernadetha Nadeak, M.Pd., PA.
NIDN : 0320116402



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

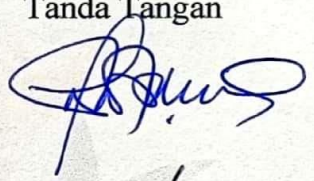
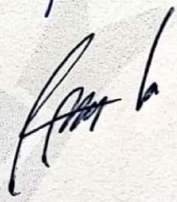
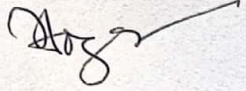
PROGRAM PASCASARJANA

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada tanggal 24 Juni 2023 telah diselenggarakan Sidang Tesis untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Magister Strata Dua pada program studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : Riswan Suheri Sidabutar
NIM : 2105190013
Program studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana

termasuk ujian Tesis yang berjudul "ANALISA STATISTIK UNTUK MEMPREDIKSI KEBERLANJUTAN PROYEK BIOGAS POME DI LAPANGAN "X"" oleh tim penguji yang terdiri dari:

| Nama Penguji | Jabatan dalam Tim Penguji | Tanda Tangan |
|----------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD., | Sebagai Ketua |  |
| 2. Dr. Rismen Sinambela, ST., MT., | Sebagai Anggota |  |
| 3. Dr. Togar Harapan Pangaribuan, MT., | Sebagai Anggota |  |

Jakarta, 24 Juli 2023



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

PROGRAM PASCASARJANA

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : Riswan Suheri Sidabutar

NIM : 2105190013

Fakultas : Program Pascasarjana

Program studi : Magister Teknik Elektro

Jenis Tugas Akhir : Tesis

Judul : ANALISA STATISTIK UNTUK MEMPREDIKSI KEBERLANJUTAN
PROYEK BIOGAS POME DI LAPANGAN "X"

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Noneksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta
Pada Tanggal 24 Juni 2023
Yang menyatakan



Riswan Suheri Sidabutar

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, kasih dan karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “ANALISA STATISTIK UNTUK MEMPREDIKSI KEBERLANJUTAN PROYEK BIOGAS POME DI LAPANGAN “X””.

Penelitian ini dibuat dan disusun sebagai tugas akhir penulis, serta sebagai syarat yang harus dipenuhi guna memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) pada Program Studi Magister Teknik Elektro Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia.

Dalam penyusunan Tesis ini, penulis juga menyadari tidak sedikit kendala dan halangan yang dihadapi penulis. Penulis juga menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat kekurangan yang disebabkan keterbatasan kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Namun berkat bantuan dan kontribusi dari berbagai pihak maka penulisan dan penyusunan Tesis ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua, Ibu Rosita Sinaga, kakak dan adik yang sudah memberikan dukungan agar penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan lancar.
2. Prof. Dr. dr. Bernadetha Nadeak, M.Pd., PA. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia.
3. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro sekaligus Dosen Pembimbing tugas Akhir yang selalu mendukung dan memberikan arahan, masukan, motivasi serta semangat bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

4. Dr. Rismen Sinambela, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tesis yang selalu memberikan waktu, nasihat, dan dukungan dalam membimbing penulis menyelesaikan Tesis ini.
5. Seluruh rekan kerja yang memberikan dukungan dan bantuan dalam penulisan Tesis ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tesis ini.

Kiranya penelitian ini dapat bermanfaat, serta memberikan ilmu yang baru dan lebih lagi bagi pembaca. Akhir kata, dengan segara rasa syukur penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak. Tuhan memberkati.

Jakarta, 24 Juni 2023



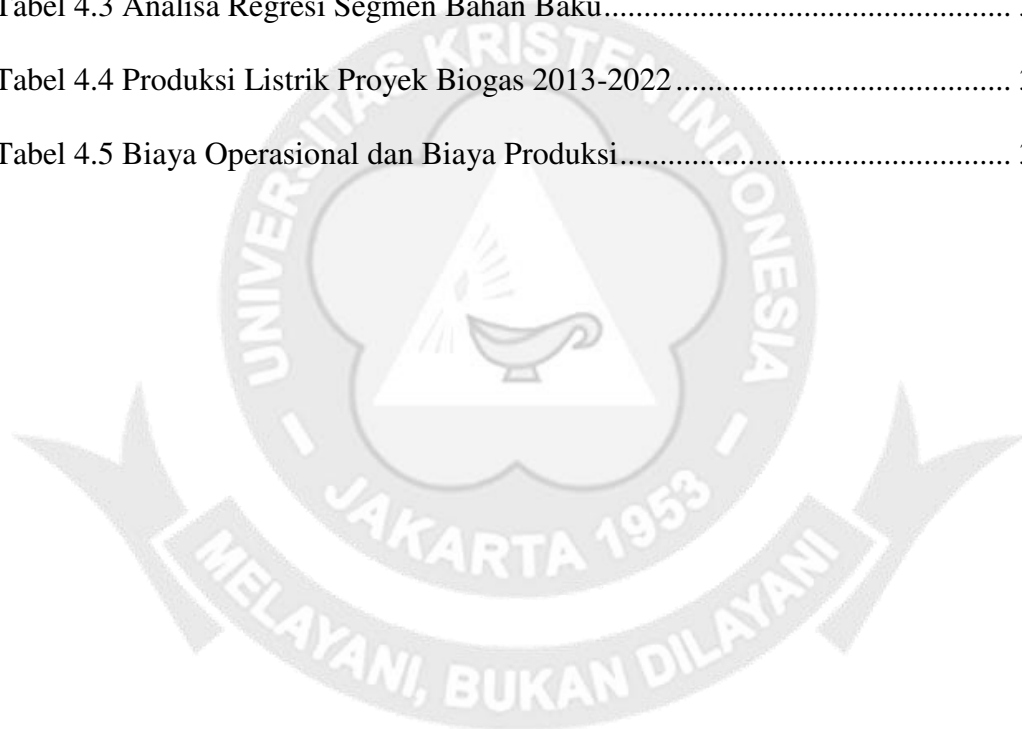
DAFTAR ISI

| | | |
|---------|----------------------------------------------------|----|
| BAB I | PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 | Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 | Identifikasi Masalah | 3 |
| 1.3 | Pembatasan Masalah | 3 |
| 1.4 | Perumusan Masalah | 4 |
| 1.5 | Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.6 | Manfaat Penelitian | 5 |
| 1.7 | Ruang Lingkup Penelitian | 6 |
| 1.8 | Sistematika Penulisan | 6 |
| BAB II | LANDASAN TEORI | 8 |
| 2.1 | Pembangunan Berkelanjutan | 8 |
| 2.2 | Energi Terbarukan | 8 |
| 2.3 | Biogas | 9 |
| 2.4 | Perkembangan Kelapa Sawit di Indonesia | 11 |
| 2.5 | Teknologi Konversi POME Menjadi Biogas | 12 |
| 2.6 | Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) | 14 |
| 2.6.1 | Pengolahan Awal | 15 |
| 2.6.2 | Bio-Digester | 15 |
| 2.6.3 | Scrubber Hydrogen Sulfida (H ₂ S) | 16 |
| 2.6.4 | Dehumidifier Gas | 16 |
| 2.6.5 | Gas Engine | 16 |
| 2.6.6 | Gas Burner | 17 |
| 2.6.7 | Flare | 18 |
| 2.6.8 | Sistem Instrumentasi dan Kontrol | 18 |
| 2.7 | Analisa Statistik | 19 |
| BAB III | METODOLOGI PENELITIAN | 20 |
| 3.1 | Tempat Penelitian | 20 |
| 3.2 | Data dan Sumber Data Penelitian | 20 |
| 3.3 | Variabel Penelitian | 21 |
| 3.3.1 | Bahan Baku | 21 |

| | | |
|----------------------|-----------------------------------------|----|
| 3.3.2 | Faktor Produksi | 21 |
| 3.3.3 | Faktor Ekonomi..... | 22 |
| 3.4 | Teknik Pengumpulan Data | 22 |
| 3.5 | Teknik Analisis Data | 23 |
| 3.5.1 | Analisis korelasi | 23 |
| 3.5.2 | Statistik Deskriptif | 23 |
| 3.5.3 | Analisa Regresi Linier..... | 24 |
| 3.5.4 | Standar Deviasi | 25 |
| 3.5.5 | Regresi Linier Segmen / Parsial..... | 25 |
| BAB IV ANALISIS..... | | 26 |
| 4.1 | Gambaran Umum Proyek Biogas PT. X | 26 |
| 4.2 | Ketersediaan Bahan Baku | 26 |
| 4.2.1 | Analisa Korelasi | 26 |
| 4.2.2 | Analisa Deskriptif | 27 |
| 4.2.3 | Analisa Regresi Linier..... | 28 |
| 4.2.4 | Analisa Regresi Segmen/Parsial | 31 |
| 4.3 | Faktor Produksi | 34 |
| 4.4 | Faktor Ekonomi..... | 36 |
| BAB V PENUTUP..... | | 40 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 40 |
| 5.2 | Keterbatasan | 41 |
| 5.3 | Saran..... | 42 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 44 |

DAFTAR TABEL

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Potensi dan Kapasitas Pembangkit Listrik EBT Tahun 2021 | 9 |
| Tabel 2.2 Komposisi Biogas | 10 |
| Tabel 2.3 Potensi Power dari POME | 14 |
| Tabel 4.1 Gambaran Umum Proyek Biogas PT. X..... | 26 |
| Tabel 4.2 Data Bahan Baku Biogas 2013-2022 | 26 |
| Tabel 4.3 Analisa Regresi Segmen Bahan Baku..... | 31 |
| Tabel 4.4 Produksi Listrik Proyek Biogas 2013-2022 | 34 |
| Tabel 4.5 Biaya Operasional dan Biaya Produksi..... | 36 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Perkembangan Luas Areal dan Produksi Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia, 2017-2021*..... | 12 |
| Gambar 2.2 Skema proses pengolahan anaerobic (Amaya, et al., 2013)..... | 13 |
| Gambar 2.3 Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Biogas | 15 |
| Gambar 4.1 Grafik Bahan Baku Biogas 2013-2022 | 27 |
| Gambar 4.2 Grafik Penurunan Bahan Baku Berdasarkan Analisa Regresi | 30 |
| Gambar 4.3. Grafik Analisa Regresi Segmen Bahan Baku | 33 |
| Gambar 4.4 Grafik Produksi Listrik 2013-2022 | 34 |
| Gambar 4.5 Grafik Biaya Operasional Proyek Biogas | 37 |
| Gambar 4.6 Grafik Biaya Produksi Listrik per kWh | 37 |
| Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Bahan Baku, Produksi Listrik dan Biaya Produksi | 39 |

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|-------|----------------------------------------------------|
| BPS | Badan Pusat Statistik |
| CNG | Compressed Natural Gas |
| COD | Chemical Oxygen Demand |
| CPO | Cruide Palm Oil |
| CSTR | Continuously Stirred Tank Reactor |
| EBT | Energi Baru Terbarukan |
| EBTKE | Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi |
| GE | Gas Engine |
| GIZ | Gessellschaft für Internationalle Zusammenarbeit |
| GW | Giga Watt |
| HRT | Hour Retention Time |
| IEA | International Energy Agency |
| IRR | Internal Rate of Return |
| LPG | Liquified Petroleum Gas |
| MW | Mega Watt |
| NPV | Net Present Value |
| PKS | Pabrik Kelapa Sawit |
| PLN | Perusahaan Listrik Negara |
| PLTBg | Pembangkit Listrik Tenaga Biogas |
| POME | Palm Oil Mill Effluent |
| RUEN | Rencana Umum Energi Nasional |
| TBS | Tandan Buah Segar |
| TSS | Total Suspended Solid |
| USAID | United States Agency for International Development |

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji keberlanjutan proyek biogas dari limbah cair kelapa sawit (POME). Latar belakang penelitian menyoroti pentingnya industri kelapa sawit dalam ekonomi Indonesia serta dampak lingkungan yang signifikan yang dihasilkan oleh limbah cair POME. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan memanfaatkannya sebagai bahan baku dalam produksi biogas. Namun, keberlanjutan proyek biogas dipengaruhi oleh faktor ketersediaan bahan baku dan aspek ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana ketersediaan bahan baku, jumlah produksi, dan faktor ekonomi memengaruhi keberlanjutan proyek biogas. Dengan menggunakan metode analisis statistik, penelitian ini menyelidiki tren ketersediaan bahan baku, produksi listrik, biaya operasional, dan biaya produksi dalam kurun waktu 2013-2022. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tren penurunan ketersediaan bahan baku, tetapi juga peningkatan efisiensi produksi listrik. Korelasi yang tinggi antara biaya operasional dan biaya produksi menekankan pentingnya pengelolaan keuangan yang efisien dalam menjaga keberlanjutan proyek. Meskipun terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini, seperti cakupan sampel yang terbatas, data yang tersedia, dan fokus pada faktor tertentu, hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa proyek biogas POME dapat dianggap sebagai proyek yang berkelanjutan. Penelitian ini memberikan rekomendasi untuk memperluas cakupan sampel, mempertimbangkan faktor-faktor lain yang memengaruhi keberlanjutan proyek, dan mengembangkan model prediksi untuk memperkirakan keberlanjutan proyek di masa depan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan bagi pemangku kepentingan dalam merencanakan, mengembangkan, dan mengelola proyek biogas POME dengan pendekatan yang berkelanjutan, serta memberikan kontribusi pada pengurangan dampak lingkungan dari industri kelapa sawit dan pemanfaatan limbah POME secara efisien dan berkelanjutan.

Kata Kunci: keberlanjutan, POME, bahan baku, efisiensi

ABSTRACT

This research examines the sustainability of biogas projects from palm oil mill effluent (POME). The research background highlights the significance of the palm oil industry in the Indonesian economy and the significant environmental impact generated by POME wastewater. One solution to address this issue is to utilize it as a raw material in biogas production. However, the sustainability of biogas projects is influenced by the availability of raw materials and economic aspects. This study aims to analyze how the availability of raw materials, production volume, and economic factors affect the sustainability of biogas projects. Using statistical analysis methods, this research investigates trends in the availability of raw materials, electricity production, operational costs, and production costs from 2013 to 2022. The results show a trend of decreasing raw material availability but also an increase in electricity production efficiency. The high correlation between operational costs and production costs emphasizes the importance of efficient financial management in maintaining project sustainability. Although there are some limitations in this research, such as limited sample coverage, available data, and a focus on specific factors, this research concludes that POME biogas projects can be considered sustainable. This study provides recommendations to expand sample coverage, consider other factors affecting project sustainability, and develop predictive models to estimate project sustainability in the future. Thus, this research is expected to provide guidance to stakeholders in planning, developing, and managing POME biogas projects with a sustainable approach and contribute to reducing the environmental impact of the palm oil industry and efficiently and sustainably utilizing POME waste.

Keywords: sustainability, POME, raw materials, efficiency.