

**STRATEGI DAN TEKNIS PELAKSANAAN  
KEBERLANJUTAN UNTUK PERUSAHAAN PENGELOLA  
PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID (SURYA- BIOMASSA) DI  
PULAU KUNDUR, KEPULAUAN RIAU**

**TESIS**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Magister Teknik dari  
Universitas Darma Persada**

**Oleh**

**ZULHIDAYAT MUKHAYAT PANJAITAN**

**NIM : 2023910020**

**(Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan)**



**SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DARMA PERSADA  
JAKARTA**

**2023**

## **PERNYATAAN KEASLIAN**

"Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagian bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Darma Persada atau Perguruan tinggi lainnya"

Jakarta, 12 Juli 2025



Zulhidayat Mukhayat Panjaitan

NIM : 2023910020

## ABSTRAK

**ZULHIDAYAT MUKHAYAT PANJAITAN (2023910020).** Strategi dan Teknis Pelaksanaan Keberlanjutan untuk Perusahaan Pengelola Pembangkit Hybrid (Surya-Biomassa) di Pulau Kundur, Kepulauan Riau. Dibawah Bimbingan Dr. Aep Saepul Uyun, M. Eng., Dr. Muhammad Syukri Nur, M.Si., Dr.Ir. As Natio Lasman.

Sistem pembangkit listrik hibrida berbasis Surya PV (PLTS) dan biomassa (PLTBm) merupakan solusi untuk penyediaan daya di Indonesia yang memiliki karakteristik geografis dengan pulau-pulau dengan pasokan listrik berbahan bakar fosil. Perancangan dan penilaian teknis, manajemen, keuangan, serta kebijakan dan regulasi merupakan bagian penting dari studi kelayakan untuk perusahaan yang akan berinvestasi di sektor ini. Namun demikian, kajian pada aspek keberlanjutan akan memberikan keyakinan bagi investor untuk menanamkan modalnya. Pulau Kundur, Kepri merupakan lokasi yang menjadi studi kasus dan hasilnya dapat diimplementasikan pada pulau-pulau lain di Indonesia. Penelitian ini memiliki tiga tujuan yaitu: identifikasi komponen keberlanjutan, tantangan dan solusi untuk implementasi sistem hibrid, penyusunan strategi penerapan keberlanjutan untuk perusahaan pengelola sistem hibrida di Pulau Kundur, Kepulauan Riau (Kepri).

Riset ini merupakan bagian dari kerjasama antara Program Studi Energi Terbarukan UNSADA dengan lima mahasiswa yang berasal dari PT Pelayanan Energi Batam yang mengkaji aspek teknis, manajemen, finansial, kebijakan dan regulasi serta keberlanjutan untuk mendapatkan kelayakan multi aspek yang mampu meyakinkan investor. Survei dan penentuan lokasi dan PLTB, identifikasi dukungan infrastruktur wilayah, ketersediaan dan akses bahan baku, perancangan sistem pembangkit merupakan bagian dari alur penelitian yang mencakup tujuh langkah: identifikasi masalah, tinjauan pustaka, rancangan metode penelitian, pengumpulan data, kendali kualitas data, analisa data, kemudian penetapan rekomendasi.

Penelitian ini berhasil mengevaluasi keberlanjutan dari desain sistem pembangkit listrik hibrida yaitu PLTS (10 MWp) dan PLTBm (3 MWe) dengan menetapkan tujuh indikator yaitu teknis, finansial-ekonomi, sosial dan budaya, manajemen, lingkungan, tata kelola, dan infrastruktur wilayah. Secara teknis, rancangan sistem ini akan memprioritaskan PLTS pada siang hari dan PLTBm untuk malam hari, sementara PLTD akan berfungsi jika kedua sumber energi tersebut mengalami masalah seperti cuaca hujan dan kelangkaan pasokan biomassa. Integrasi antara PLTS, PLTBm, dan PLTD dilakukan melalui sistem kontrol pintar (smart grid controller) yang memastikan transisi beban antar pembangkit dapat dilakukan secara otomatis dan efisien. Kelayakan finansial yang terkait masa kontrak dan harga jual-beli telah sesuai regulasi yang berlaku. Demikian juga dengan infrastruktur wilayah dengan lokasi dan akses transportasi mampu mendukung rantai pasokan biomassa sebagai bahan baku. Integrasi manajemen dengan sosial budaya dan lingkungan mampu memberikan kesempatan berusaha dan bekerja bagi masyarakat di sekitar proyek. Manfaat sistem ini mampu mendukung kemandirian energi, akrab lingkungan berupa penurunan emisi karbon yang jauh lebih rendah

dibandingkan bahan bakar fosil. Manfaat lanjutannya, berkontribusi pada penurunan jejak karbon dan membantu mengurangi dampak perubahan iklim.

Kata kunci: Sustainable Development, Renewable energy, rural electrification, bioenergy system, smart grid, Indonesia



## ABSTRACT

**ZULHIDAYAT MUKHAYAT PANJAITAN (2023910020).** Strategy and Sustainability Implementation Technique for Hybrid Power Plant Management Company (Solar-Biomass) in Kundur Island, Riau Islands. Under the guidance of Dr. Aep Saepul Uyun, M.Eng., Dr. Muhammad Syukri Nur, M.Si., Dr.Ir. As Natio Lasman.

Hybrid power generation systems based on solar PV (PLTS) and biomass (PLTBm) are a solution for power supply in Indonesia, which has geographical characteristics with islands that rely on fossil fuel-based electricity. Design and technical assessment, management, finance, as well as policy and regulation are crucial components of feasibility studies for companies considering investment in this sector. However, an analysis of sustainability aspects will provide investors with the confidence to commit their capital. Kundur Island, Riau Islands, serves as the case study location, and its findings can be applied to other islands in Indonesia. This research has three objectives: identifying sustainability components, challenges and solutions for implementing hybrid systems, and developing a sustainability implementation strategy for companies managing hybrid systems on Kundur Island, Riau Islands (Kepri).

This research is part of a collaboration between the Renewable Energy Study Programme at UNSADA and five students from PT Pelayanan Energi Batam, who are examining technical, managerial, financial, policy, regulatory, and sustainability aspects to determine the multi-faceted feasibility that can convince investors. Surveys and site selection for the hybrid power plant, identification of regional infrastructure support, availability and access to raw materials, and power plant system design are part of the research process, which includes seven steps: problem identification, literature review, research method design, data collection, data quality control, data analysis, and recommendation formulation.

This study successfully evaluated the sustainability of the hybrid power generation system design, namely the solar power plant (10 MWp) and the biomass power plant (3 MWe), by establishing seven indicators: technical, financial-economic, social and cultural, management, environmental, governance, and regional infrastructure. Technically, the system design prioritises the PLTS during the day and the PLTBm at night, while the PLTD will function if both energy sources encounter issues such as rainy weather and biomass supply shortages. The integration between the solar power plant, biomass power plant, and diesel power plant is carried out through a smart grid controller system, ensuring that load transitions between power plants can be performed automatically and efficiently. The financial viability related to the contract period and buy-sell prices complies with applicable regulations. Similarly, the regional infrastructure, including location and transportation access, is capable of supporting the biomass supply chain as raw material. Integration with social, cultural, and environmental management provides opportunities for business and employment for communities

around the project. The benefits of this system include supporting energy independence and environmental sustainability through significantly lower carbon emissions compared to fossil fuels. Additionally, it contributes to reducing the carbon footprint and helps mitigate the impacts of climate change.

Keywords: Sustainable Development, Renewable energy, rural electrification, bioenergy system, smart grid, Indonesia



## LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

**Judul Tesis** : Strategi dan Teknis Pelaksanaan Keberlanjutan  
untuk Perusahaan Pengelola Pembangkit Hybrid  
(Surya-Biomassa) di Pulau Kundur, Kepulauan  
Riau  
**Nama** : Zulhidayat Mukhayat Panjaitan  
**NIM** : 2023910020

### Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji

Dr. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng.  
(Pembimbing Utama/Penguji)



Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, Msi.  
(Anggota/Penguji)



Dr. Ir. As Natio Lasman  
(Anggota/Ketua Penguji)

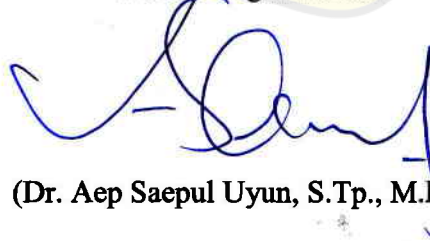


Dr. Sukardi, S.E., M.M.  
(Penguji)



Mengetahui

Ketua Program Studi



(Dr. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng.)

Direktur Pascasarjana



(Dr. Ir. As Natio Lasman).

Tanggal Ujian :  
Tanggal Yudisium :

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur yang penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahuwatala, Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan Petunjuk Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Strategi dan Teknis Pelaksanaan Keberlanjutan untuk Perusahaan Pengelola Pembangkit Hybrid (Surya-Biomassa) di Pulau Kundur, Kepulauan Riau”, untuk memenuhi syarat dalam mencapai gelar Magister Teknik pada Program Studi Pasca Sarjana Universitas Darma Persada.

Penelitian ini merupakan dari penelitian bersama antara mahasiswa yang bekerja di PT Pelayanan Energi Batam - PT. PEB) dengan Dosen-Dosen dari Program Studi Energi Terbarukan, Universitas Darma Persada, Jakarta. Payung penelitian ini adalah “Penilaian Multi Aspek untuk Kelayakan Investasi Pembangkit Listrik Hybrid (Surya-Biomassa) di Kepulauan Riau–Indonesia.”

Ragam persoalan seperti kenaikan harga bahan bakar (HSD) sehingga terjadi kenaikan biaya produksi, upaya pelaksanaan transisi energi di sektor kelistrikan, turut menjaga kelestarian lingkungan global dengan mengurangi emisi penyebab efek rumah kaca, serta pemanfaatan limbah dari industri sagu dan kelapa serta limbah hutan telah mendorong penelitian ini. Pelaksanaan riset dimulai dari kajian pustaka, survei, pengumpulan data sekunder, analisis dan diskusi dengan kalangan pakar sejak awal tahun 2023 hingga Mei 2025 dengan lima prespektif yaitu teknis, finansial, manajemen, kebijakan dan regulasi, serta keberlanjutan. Kelima aspek tersebut merupakan kriteria penting yang diperlukan bagi investor sebagai materi dalam perencanaan investasinya di wilayah ini.

Penggunaan materi penelitian ini juga dimanfaatkan sebagai bahan untuk penulisan tesis dan artikel ilmiah dengan mendayagunakan masing-masing tema bagi setiap mahasiswa yang sedang menempuh pendidikan Program Magister Teknik Energi Terbarukan di Universitas Darma Persada. Pemecahan persoalan nyata dan dialami oleh publik merupakan upaya bersama dalam mencari solusi dan memperkuat peran perguruan tinggi sebagai “*Centre of Knowledge*” dan menghindari posisi “menara gading”.

Penulis menyadari tesis ini perlu di sempurnakan dengan riset lanjutan, oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk perbaikan pada riset-riset di masa mendatang. Semoga tesis ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan energi terbarukan di Indonesia, khususnya di wilayah terisolasi karena berada di Kepulauan Riau seperti di Pulau Kundur, serta dapat menjadi referensi bagi peneliti-peneliti selanjutnya.

Dengan demikian, penulis berharap semoga tesis ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Jakarta, Mei 2025

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Sei Kepayang, Asahan-Sumatera Utara pada tanggal 26 Februari 1981 sebagai anak bungsu dari pasangan Syarbaini Panjaitan dan Zuhairah Siagian. Penulis menyelesaikan pendidikan tahun 1999 di SMA Plus Asahan-Kisaran, kemudian pada tahun 2004 melanjutkan pendidikan Strata I di Universitas Batam, Jurusan Teknik Elektro. Pada tahun 2023, penulis melanjutkan pendidikan Pascasarjana di Program Magister Teknik Energi Terbarukan, Universitas Darma Persada, Jakarta.

Penulis mengawali karir di PT Pelayanan Energi Batam (PLN Batam) sejak tahun 2002 dan pada tahun 2019 Penulis mendapatkan amanah untuk di Tugaskaryakan di PT Pelyanan Energi Batam yang merupakan anak perusahaan dari PLN Batam (PLN Grup) sampai saat ini.

Penulis bernama Zulhidayat Mukhayat Panjaitan, lahir di Tanjungbalai, Sumatera Utara, pada tanggal 12 Januari 1988. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 132401 Tanjungbalai pada tahun 2000, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 2 Tanjungbalai dan lulus pada tahun 2003. Pendidikan menengah atas ditempuh di SMA Negeri 1 Tanjungbalai dan diselesaikan pada tahun 2006.

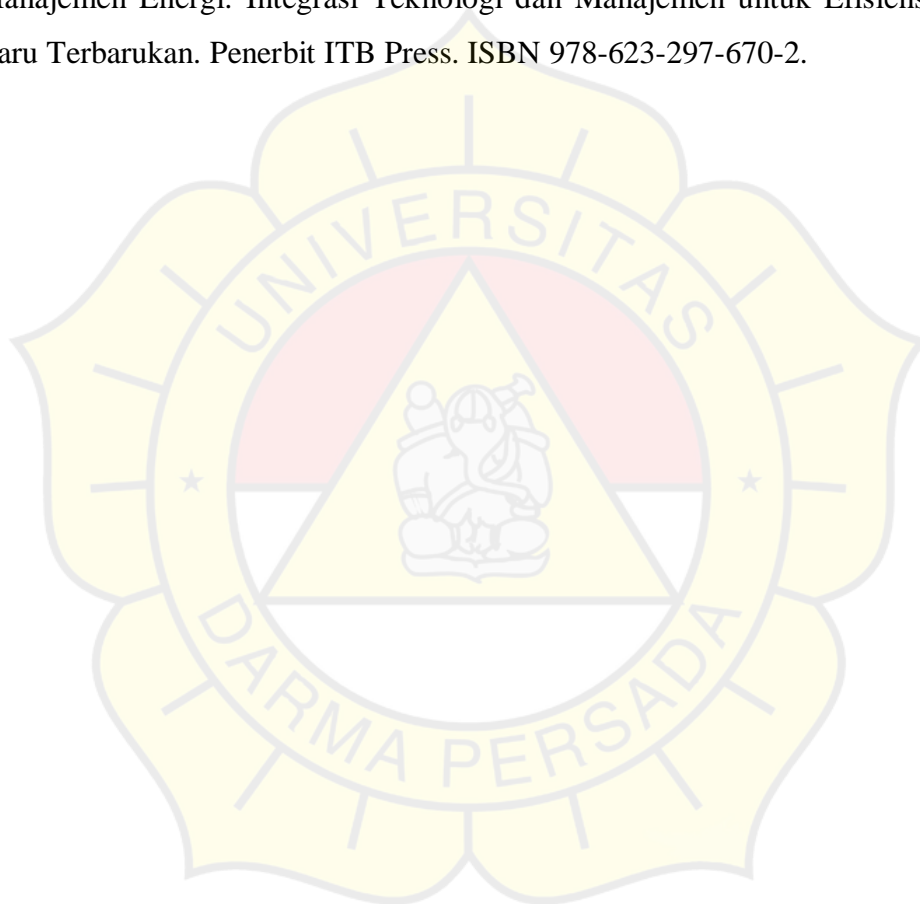
Setelah menyelesaikan pendidikan menengah, penulis melanjutkan studi jenjang Sarjana (S1) di Universitas Sumatera Utara, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tahun 2011. Selanjutnya, penulis meniti karier profesional di bidang energi dan kelistrikan, dengan pengalaman di beberapa proyek pembangkitan dan pengelolaan energi berbasis sistem terdistribusi dan energi baru terbarukan.

Pada tahun 2023, penulis melanjutkan pendidikan Pascasarjana di Program Magister Teknik Energi Terbarukan, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada, Jakarta. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.), dengan fokus penelitian pada strategi dan teknis

pelaksanaan keberlanjutan sistem pembangkit listrik hybrid (Surya–Biomassa) di Pulau Kundur, Kepulauan Riau.

Selama berkarir di PT Pelayanan Energi Batam Penulis terlibat aktif dalam usaha menerangi di beberapa wilayah Indonesia dari Sabang-Aceh sampai Sorong-Papua dalam penyediaan kelistrikan.

Selama menempuh pendidikan magister, Penulis terlibat aktif dalam literasi akademik. Salah satu karya ilmiah dengan terbitnya buku berjudul “Sistem Manajemen Energi: Integrasi Teknologi dan Manajemen untuk Efisiensi Energi Baru Terbarukan. Penerbit ITB Press. ISBN 978-623-297-670-2.



*Dipersembahkan untuk:*

1. Ayah: Syarbaini Panjaitan (Almarhum)
2. Ibu: Zulhairah Siagian (Almarhumah)
3. Istri: Erna Yulia
4. Anak-anak: Azka Azifah Lubna dan Kaisa Nadya Khansa
5. Para dosen pembimbing dan seluruh dosen beserta staf Universitas Darma Persada
6. Para Pejuang Kelistrikan dan Energi Terbarukan



## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Tesis ini tidak akan selesai dan terwujud jika tanpa dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Aep Saepul Uyun, M. Eng dan Dr.Ir. Muhammad Syukri Nur, MSi, selaku pembimbing tesis, yang telah bimbingan, memberikan arahan dalam proses penyusunan dan penyelesaian tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, MSi beserta seluruh staf pengajar di Universitas Darma Persada Program Studi Teknik Energi Terbarukan, yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama masa studi.
3. Bapak Dr. Ir. As Natio Lasman Selaku Direktur Pasca Sarjana Universitas Darma Persada, yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama masa studi.
4. Keluarga tercinta, kepada almarhum tercinta Ibu Liunga' dan Ayah Selel Pata' walaupun sudah tidak ada dan yang dulu selalu membimbing anak-anaknya menjadi orang yang sukses, Istri saya Alvia Saroan, dan Anak kami Nugraha Vefito Samitra, Nathania Aurelia Timba yang selalu mendoakan, mendukung dan pengorbanan selama ini yang tidak ternilai.
5. Teman-teman kantor dari PT Pelayanan Energi Batam (PT PEB) dan teman-teman kuliah sebagai teman diskusi bersama dan terimakasih buat dukungan dan semangat yang diberikan.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dan memberikan kontribusi dalam penyelesaian tesis ini.

Penulis sadar bahwa ada beberapa yang harus disempurnakan dari tesis ini. Oleh karena itu, penulis dapat menerima kritik dan saran untuk perbaikan dan kelanjutan di masa mendatang. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

## DAFTAR ISI

|                                                          |                                     |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| DAFTAR ISI .....                                         | 12                                  |
| DAFTAR GAMBAR .....                                      | 14                                  |
| DAFTAR TABEL .....                                       | 15                                  |
| DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG .....                       | 16                                  |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                    | 17                                  |
| BAB 1   Pendahuluan .....                                | 18                                  |
| 1.1   Latar Belakang .....                               | 18                                  |
| 1.2   Perumusan Masalah .....                            | 19                                  |
| 1.3   Tujuan Penelitian .....                            | 20                                  |
| 1.4   Ruang Lingkup Penelitian .....                     | 20                                  |
| 1.5   Kerangka Penelitian .....                          | 22                                  |
| BAB 2   Tinjauan Pustaka .....                           | 24                                  |
| 2.1   Mekanisme Reaksi .....                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 2.2   Analisis Organoleptik .....                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| BAB 3   Metodologi Penelitian .....                      | 37                                  |
| 3.1   Perancangan Percobaan dan Perlakuan .....          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.2   Prosedur Penelitian dan Parameter Pengamatan ..... | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.3   Analisis Data .....                                | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.4   Tempat dan Waktu .....                             | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.5   Bahan dan Alat .....                               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| BAB 4   Hasil dan Pembahasan .....                       | 57                                  |
| 4.1   Mekanisme Transisi .....                           | 110                                 |

|       |                            |     |
|-------|----------------------------|-----|
| 4.2   | Paramagnetik Kinetik.....  | 110 |
| BAB 5 | Kesimpulan dan Saran ..... | 111 |
| 5.1   | Kesimpulan.....            | 111 |
| 5.2   | Saran .....                | 113 |



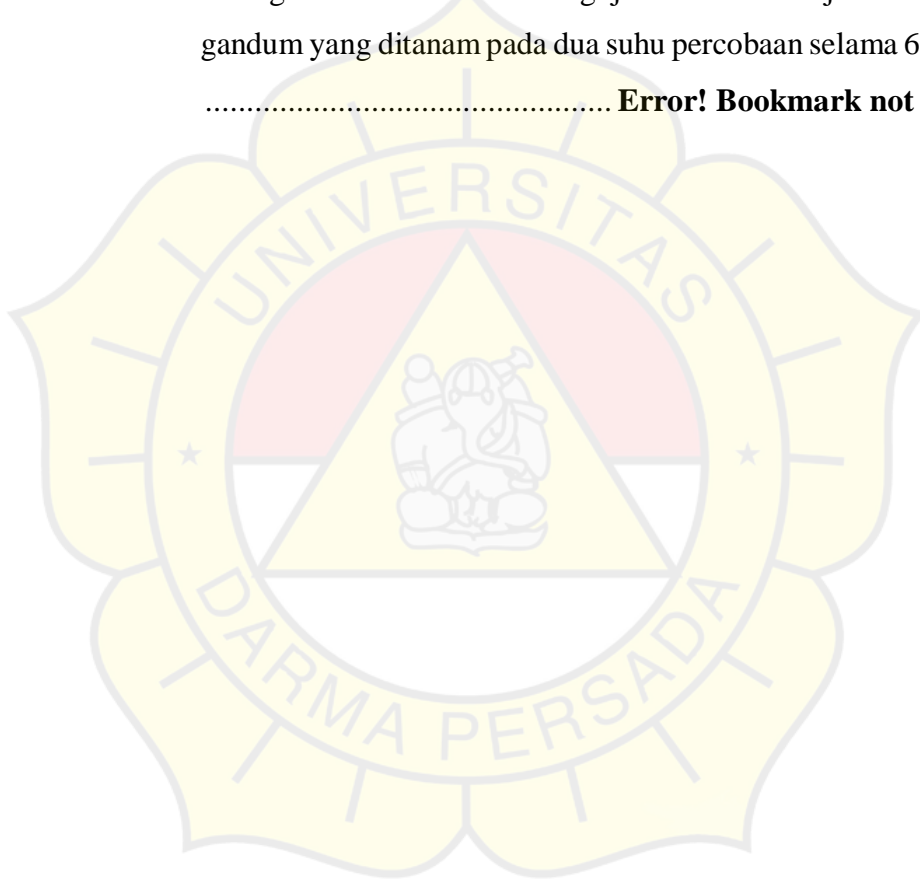
## DAFTAR GAMBAR

**Gambar II.1** Pengaruh gerhana matahari pada profil kota besar di Pulau pulau Indonesia bagian Barat (Sumatra, Jawa, dan Kalimantan) **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar II.2** Fenomena alam ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar II.3** Spora xxxxxxxxxxxxxxxx ..... **Error! Bookmark not defined.**

**Gambar III.1** Hubungan antara bobot kering jerami dan Cu jerami tanaman gandum yang ditanam pada dua suhu percobaan selama 6 minggu. .... **Error! Bookmark not defined.**



## DAFTAR TABEL

**Tabel II.1** Identifikasi senyawa-senyawa yang terlibat dalam reaksi substitusi nukleotida di dalam pelarut polar..... **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel II.2** Contoh tabel-2..... **Error! Bookmark not defined.**

**Tabel III.1** Situasi Beras di Sumatera Utara..... **Error! Bookmark not defined.**



## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

| SINGKATAN | Nama | Pemakaian<br>pertama kali<br>pada halaman |
|-----------|------|-------------------------------------------|
|-----------|------|-------------------------------------------|

|        |                                        |    |
|--------|----------------------------------------|----|
| N.M.R. | Nuclear Magnetic Resonance             | 1  |
| HPLC   | High Performance Liquid Chromatography | 10 |
| PCR    | Polymerase Chain Reaction              | 13 |

### LAMBANG

|              |                                      |    |
|--------------|--------------------------------------|----|
| A            | Konstanta pada hubungan tegangan     | 17 |
| $a_1$        | kecepatan                            | 20 |
| $a_{ij}$     | Fungsi reaksi variabel dalam         |    |
|              | Koefisien persamaan diferensial dari | 24 |
| b            | persamaan dasar perambatan gelombang | 15 |
| $\mathbf{b}$ | Vektor Burger                        | 26 |
| $c_0$        | Gaya badan spesifik                  | 31 |
| .            | Kecepatan rambat elastik             |    |
| .            |                                      |    |
| .            |                                      |    |
| $\alpha_1$   | Variabel internal pertama            | 35 |
| $\alpha_2$   | Variabel internal kedua              | 28 |
| $\delta$     | Koefisien Viskositas                 | 48 |
| .            | Eksponen karakteristik bahan         | 53 |
| .            |                                      |    |

dan seterusnya

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1. Contoh Halaman Lampiran ..... | 119 |
| Lampiran 2 contoh .....                   | 119 |

