

**RANCANGAN SISTEM PENCAHAYAAN BERGERAK
DENGAN SUMBER ENERGI TERBARUKAN UNTUK
OPERASI PERTAMBANGAN BATUBARA**

TESIS

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

Oleh

KUKUH PRIYO PRAMONO

NIM : 2022910022

(Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan)



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

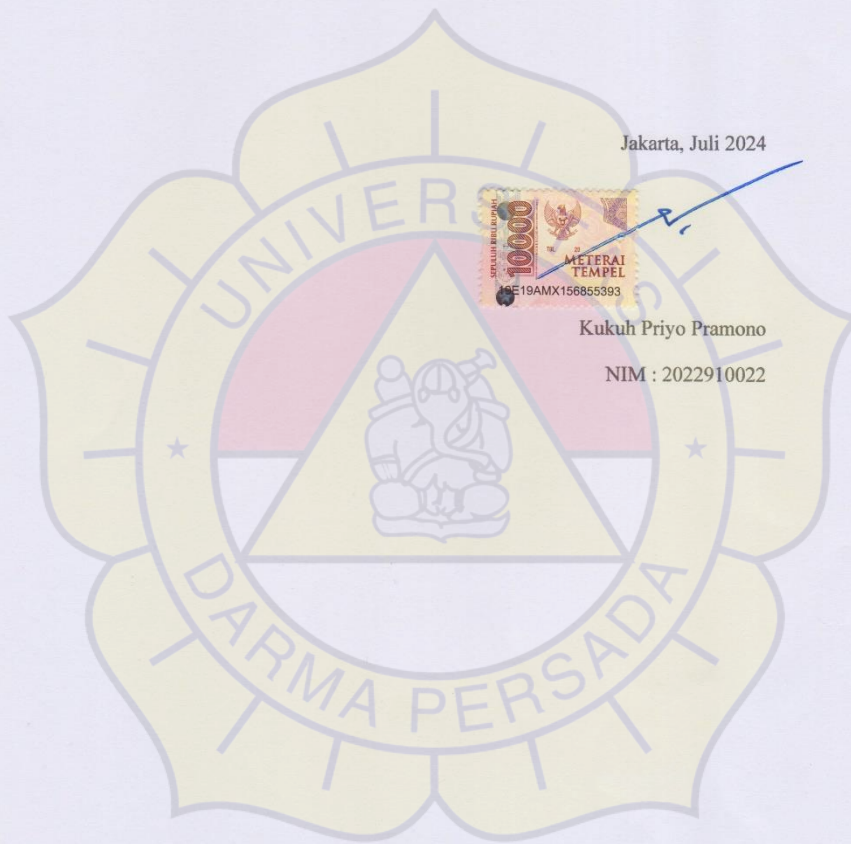
"Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagian bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah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

Jakarta, Juli 2024



Kukuh Priyo Pramono

NIM : 2022910022



ABSTRAK

KUKUH PRIYO PRAMONO (2022910022). Rancangan Sistem Pencahayaan Bergerak Energi Terbarukan untuk Pertambangan Batubara. Dibawah Bimbingan Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Si; Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp, M.Eng.

Penelitian ini mengkaji permasalahan pencahayaan di area pertambangan batubara terbuka yang kurang optimal dan mahal, terutama bila menggunakan sumber energi fosil. Kondisi ini menimbulkan kebutuhan akan sistem pencahayaan yang efisien dan berkelanjutan dengan menggunakan sumber energi terbarukan, seperti energi surya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pencahayaan bergerak menggunakan energi surya yang dapat memenuhi kebutuhan pencahayaan di tambang batubara terbuka dengan efisien dan biaya yang ekonomis. Penelitian ini menganalisis potensi energi surya di Desa Batuah, Kalimantan Timur, dengan GHI mencapai 4,267 kWh/m² per hari, sebagai dasar perancangan sistem pencahayaan berbasis energi surya. Sistem dirancang menggunakan lampu LED dan Halogen berdaya rendah dengan lumen tinggi, serta tinggi tiang ditentukan melalui simulasi regresi linear untuk mengoptimalkan pencahayaan. Metodologi melibatkan pendekatan kuantitatif dan kualitatif, mencakup identifikasi sumber energi, perhitungan kebutuhan energi, dan pemilihan komponen utama seperti panel surya, baterai, serta lampu. Simulasi menunjukkan bahwa kombinasi 1 lampu LED dan 1 lampu Halogen pada tinggi tiang 8 meter dengan sudut reflektor 20,8° dapat menghasilkan pencahayaan sebesar 24,3 lux dengan kebutuhan daya 150 Watt. Sistem ini juga mempertimbangkan faktor-faktor seperti distribusi cahaya, kebutuhan visual pekerja, dan jarak aman dengan aktivitas alat berat. Penelitian menunjukkan bahwa sistem pencahayaan bergerak berbasis energi surya memiliki efisiensi tinggi, keandalan baik, dan penghematan biaya operasional jangka panjang dibandingkan energi fosil. Total biaya pembuatan dan perawatan selama tiga tahun mencapai Rp 239.986.461, menjadikannya lebih ekonomis dibandingkan penggunaan energi fosil. Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem pencahayaan bergerak berbasis energi surya merupakan solusi efisien dan berkelanjutan untuk area pertambangan batubara terbuka, sekaligus mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan emisi karbon. Hasilnya berkontribusi pada pengembangan teknologi pencahayaan berbasis energi terbarukan serta memberikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut di aspek teknologi, pelatihan, dan kolaborasi.

Kata kunci: sistem pencahayaan, energi surya, tambang batubara, efisiensi energi, emisi karbon, analisis ekonomi.

ABSTRACT

KUKUH PRIYO PRAMONO (2022910022). Renewable Energy Mobile Lighting System Design for Coal Mining. Under the Guidance of Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Si; Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp, M.Eng.

This research examines the problem of lighting in open-pit coal mining areas that is less than optimal and expensive, especially when using fossil energy sources. This condition raises the need for an efficient and sustainable lighting system using renewable energy sources, such as solar energy. This research aims to design a mobile lighting system using solar energy that can meet the lighting needs in open coal mines efficiently and at an economical cost. This research analyzes the potential of solar energy in Batuah Village, East Kalimantan, with a GHI of 4.267 kWh/m² per day, as a basis for designing a solar energy-based lighting system. The system was designed using low-power, high-lumen LED and Halogen lamps, and pole height was determined through linear regression simulation to optimize lighting. The methodology involved both quantitative and qualitative approaches, including identification of energy sources, calculation of energy requirements, and selection of key components such as solar panels, batteries, and lamps. The simulation shows that a combination of 1 LED and 1 Halogen lamp at a pole height of 8 meters with a reflector angle of 20.8° can produce 24.3 lux of illumination with a power requirement of 150 Watts. The system also considers factors such as light distribution, visual needs of workers, and safe distance to heavy equipment activities. Research shows that solar energy-based mobile lighting systems have high efficiency, good reliability, and long-term operational cost savings compared to fossil energy. The total cost of manufacturing and maintenance over three years reached Rp 239,986,461, making it more economical than the use of fossil energy. The study concluded that a solar energy-based mobile lighting system is an efficient and sustainable solution for open-pit coal mining areas, while reducing dependence on fossil energy and carbon emissions. The results contribute to the development of renewable energy-based lighting technology and provide recommendations for further development in the aspects of technology, training and collaboration.

Keywords: lighting system, solar energy, coal mine, energy efficiency, carbon emission, economic analysis.

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

Judul Tesis : Rancangan Sistem Pencahayaan Bergerak dengan
Sumber Energi Terbarukan untuk Operasi
Pertambangan Batubara
Nama : Kukuh Priyo Pramono
NIM : 2022910022

Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji

Dr.Ir.As Natio Lasman
(KetuaPenguji)

Dr. Muhammad Syukri Nur, M,Si
(Anggota/ Penguji)

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

Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat
(Anggota Penguji)

Mengetahui

Ketua Program Studi

Direktur Pascasarjana

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

(Dr.Ir. As Natio Lasman)

Tanggal Ujian :
Tanggal Yudisium :

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul " Rancangan Sistem Pencahayaan Bergerak Energi Terbarukan untuk Pertambangan Batubara." Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Universitas Darma Persada.

Penyusunan tesis ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Si, selaku pembimbing utama yang telah memberikan arahan, saran, dan dukungan yang sangat berarti selama proses penyusunan tesis ini.
2. Bapak Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp, M.Eng, selaku Kepala Jurusan Pascasarjana Teknik Energi Terbarukan, Universitas Darma Persada. yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan studi ini.
3. Ibu, Bapak dan Istri adalah keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan moril serta materiil yang tiada henti.
4. Mahasiswa Angkatan 2022 Genap di Program Studi Teknik Energi Terbarukan, yang telah berbagi ilmu dan pengalaman serta menjadi sumber inspirasi dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan tangan terbuka menerima segala bentuk saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan karya ini.

Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan dan dapat menjadi kontribusi yang berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang sistem pencahayaan energi terbarukan.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 30 November 1988 sebagai anak sulung dari pasangan Bapak Edy Purwanto dan Ibu Unun Nadhiroh.

Pada tahun 2007, penulis diterima di Institut Teknologi Nasional Malang, Jurusan Teknik Industri, dan menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) pada tahun 2011 dengan predikat cum laude. Selama masa studi, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi kemahasiswaan dan beberapa kali mengikuti seminar, pelatihan, serta workshop yang berkaitan dengan bidang keindustrian.

Setelah menyelesaikan pendidikan S1, penulis bekerja sebagai karyawan di PT Pamapersada Nusantara dari tahun 2011 hingga 2021, dengan jabatan terakhir sebagai *Operation Research Expert Team Leader*. Lalu berpindah perusahaan ke PT Ansaf Inti Resources dari tahun 2022 sampai sekarang, dengan jabatan terakhir sebagai *Corporate Strategy and Improvement (CSI) Manager*. Selama karir, penulis bekerja dalam bidang pertambangan batubara. Selama bekerja, penulis terlibat dalam berbagai program dan membuat *improvement* yang inovatif demi menunjang tujuan perusahaan.

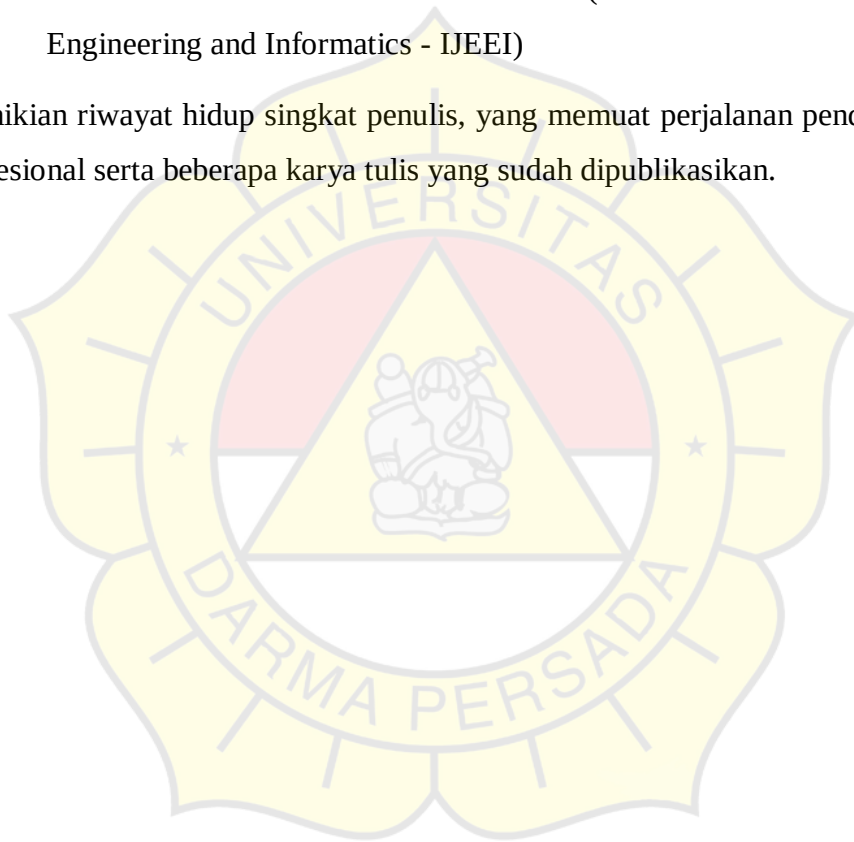
Tahun 2022 penulis menempuh pendidikan pascasarjana di Universitas Darma Persada dengan Jurusan Teknik Energi Terbarukan. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif membuat buku dan publikasi ilmiah. Berikut beberapa hasil penulisan yang terbit selama menjadi mahasiswa pascasarjana:

1. Buku Sistem Manajemen Energi: Sebuah Perspektif dalam Menghadapi Era Transisi Energi (diterbitkan ITB Press, ISBN 978-623-297-460-9)
2. Buku SISTEM BIOENERGI: Teknologi Hijau untuk Masa Depan Berkelanjutan (diterbitkan Penerbit Lakeisha, ISBN 978-623-119-269-1)
3. *Recent Research Progress on Sustainable Energy Management System Based on Energy Efficiency and Renewable Energy* (Bio Web of Conferences <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410400012>)
4. Sistem Pencahayaan dalam Operasi Pertambangan – Tinjauan Makalah (Submit di Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (JINTEKS) DOI <https://doi.org/10.51401/jinteks.v6i2.4002> dan Pemenang Makalah

Terbaik di Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Sains Tahun 2023 di Universitas Teknologi Sumbawa)

5. *Business Model Canvas* Pada Usaha Penjualan Box Baterai Motor Listrik (Submit di Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (JINTEKS) DOI <https://doi.org/10.51401/jinteks.v6i2.4001> dan dipaparkan di Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Sains Tahun 2023 di Universitas Teknologi Sumbawa)
6. *Exploration of Energy Efficiency Programs in Manufacturing Industry 4.0: A Review and Future Research Directions* (Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics - IJEEI)

Demikian riwayat hidup singkat penulis, yang memuat perjalanan pendidikan dan profesional serta beberapa karya tulis yang sudah dipublikasikan.



Dipersembahkan untuk



UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur dan bangga, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusinya dalam penyusunan tesis ini.

Pertama, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan kekuatan yang telah diberikan kepada saya sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.

Selanjutnya, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada pembimbing tesis saya, Bapak Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Si dan Bapak Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp, M.Eng; atas bimbingan, nasihat, dan motivasinya yang tiada henti selama proses penelitian dan penulisan tesis ini. Tanpa bimbingan beliau, tesis ini tidak akan bisa terselesaikan dengan baik.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada para dosen di Pascasarjana Teknik Energi Terbarukan Universitas Darma Persada yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama masa studi saya.

Tidak lupa, saya mengucapkan terima kasih kepada keluarga tercinta, terutama orang tua dan istri saya, yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan kasih sayang yang tak terhingga. Dukungan mereka adalah sumber kekuatan terbesar bagi saya.

Terima kasih juga kepada teman-teman sejawat dan semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap tesis ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan dapat menjadi referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya. Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu saya.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	I
ABSTRAK.....	II
ABSTRACT	III
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS.....	IV
KATA PENGANTAR.....	V
RIWAYAT HIDUP	VI
UCAPAN TERIMA KASIH.....	IX
DAFTAR ISI.....	X
DAFTAR GAMBAR.....	XII
DAFTAR TABEL	XIV
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	XV
DAFTAR LAMPIRAN	XVI
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pencahayaan pada Tambang Terbuka.....	7
2.2 Sumber Penerangan pada Tambang Terbuka	10
2.3 Teknologi Penerangan pada Tambang Terbuka	10
2.4 Desain Penerangan pada Tambang Terbuka	13
2.5 Biaya Penerangan pada Tambang Terbuka	14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Peralatan dan Bahan.....	17
3.3 Alur dan Skema Penelitian.....	18

3.4	Identifikasi Sumber Energi Surya.....	18
3.5	Perancangan Sistem Penerangan	19
3.5.1	Rancangan Teknologi	20
3.5.2	Perhitungan Teknis dan Kebutuhan Energi.....	26
3.5.3	Rancangan Sistem.....	28
3.5.4	Estimasi Biaya	33
3.6	Analisis Pemanfaatan Sistem dan Teknologi.....	33
3.7	Analisis Ekonomi	33
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1	Hasil.....	35
4.1.1	Identifikasi Sumber Energi Surya.....	35
4.1.2	Perancangan Sistem Penerangan	36
4.2	Pembahasan.....	57
4.2.1	Analisa Pemanfaatan Sistem dan Teknologi.....	57
4.2.2	Analisa Ekonomi	58
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....		62
LAMPIRAN		67

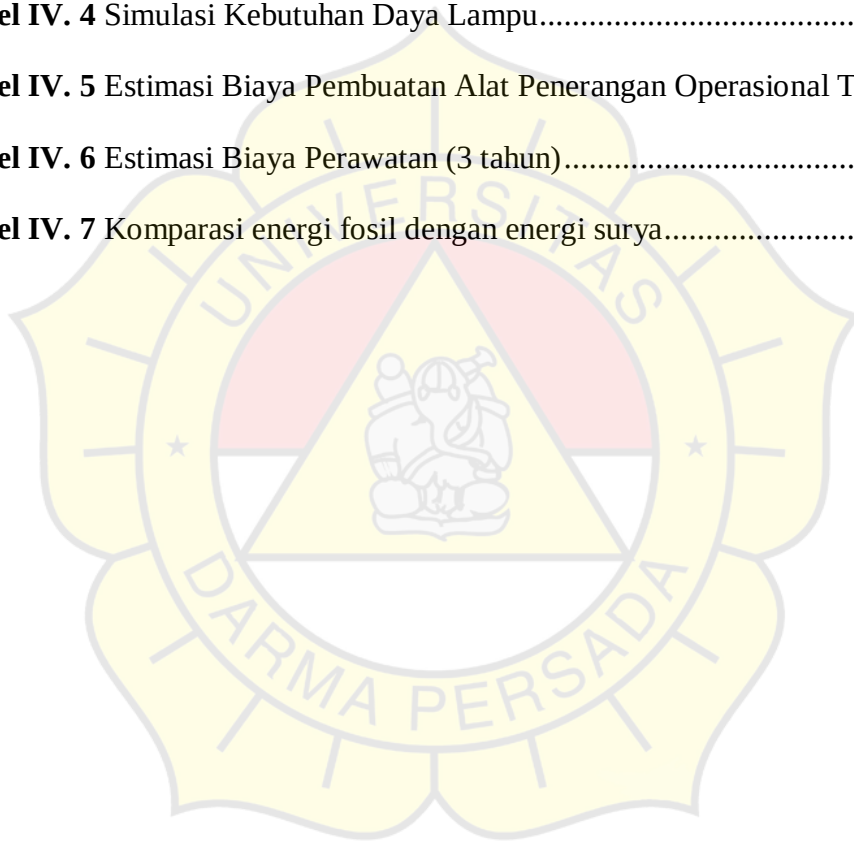
DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Tambang Terbuka.....	2
Gambar I. 2 Tambang Bawah Tanah	2
Gambar I. 3 Penerangan di Tambang Terbuka	2
Gambar I. 4 Penerangan di Tambang Bawah Tanah.....	2
Gambar II. 1 Lampu Fluorescent.....	11
Gambar II. 2 Lampu HPMV.....	11
Gambar II. 3 Lampu LED	11
Gambar II. 4 Perbandingan Lumen dan Daya Lampu (farreys.com)	12
Gambar III. 1 Alur dan Skema Penelitian.....	18
Gambar III. 2 Tampak Samping Sketsa Penerangan di Tambang.....	21
Gambar III. 3 Cosine Law oleh Wongphattarakul and Trakulsuk, 1996 [31]	21
Gambar III. 4 Sketsa Tampak Samping.....	22
Gambar III. 5 Sketsa Tampak Atas	22
Gambar III. 6 Sketsa dengan Menggunakan Reflektor.....	23
Gambar III. 7 Dinamo Motor Listrik 200 Watt.....	27
Gambar III. 8 Produk Solar Tower Lamp [38].....	32
Gambar III. 9 Produk Solar Tower Lamp [39].....	32
Gambar IV. 1 Potensi Energi Surya Desa Batuah (globalsolaratlas.info).....	36
Gambar IV. 2 Hasil Regresi Linear	38
Gambar IV. 3 Simulasi Tinggi Lampu dengan Perubahan Lux antar Tinggi Lampu Setiap 0,5 meter.....	39
Gambar IV. 4 Dimensi Penerangan (Tampak Samping).....	40
Gambar IV. 5 Sketsa penempatan alat	40

Gambar IV. 6 Visualisasi opsi penempatan <i>mobile tower lamp</i>	41
Gambar IV. 7 Memasukkan koordinat lokasi penelitian.....	44
Gambar IV. 8 <i>Monthly Meteo</i>	44
Gambar IV. 9 Memasukkan kebutuhan daya	46
Gambar IV. 10 <i>Hourly Distibution Energy</i>	46
Gambar IV. 11 Memilih baterai.....	47
Gambar IV. 12 Menghitung Modul Solar PV	48
Gambar IV. 13 Energi solar PV, kebutuhan dan kapasitas baterai.....	48
Gambar IV. 14 <i>Project dan System Summary</i>	49
Gambar IV. 15 Detail PV dan baterai	50
Gambar IV. 16 Desain lampu LED (a) dan lampu Halogen (b)	50
Gambar IV. 17 Desain armature (a) dan posisi lampu (b)	51
Gambar IV. 18 Desain modul panel surya	52
Gambar IV. 19 Desain Baterai.....	52
Gambar IV. 20 Desain Body	52
Gambar IV. 21 Isi didalam body.....	53
Gambar IV. 22 Desain tiang lampu	54
Gambar IV. 23 Desain alat penerangan.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Jenis Lampu.....	10
Tabel III. 2 Rangkuman Penelitian Widiarto, 2017 [33].....	25
Tabel IV. 1 Spesifikasi Lampu LED dan Halogen	36
Tabel IV. 2 Tabel Simulasi Tinggi Lampu.....	37
Tabel IV. 3 Simulasi Perhitungan Lux.....	42
Tabel IV. 4 Simulasi Kebutuhan Daya Lampu.....	43
Tabel IV. 5 Estimasi Biaya Pembuatan Alat Penerangan Operasional Tambang	56
Tabel IV. 6 Estimasi Biaya Perawatan (3 tahun).....	56
Tabel IV. 7 Komparasi energi fosil dengan energi surya.....	59



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
SINGKATAN		
IEA	International Energy Agency	7
CFL	Compact Fluorescent Lamp	8
LED	Light Emitting Diode	8
PV	Photovoltaic	8
OB	Overburden	9
HEMM	Heavy Earth Moving Machinery	9
DGMS	Directorate General of Mines Safety	9
FL	Fluorescent Tube	10
HPSV	High-Pressure Sodium Vapour	10
HPMV	High-Pressure Mercury Vapour	10
pn	positif-negatif	11
CAD	Computer-Aided Design	17
SNI	Standar Nasional Indonesia	21
GHI	Global Horizontal Irradiation	34
HDI	Horizontal Diffuse Irradiation	44
IoT	Internet of Things	61
LAMBANG		
°	Derajat	17
β	Beta	21
$\angle$	Sudut	22
Δ	Delta	24
$\approx$	Hampir sama/ mendekati	38
dan seterusnya		

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komponen biaya bahan baku body alat penerangan.....	67
Lampiran 2. Panel Surya	68
Lampiran 3. Komponen biaya bahan baku tiang lampu	71
Lampiran 4. Komponen biaya bahan baku bracket lampu.....	72
Lampiran 5. Komponen biaya bahan baku armature lampu	73
Lampiran 6. Lampu LED	74
Lampiran 7. Lampu Halogen.....	76
Lampiran 8. Baterai	77
Lampiran 9. Dinamo Motor.....	78
Lampiran 10. Charge Controller dan Tower Controller	79
Lampiran 11. Inverter	83
Lampiran 12. Kabel, Seling, dll.....	85
Lampiran 13. Biaya Pengecatan	86
Lampiran 14. Biaya Tenaga Kerja.....	87
Lampiran 15. Komparasi perhitungan Alat Penerangan Energi Fossil dengan Energi Surya	88
Lampiran 16 Standar Parameter Penerangan Tambang	89