



**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING BUCK-BOOST*
CONVERTER PADA *HEATER SAND BATTERY* BERBASIS PANEL
SURYA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Diploma IV Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Disusun Oleh:
Ahmad Dzaky Al Ghozy
40040622650020

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

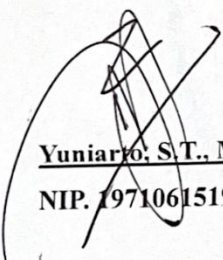
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING BUCK-BOOST CONVERTER*
PADA *HEATER SAND BATTERY* BERBASIS PANEL SURYA**

Diajukan Oleh : Ahmad Dzaky Al Khozy
NIM : 40040622650020

TELAH DISETUJI DAN DITERIMA BAIK OLEH

Dosen Pembimbing,



Yuniarto, S.T., M.T.
NIP. 197106151998021001

Tanggal 29 / 09 / 2020

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Syabri, S.T., M.Kom.
NIP. 197710012001121002

Tanggal 29 / 09 / 2020

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

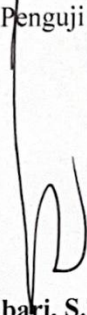
RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING BUCK-BOOST CONVERTER* PADA *HEATER SAND BATTERY* BERBASIS PANEL SURYA

Diajukan Oleh : Ahmad Dzaky Al Ghozy
NIM : 40040622650020

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal :

Hari : Selasa
Tanggal : 29 September 2026

Penguji I



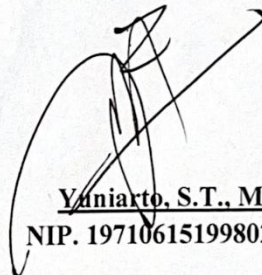
Arkhan Subari, S.T., M.Kom.
NIP. 197710012001121002

Penguji II



Fakhruddin
Mangkusasmito, S.T., M.T
NIP. 198908202019031012

Penguji III



Yuniarto, S.T., M.T.
NIP. 197106151998021001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T. M.Kom.
NIP. 197710012001121002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Dzaky Al Ghozy
NIM : 40040622650020
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen
Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas
Diponegoro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem *Monitoring Buck-Boost
Converter* Pada *Heater Sand Battery* Berbasis Panel
Surya

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu perguruan tinggi. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dituliskan atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 tahun 2010 dan peraturan perundang – undangan yang berlaku.

Semarang, 29 September 2026



Ahmad Dzaky Al Ghozy
NIM. 40040622650020

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini dengan penuh rasa syukur dan terima kasih saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT, atas segala nikmat, rahmat, dan pertolongan-Nya yang selalu memberikan petunjuk, kekuatan, serta kemudahan kepada saya dalam menjalani setiap proses hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
2. Kepada kedua Orang Tua atas segala cinta, doa, dukungan yang tidak pernah berhenti diberikan. Terima kasih telah menjadi alasan terbesar bagi saya untuk terus melangkah dan menyelesaikan pendidikan ini.
3. Kepada Aa dan Tete, terima kasih atas perhatian, dukungan, nasihat, serta semangat yang selalu diberikan selama proses perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini. Kehadiran kalian menjadi salah satu sumber semangat bagi saya untuk terus berusaha.
4. Kepada Nathania Auryn Viera, selaku support system yang selalu memberikan semangat, perhatian, dukungan, serta menjadi tempat berbagi cerita selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah menemani berbagai proses, baik dalam keadaan mudah maupun sulit, hingga akhirnya saya dapat sampai pada tahap ini.
5. Grup Anak Soleh, Ipan, Fitra, dan Irul, terima kasih atas pertemanan, kebersamaan, candaan, dukungan, serta berbagai cerita yang telah menemani perjalanan saya selama masa perkuliahan. *Long live friendship.*
6. Rekan-rekan Koncet dan Barak, terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dukungan, serta berbagai pengalaman yang telah diberikan selama perjalanan perkuliahan. Semoga setiap cerita dan kebersamaan yang telah dilalui tetap menjadi kenangan yang baik di kemudian hari.
7. Kepada semua rekan-rekan Teknik Listrik Industri 2022 yang selalu memberikan dukungan, kebersamaan, dan motivasi, menjadi teman perjalanan yang luar biasa dalam menempuh masa-masa perkuliahan.

8. *Club* kebanggaan PERSIB BANDUNG, terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan saya di perkuliahan. Juara Hattrick menjadi bukti bahwa keberhasilan lahir dari kerja keras, konsistensi, keyakinan, dan keberanian untuk terus bangkit di setiap tantangan. PERSIB bukan sekedar klub sepak bola, tapi rasa cinta yang tulus dan nyata. *forever blue lads club*.
9. Kepada CIREBOYS, terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan, persaudaraan, dan kecintaan saya kepada PERSIB BANDUNG. Dari perjalanan tandang, nyanyian, hingga kebersamaan di luar stadion, saya belajar bahwa mendukung bukan hanya soal hadir saat menang, tetapi tentang tetap berjuang bersama dalam keadaan apa pun. Semangat kebersamaan itu yang selalu saya bawa dalam menjalani perjalanan perkuliahan hingga. Cirebon Blood, Persib Heart.
10. Kepada OASIS, terima kasih telah menjadi soundtrack di fase perjalanan ini. Ada sesuatu dari musik kalian yang selalu mengingatkan bahwa hidup tidak harus selalu dipahami seluruhnya untuk tetap dijalani. Kadang cukup terus melangkah, membawa sedikit keyakinan bahwa esok masih menyimpan sesuatu yang layak ditunggu. *“Some might say we will find a brighter day”*.
11. Kepada diri saya sendiri, terima kasih karena telah bertahan, berusaha, dan terus melangkah hingga sampai pada titik ini. Terima kasih karena tidak menyerah ketika menghadapi berbagai kesulitan dan tetap percaya bahwa setiap proses yang dijalani akan membawa pada hasil yang baik. Semoga pencapaian ini menjadi awal untuk perjalanan dan pencapaian berikutnya.

ABSTRAK

Tegangan yang dihasilkan panel surya dapat mengalami perubahan akibat kondisi penyinaran matahari, sehingga tegangan yang diterima oleh *heater* pada sistem *sand battery* juga dapat berubah selama alat beroperasi. Penelitian ini bertujuan merancang sistem *monitoring* serta menganalisis kinerja *buck-boost converter* dalam mengatur tegangan dari panel surya sebelum diteruskan menuju *heater*. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pengolah data, rangkaian *voltage divider* untuk membaca tegangan *input* dan *output*, sensor ACS712 untuk membaca arus beban, LCD 16×2 I2C sebagai media *monitoring* lokal, serta Google Spreadsheet sebagai media penyimpanan dan pemantauan data. Metode penelitian dilakukan melalui tahap perancangan, pembuatan, dan pengujian alat. Pengujian dilakukan pada dua kondisi, yaitu menggunakan *buck-boost converter* pada tanggal 15–17 September 2026 dan tanpa *buck-boost converter* pada tanggal 18–20 September 2026. Data diambil pada pukul 09.00–15.00 dengan interval setiap 5 menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan *buck-boost converter* menghasilkan rata-rata tegangan beban sebesar 38,238 V dengan rentang perubahan 4,944 V, sedangkan tanpa *buck-boost converter* diperoleh rata-rata tegangan sebesar 36,462 V dengan rentang 5,449 V. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada pengujian yang dilakukan, penggunaan *buck-boost converter* menghasilkan tegangan beban yang lebih tinggi dengan rentang perubahan yang lebih kecil, sehingga kondisi tegangan pada beban menjadi lebih terkendali. Sistem *monitoring* juga mampu menampilkan tegangan input, tegangan output, dan arus melalui LCD serta menyimpan data pengukuran secara otomatis ke Google Spreadsheet setiap 5 menit.

Kata Kunci: *Buck-Boost Converter, Heater, Sand Battery, Panel Surya, ESP32, Monitoring Tegangan.*

ABSTRACT

The voltage generated by solar panels can change due to variations in sunlight conditions, causing the voltage supplied to the heater in the sand battery system to fluctuate during operation. This study aims to design a monitoring system and analyze the performance of a buck-boost converter in regulating the voltage from the solar panel before it is supplied to the heater. The system uses an ESP32 as the main data processor, a voltage divider circuit to measure input and output voltage, an ACS712 sensor to measure load current, a 16×2 I2C LCD for local monitoring, and Google Spreadsheet for data storage and monitoring. The research method consists of system design, device construction, and testing. Testing was carried out under two conditions, namely using a buck-boost converter on September 15–17, 2026, and without a buck-boost converter on September 18–20, 2026. Data were collected from 09:00 to 15:00 at 5-minute intervals. The test results show that the use of the buck-boost converter produced an average load voltage of 38.238 V with a voltage range of 4.944 V, while the system without the buck-boost converter produced an average voltage of 36.462 V with a range of 5.449 V. These results indicate that, under the tested conditions, the use of the buck-boost converter produced a higher load voltage with a smaller voltage variation, making the load voltage more controlled. The monitoring system was also able to display input voltage, output voltage, and current on the LCD and automatically store the measurement data in Google Spreadsheet every 5 minutes.

Keywords: Buck-Boost Converter, Heater, Sand Battery, Solar Panel, ESP32, Voltage Monitoring.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga pada kesempatan kali ini dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem *Monitoring Buck-Boost Converter* Pada *Heater Sand Battery* Berbasis Panel Surya”. Dalam kesempatan ini, mengucapkan terima kasih atas bimbingan, arahan, serta bantuan moril maupun materil yang telah diberikan oleh pihak-pihak yang membantu sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Dengan hormat, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat-Nya, yang telah memberikan petunjuk serta kemudahan dalam penyusunan Tugas Akhir.
2. Kedua Orang Tua atas cinta, doa, dukungan, dan segala pengorbanan yang tiada henti. Kalian adalah alasan utama dan inspirasi bagi setiap langkah yang kuambil.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri. Terima kasih atas perhatian dan dedikasi dalam memimpin program studi yang menjadi tempat saya menimba ilmu.
5. Dosen Pembimbing Tugas Akhir Bapak Yuniarto, S.T., M.T., terima kasih atas segala bimbingan, ilmu, dan kesabaran yang telah diberikan dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
6. Seluruh staf pengajar dan karyawan Program Studi Teknik Listrik Industri, atas segala bantuan dan ilmu yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
7. Semua rekan-rekan Teknik Listrik Industri 2022 yang selalu memberikan dukungan, kebersamaan, dan motivasi, menjadi teman perjalanan yang luar biasa dalam menempuh masa-masa perkuliahan.
8. Kepada seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun maupun semua pihak terutama mahasiswa Teknik Listrik Industri. Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik.

Semarang, 29 September 2026

Ahmad Dzaky Al Ghozy

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	5
1.4.2 Manfaat Praktis	5
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Energi Terbarukan	8
2.2.2 Panel Surya.....	9
2.2.3 <i>Sand Battery</i>	13
2.2.4 <i>Buck-Boost Converter</i>	14
2.2.5 Rangkaian Pembagi Tegangan (<i>Voltage Divider</i>).....	17
2.2.6 Mikrokontroler ESP32	18
2.2.7 <i>Internet of Things (IoT)</i>	20

2.2.8	Google Spreadsheet.....	22
2.2.9	Sensor Arus ACS712	23
2.2.10	Elemen <i>Heater</i> 500 Watt	25
BAB III PERANCANGAN ALAT		26
3.1	Perancangan Perangkat Keras.....	26
3.1.1	Diagram Blok	26
3.1.2	<i>Schematic Diagram</i>	28
3.1.3	Wiring Diagram.....	28
3.1.4	Perancangan PCB Kontroler	31
3.1.5	Rangkaian Sumber Daya dengan ESP32	31
3.1.6	Rangkaian LCD I2C 16x2.....	32
3.1.7	Rangkaian <i>Voltage Divider</i>	33
3.1.8	Rangkaian ACS712	36
3.1.9	Rangkaian PLTS ke <i>Buck-Boost Converter</i>	37
3.1.10	Desain 3D Alat	39
3.2	Perancangan Perangkat Lunak.....	40
3.2.1	<i>Flowchart System</i>	40
3.2.2	Cara Kerja Sistem.....	41
BAB IV PEMBUATAN ALAT		43
4.1	Pembuatan <i>Prototype</i>	43
4.2	Alat dan Bahan	44
4.3	Pembuatan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	46
4.3.1	Pembuatan PCB Kontroler	46
4.3.2	Pembuatan Kontroler Utama	51
4.4	Pembuatan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	52
4.4.1	Konfigurasi Sensor Arus ACS712	53
4.4.2	Konfigurasi Pembaca Tegangan <i>Input Buck-Boost</i>	54
4.4.3	Konfigurasi Pembaca Tegangan <i>Output Buck-Boost</i>	55
4.4.4	Konfigurasi LCD 16X2 I2C	56
4.4.5	Pengiriman Data ke Google Spreadsheet	57
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT		59

5.1	Pengujian dan Analisa Alat	59
5.2	Prosedur Pengujian	59
5.3	Penutian Menggunakan <i>Buck-Boost Converter</i>	59
5.4	Pengujian Tidak Menggunakan <i>Buck-Boost Converter</i>	63
5.5	Perbandingan Antara Menggunakan <i>Buck-Boost Converter</i> dan Tidak Menggunakan <i>Buck-Boost Converter</i>	66
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		70
6.1	Kesimpulan	70
6.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA		73
LAMPIRAN		75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Panel Surya.....	10
Gambar 2. 2 Skema Rangkaian Utama Buck-Boost Converter	14
Gambar 2. 3 Rangkaian Voltage Divider	18
Gambar 2. 4 Mikrokontroler ESP32	19
Gambar 2. 5 Pin Out ESP32.....	19
Gambar 2. 6 Alur Internet of Things (IoT)	21
Gambar 2. 7 Sensor Arus ACS712	24
Gambar 2. 8 Elemen Heater	25
Gambar 3. 1 Diagram Blok	27
Gambar 3. 2 Schematic Diagram	28
Gambar 3. 3 Wiring Diagram.....	28
Gambar 3. 4 Desain Komponen PCB	31
Gambar 3. 5 Rangkaian Sumber Daya dengan ESP32	31
Gambar 3. 6 Rangkaian LCD I2C 16x2.....	33
Gambar 3. 7 Rangkaian Voltage Divider.....	34
Gambar 3. 8 Rangkaian ACS712	36
Gambar 3. 9 Rangkaian PLTS ke Buck-Boost Converter.....	38
Gambar 3. 10 Desain 3D Alat	40
Gambar 3. 11 Flowchart.....	41
Gambar 4. 1 Schematic Diagram	48
Gambar 4. 2 Desain Board	48
Gambar 4. 3 Proses Etching dan Pelubangan PCB	49
Gambar 4. 4 Penyolderan PCB	50
Gambar 4. 5 Desain Penempatan Komponen 3D.....	51
Gambar 4. 6 Proses Pelubangan PCB	51
Gambar 4. 7 Proses Perakitan Komponen.....	52
Gambar 4. 8 Library dan Konfigurasi Awal ACS712	53
Gambar 4. 9 Variabel Pembacaan Arus.....	53
Gambar 4. 10 Kalibrasi ACS712.....	54

Gambar 4. 11 Konfigurasi Pembagi Tegangan dan Kalibrasi Input.....	55
Gambar 4. 12 Proses Pembacaan Tegangan Input Buck-Boost	55
Gambar 4. 13 Konfigurasi Pembaca Tegangan Output Buck-Boost.....	56
Gambar 4. 14 Proses Tampilan Data pada LCD	56
Gambar 4. 15 Inisialisasi LCD pada setup()	57
Gambar 4. 16 Inisialisasi Koneksi Google Spreadsheet	57
Gambar 4. 17 Proses Pengiriman Data ke Google Spreadsheet.....	58
Gambar 4. 18 Pengaturan Pengiriman Setiap 5 Menit.....	58
Gambar 5. 1 Grafik Pembacaan Data 15 September 2026.....	60
Gambar 5. 2 Grafik Pembacaan Data 16 September 2026.....	61
Gambar 5. 3 Grafik Pembacaan Data 17 September 2026.....	62
Gambar 5. 4 Grafik Pembacaan Data 18 September 2026.....	64
Gambar 5. 5 Grafik Pembacaan Data 19 September 2026.....	65
Gambar 5. 6 Grafik Pembacaan Data 20 September 2026.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Spesifikasi Panel Surya	11
Tabel 2- 2 Komponen Utama Buck Boost Converter	15
Tabel 2- 3 Tabel Spesifikasi ESP32	20
Tabel 2- 4 Spesifikasi ACS712	25
Tabel 3- 1 Rangkaian LCD I2C 16x2	33
Tabel 3- 2 Rangkaian ACS712	37
Tabel 4- 1 Tabel Alat	45
Tabel 4- 2 Tabel Bahan	45
Tabel 5- 1 Tabel Perbandingan perhari	67
Tabel 5- 2 Tabel Perbandingan	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengujian Menggunakan <i>Buck-Boost Converter</i>	75
Lampiran 2. Data Pengujian Tanpa <i>Buck-Boost Converter</i>	81
Lampiran 3. Pemrograman Rancang Bangun	87
Lampiran 4. Pembuatan dan Pengujian Alat	105