



TUGAS AKHIR

**KONVERSI DAN TRANSFER ENERGI TERMAL DARI PANEL SURYA
KE BATERAI PASIR SEBAGAI MEDIA PENYIMPANAN PANAS UNTUK
SISTEM PEMANAS UDARA**

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Oleh :
Khaila Fayyaza
40040621650062

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2025**

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**KONVERSI DAN TRANSFER ENERGI TERMAL DARI PANEL SURYA
KE BATERAI PASIR SEBAGAI MEDIA PENYIMPANAN PANAS UNTUK
SISTEM PEMANAS UDARA**

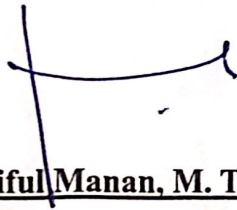
Diajukan Oleh:

Nama : Khaila Fayyaza

NIM : 40040621650062

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH :

Dosen Pembimbing,



Ir. Saiful Manan, M. T
NIP.196104221987031001

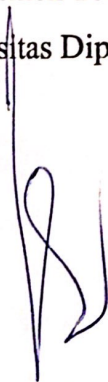
Tanggal 14 Agustus 2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri

Departemen Teknik Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



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

Tanggal 14 Agustus 2025

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

KONVERSI DAN TRANSFER ENERGI TERMAL DARI PANEL SURYA KE BATERAI PASIR SEBAGAI MEDIA PENYIMPANAN PANAS UNTUK SISTEM PEMANAS UDARA

Diajukan Oleh:

Nama : Khaila Fayyaza

NIM : 40040621650062

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI PADA:

Hari : Rabu

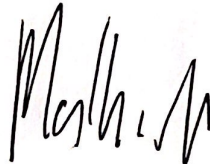
Tanggal : 14 Agustus 2025

Penguji I



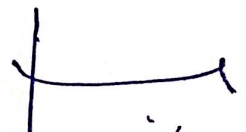
Dista Yoel Tadeus, S.T, M. T
NIP. 198812282015041002

Penguji II



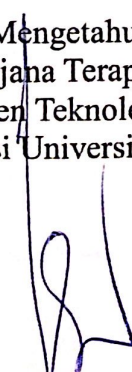
Fakhruddin Mangkusasmitho, S.T, M. T
NIP. 198908202019031012

Penguji III



Ir. H. Saiful Manan, M. T
NIP. 196104221987031001

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



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama	:	Khaila Fayyaza
NIM	:	40040621650062
Proram Studi	:	Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
Judul Tugas Akhir	:	KONVERSI DAN TRANSFER ENERGI TERMAL DARI PANEL SURYA KE BATERAI PASIR SEBAGAI MEDIA PENYIMPANAN PANAS UNTUK SISTEM PEMANAS UDARA

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu 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, 13 Agustus 2025



Khaila Fayyaza

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, karya tulis ini penulis persembahkan kepada:

1. Allah SWT, atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Cinta pertama dan panutanku, Ayahanda Yaya Hendayana, pintu surgaku Ibunda Dian Rohdian dan Adik tersayang Kheenan Alfayyadh. Terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan. Tak kenal lelah mendoakan serta memberi perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai selesai. Semoga papah, bua dan kheenan sehat, panjang umur dan bahagia selalu.
3. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
5. Bapak Yuniarto, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
6. Bapak Ir. Saiful Manan, M. T selaku dosen pembimbing tugas akhir. Terimakasih atas setiap waktu, ilmu, dan bimbingan yang telah bapak berikan. Semoga bapak sehat selalu.
7. Amelia Syabina Izzati, Terimakasih banyak atas tempat cerita, segala dukungan dan doanya. Selalu sangat bersyukur bisa mengenalmu.
8. Wanita-wanita hebat TLI 21, Terimakasih sudah menjadi tempat berbagi lelah dan tawa, menemani setiap langkah dalam perjuangan ini dengan cinta dan semangat yang tak pernah padam. Kalian luar biasa!
9. Teman-teman Karimun, Adellia Zahara, Elisabeth Angel, Larasati Harianja, Gulam Awwal dan Haristya Bagas. Terimakasih atas kebersamaan yang hangat, tawa yang tak pernah habis, dan semangat yang

selalu menguatkan, kalian bagian dari perjalanan ini, bagian yang penuh warna. Semoga kalian sehat, bahagia dan sukses selalu.

10. Rekan-rekan Teknik Listrik Industri Angkatan 2021, yang telah bersama-sama berjuang sejak awal masa perkuliahan hingga menyelesaikan pendidikan ini.
11. Seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
12. Terakhir, terima kasih kepada wanita sederhana yang memiliki impian besar, namun terkadang sulit dimengerti isi kepalanya, yaitu penulis diriku sendiri, Khaila. Terima kasih telah berusaha keras untuk meyakinkan dan menguatkan diri sendiri bahwa kamu dapat menyelesaikan studi ini sampai selesai. Berbahagialah selalu dengan dirimu sendiri, Khaila. Rayakan kehadiranmu sebagai berkah di mana pun kamu menjejakkan kaki. Jangan sia-siakan usaha dan doa yang selalu kamu langitkan. Allah sudah merencanakan dan memberi porsi terbaik untuk perjalanan hidupmu. Semoga langkah kebaikan selalu menyertaimu, dan semoga Allah selalu meridhai setiap langkahmu serta menjaga mu dalam lindungan-Nya. Amiin. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan menjadi motivasi bagi penulis untuk terus berkarya.

ABSTRAK

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan semakin berkembang, terutama dalam sistem penyimpanan energi termal. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan konversi dan transfer energi termal dari panel surya ke baterai pasir sebagai media penyimpanan panas guna meningkatkan efisiensi sistem pemanas udara. Metode yang digunakan mencakup analisis efisiensi penyerapan energi oleh panel surya, mekanisme transfer panas dari panel ke baterai pasir, serta efektivitas pelepasan energi panas ke sistem pemanas udara. Berbagai parameter seperti jenis material, kapasitas panas spesifik, dan desain sistem uji untuk memperoleh kinerja maksimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baterai pasir memiliki potensi besar sebagai penyimpanan energi panas dengan efisiensi tinggi dan kehilangan energi yang minimal. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan dan keberlanjutan pemanfaatan energi surya untuk kebutuhan pemanasan udara dalam berbagai aplikasi.

Kata Kunci: Energi Surya, Baterai Pasir, Penyimpanan Panas, Transfer Energi Termal, Sistem Pemanas Udara.

ABSTRACT

The utilization of solar energy as a renewable energy source is growing, especially in thermal energy storage systems. This research aims to optimize the conversion and transfer of thermal energy from solar panels to sand batteries as a heat storage medium to increase the efficiency of the air heating system. The methods used include analyzing the efficiency of energy absorption by solar panels, the mechanism of heat transfer from panels to sand batteries, and the effectiveness of heat energy release to the air heating system. Various parameters such as material type, specific heat capacity, and system design were tested to obtain optimal performance. The results showed that the sand battery has great potential as a thermal energy storage with high efficiency and minimal energy loss. This system optimization is expected to increase the reliability and sustainability of solar energy utilization for air heating needs in various applications.

Keywords: *Solar Energy, Sand Battery, Heat Storage, Thermal Energy Transfer, Air Heating System.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “KONVERSI DAN TRANSFER ENERGI TERMAL DARI PANEL SURYA KE BATERAI PASIR SEBAGAI MEDIA PENYIMPANAN PANAS UNTUK SISTEM PEMANAS UDARA”. Laporan ini penyusun buat bertujuan untuk menjadi laporan tugas akhir sebagai syarat kelulusan serta memperoleh elar sarjana terapan Teknik Listrik Industri.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tentu tidak lepas dari dukungan, arahan dan bimbingan berbagai pihak dalam membantu penyusun memperbaiki dan menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Maka dari itu pada kesempatan kali ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak terkait yan telah membantu, yaitu:

1. Allah SWT, atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Kedua Orangtua ku dan Adik, terimakasih atas segala pengorbanan, kasih dan doa yang tak pernah putus.
3. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Dr. Ida Hayu Dwimawanti, M.m, selaku Wakil Dekan 1 Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
5. Dr. Eng. Vita Paramita, S.T., M.M, M.Eng, selaku Wakil Dekan 2 Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
6. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
7. Bapak Yuniarto, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
8. Bapak Ir. Saiful Manan, M. T selaku dosen pembimbing tugas akhir.

9. Wanita-wanita hebat TLI 21, Terimakasih sudah menjadi tempat berbagi lelah dan tawa.
10. Teman-teman Karimun, Adellia Zahara, Elisabeth Angel, Larasati Harianja, Gulam Awwal dan Haristya Bagus. Terimakasih atas segala cerita menyenangkan nya.
11. Rekan-rekan Teknik Listrik Industri Angkatan 2021, yang telah bersama-sama berjuang sejak awal masa perkuliahan hingga menyelesaikan pendidikan ini.
12. Seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
13. Terakhir, terima kasih untuk diri sendiri karna sudah bertahan dan menyelesaikan studi ini hingga selesai.

Akhir kata, penyusun berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca, terkhusus kepada mahasiswa Universitas Diponegoro, Semarang.

Semarang, 13 Agustus 2025



Khaila Fayyaza

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	2
1.2.1 Identifikasi Masalah.....	2
1.2.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1 Bagi Penulis	4
1.4.2 Bagi Mahasiswa dan Pembaca	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Tugas Akhir	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Panel Surya.....	9
2.2.2 Baterai Pasir Silika.....	11

2.2.3 Isolasi Termal	14
2.2.4 <i>Breaker DC</i>	16
2.2.5 <i>Wattmeter DC</i>	17
2.2.6 Elemen Panas (<i>Heater</i>) DC	19
2.2.7 Kipas Angin.....	21
2.2.8 Sistem Pemanas Udara.....	22
2.2.9 Hukum Konversi Energi	23
2.2.10 Konveksi Paksa	24
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR “KONVERSI DAN TRANSFER	
ENERGI TERMAL DARI PANEL SURYA KE BATERAI PASIR SEBAGAI	
MEDIA PENYIMPANAN PANAS UNTUK SISTEM PEMANAS UDARA” ...	
3.1 Perancangan Hardware	23
3.1.1 Desain 3D Alat	23
3.1.2 Diagram Blok	26
3.1.3 Cara Kerja Blok Diagram.....	28
3.1.4 Flowchart Sistem.....	31
3.2 Wiring Diagram	34
BAB IV PEMBUATAN ALAT	
4.1 Perancangan Pembuatan Alat	36
4.2 Alat dan Bahan	37
4.3 Langkah – Langkah Pembuatan Alat.....	38
4.3.1 Persiapan Wadah Baterai Pasir.....	38
4.3.2 Pengisian Media Pasir	39
4.3.3 Pemasangan Elemen Panas (<i>Heater</i>).....	39
4.3.4 Perakitan Sistem Sirkulasi Udara.....	40
4.3.5 Pemasangan Panel Surya dan Wiring.....	40
4.3.6 Pengujian Awal.....	40

BAB V PENGUKURAN DAN PENGUJIAN ALAT.....	40
5.1 Pengukuran dan Pengujian Daya Panel Surya	40
5.1.1 Analisis Perhitungan Daya Panel Surya.....	42
5.2 Pengukuran dan Pengujian Temperatur Pasir Saat Dipanaskan.....	44
5.2.1 Analisis Perhitungan Energi pada Pengujian Kenaikan Suhu Pasir	46
5.3 Pengukuran dan Pengujian Ketahanan Panas Baterai Pasir Tanpa Beban	48
5.3.1 Analisis Perhitungan Ketahanan Panas Baterai Pasir Tanpa Beban.....	51
5.4 Pengukuran dan Pengujian Distribusi Panas Udara	53
5.4.1 Analisis Perhitungan Distribusi Panas Udara.....	54
BAB VI PENUTUP	54
6.1 Kesimpulan	54
6.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPRAN	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Panel Surya Polikristalin 200 Wp	9
Gambar 2. 2 Baterai Pasir Silika	11
Gambar 2. 3 Breaker DC.....	16
Gambar 2. 4 Wattmeter DC.....	17
Gambar 2. 5 Heater DC.....	19
Gambar 2. 6 Kipas Angin.....	21
Gambar 2. 7 Proses Konveksi Paksa	24
Gambar 3. 1 Desain 3D Baterai Pasir Dengan Tutup Terbuka.....	23
Gambar 3. 2 Desain 3D Baterai Pasir Tampak Depan dan Sudut Atas.....	23
Gambar 3. 3 Diagram Blok	26
Gambar 3. 4 Flowchart.....	31
Gambar 3. 5 Wiring Diagram.....	34
Gambar 4. 1 Proses Persiapan Wadah Untuk Pasir	38
Gambar 4. 2 Pembuatan Pelapis Isolator	39
Gambar 4. 3 Pengisian Pasir Silika Sampai Penuh	39
Gambar 4. 4 Lokasi Pengambilan Data.....	40
Gambar 5. 1 Grafik Pengukuran Daya Panel Surya.....	42
Gambar 5. 2 Grafik Kenaikan Suhu Pasir	46
Gambar 5. 3 Grafik Penurunan Suhu Pasir	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Panel Surya Polikristalin 200 Wp.....	11
Tabel 2. 2 Spesifikasi Baterai Pasir Silika	13
Tabel 2. 3 Spesifikasi Breaker DC	17
Tabel 2. 4 Spesifikasi Wattmeter DC	19
Tabel 2. 5 Spesifikasi Kipas Angin	22
Tabel 3. 1 Alur Konversi dan Transfer Energi Panas	30
Tabel 4. 1 Peralatan Pembuatan Alat.....	37
Tabel 4. 2 Bahan Pembuatan Alat	38
Tabel 5. 1 Data Penukaran Daya Panel Surya.....	41
Tabel 5. 2 Temperatur Pasir Saat Dipanaskan	44
Tabel 5. 3 Ketahanan Panas Baterai Pasir Tanpa Beban	49
Tabel 5. 4 Distribusi Panas Udara	53
Tabel 5. 5 Hasil Energi Panas Tiap Interval	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Konversi Tegangan Termoelektrik Untuk Termokopel Tipe K59	
Lampiran 2 Dokumentasi Pribadi	60