

SKRIPSI

**ANALISIS *SHAPE-STABILIZED PHASE CHANGE MATERIAL*
BERBASIS *PARAFFIN WAX-ACTIVATED FLY ASH* SEBAGAI
THERMAL STABILIZER TERHADAP
EFISIENSI PANEL SURYA**



**Diajukan Sebagai Persyaratan Mata Kuliah
Skripsi dan Publikasi Ilmiah Program Sarjana Terapan (DIV)
Pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi DIV Teknik Energi**

OLEH:

AHMAD ZYDAN ALHABSYI

062240412346

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

PALEMBANG

2026

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS *SHAPE-STABILIZED PHASE CHANGE MATERIAL* BERBASIS *PARAFFIN WAX-ACTIVATED FLY ASH* SEBAGAI *THERMAL STABILIZER* TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA

OLEH:

Ahmad Zydan Alhabsyi

062240412346

Palembang, Juli 2026

Menyetujui,

Pembimbing I,



Isnandar Yunanto, S.ST., M.T.
NUPTK 4444770671130292

Pembimbing II,



Ir. Erlinawati, M.T.
NUPTK 3037739640230113

Mengetahui,

**Ketua Jurusan
Teknik Kimia**



Tahmid, S.T., M.T.
NIP 197201131997021001

**Koordinator Program Studi
DIV Teknik Energi**



Dr. Ir. Lety Trisnaliani, S.T., M.T.
NIP 197804032012122002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI DIV TEKNIK ENERGI
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Telp (0711) 353414, Laman: <https://polsri.ac.id> Pos El: d4energi@polsri.ac.id



Telah Diseminarkan Dihadapan Tim Penguji
di Program Diploma IV – Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Sriwijaya
Pada Tanggal 01 Juli 2026

Tim Penguji :

1. Prof. Dr. Ir. Yohandri Bow, S.T., M.S.
NUPTK 0355749650130103
2. Tahdid, S.T., M.T.
NUPTK 9445750651130062
3. Rima Daniar, S.ST., M.T.
NUPTK 9554770671230322

Tanda Tangan

()

()

()

Palembang, Juli 2026
Mengetahui,
Koordinator Program Studi
D-IV Teknik Energi



Dr. Ir. Lety Trisnaliani, S.T., M.T.
NIP 197804032012122002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI DIV TEKNIK ENERGI**

Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Telp (0711) 353414, Laman: <https://polsri.ac.id> Pos El: d4energi@polsri.ac.id

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Zydan Alhabsyi
NIM : 062240412346
Jurusan : Teknik Kimia
Program Studi : DIV Teknik Energi

Menyatakan bahwa dalam penelitian skripsi dengan judul "**Analisis Shape-Stabilized Phase Change Material Berbasis Paraffin Wax-Activated Fly Ash sebagai Thermal Stabilizer terhadap Efisiensi Panel Surya**", tidak mengandung unsur 'PLAGIAT' sesuai dengan PERMENDIKNAS No. 17 Tahun 2010.

Bila pada kemudian hari terdapat unsur-unsur plagiat dalam penelitian ini, saya bersedia diberikan sanksi peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tidak ada paksaan dari pihak manapun.

Pembimbing I,

Isnandar Yumanto, S.ST., M.T.
NUPTK 4444770671130292

Palembang, Juli 2026

Penulis,

Ahmad Zydan Alhabsyi
NIM 062240412346

Pembimbing II,

Ir. Erlinawati, M.T.
NUPTK 3037739640230113



MOTTO

“And what is the worldly life except the enjoyment of delusion”

(Q.S. Al-Hadid: 20)

“Be alone, that is the secret of invention and when ideas are born”

(Nikola Tesla, 1934)

“Awareness of ignorance is the beginning of wisdom”

(Socrates, 399 SM)

“Pressure is a privilege, it only comes to those who earn it”

“When you change the way you look at things, the things you look at change”

“Rather than waste your time making the right decision, make the decision right”

ABSTRAK

ANALISIS *SHAPE-STABILIZED PHASE CHANGE MATERIAL* BERBASIS *PARAFFIN WAX-ACTIVATED FLY ASH* SEBAGAI *THERMAL STABILIZER* TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA

(Ahmad Zydan Alhabsyi, 2026: 87 Halaman, 30 Tabel, 32 Gambar)

Peningkatan temperatur kerja menurunkan efisiensi panel surya sehingga diperlukan stabilisator termal untuk menjaga kinerjanya. Penelitian ini menganalisis *Shape-Stabilized Phase Change Material* (SSPCM) berbasis *paraffin wax-activated fly ash* sebagai *thermal stabilizer* terhadap efisiensi panel surya. *Paraffin Wax* (PW) dipilih sebagai material penyimpan kalor laten, sedangkan *Activated Fly Ash* (AFA) dari limbah PLTU dimanfaatkan sebagai matriks penyangga yang ekonomis untuk mengatasi kebocoran *paraffin wax* saat mencair. *Fly ash* diaktivasi menggunakan NaOH 2 M dengan rasio 5:1 (v/w), kemudian dikompositkan dengan *paraffin wax* pada lima variasi komposisi PW:AFA (30:70 hingga 50:50). Karakterisasi dilakukan melalui analisis *leakage test* dan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC), dilanjutkan pengujian lapangan pada panel surya *monocrystalline* 5 Wp dengan konfigurasi pelat aluminium ganda. Hasil *leakage test* menunjukkan kehilangan massa meningkat seiring kandungan *paraffin wax*; berdasarkan standar stabilitas bentuk < 2%, komposisi 30:70, 35:65, dan 40:60 dinyatakan stabil. Hasil DSC memperlihatkan temperatur leleh 50–54 °C yang sesuai dengan temperatur kerja panel, dengan komposisi 40:60 dipilih karena memiliki panas laten tertinggi (53,78 J/g). Penerapan SSPCM menurunkan temperatur permukaan panel rata-rata 3,29 °C dan meningkatkan efisiensi rata-rata dari 6,17% menjadi 8,05%, sehingga terbukti efektif sebagai *thermal stabilizer* panel surya.

Kata Kunci: SSPCM, *thermal stabilizer*, *paraffin wax*, *activated fly ash*, efisiensi panel surya.

ABSTRACT

ANALYSIS OF SHAPE-STABILIZED PHASE CHANGE MATERIAL BASED ON PARAFFIN WAX-ACTIVATED FLY ASH AS A THERMAL STABILIZER ON SOLAR PANEL EFFICIENCY

(Ahmad Zydan Alhabsyi, 2026: 87 Pages, 30 Tables, 32 Figures)

The rise in operating temperature lowers the efficiency of solar panels, thus requiring a thermal stabilizer to maintain their performance. This study analyzes a Shape-Stabilized Phase Change Material (SSPCM) based on paraffin wax–activated fly ash as a thermal stabilizer for solar panel efficiency. Paraffin wax was chosen as the latent-heat storage material, while activated fly ash from coal-fired power plant waste was utilized as an economical supporting matrix to overcome paraffin wax leakage during melting. The fly ash was activated using 2 M NaOH at a ratio of 5:1 (v/w), then composited with paraffin wax in five composition variations (30:70 to 50:50). Characterization was conducted through a leakage test and Differential Scanning Calorimetry (DSC), followed by field testing on a 5 Wp monocrystalline solar panel using a double aluminum plate configuration. The leakage test showed that mass loss increased with paraffin wax content; based on the shape-stability standard of < 2%, the 30:70, 35:65, and 40:60 compositions were stable. DSC results revealed a melting temperature of 50–54 °C, matching the panel's working temperature, with the 40:60 composition selected for its highest latent heat (53.78 J/g). Applying SSPCM reduced the panel surface temperature by an average of 3.29 °C and increased the average efficiency from 6.17% to 8.05%, thus proving effective as a solar panel thermal stabilizer.

Keywords: SSPCM, thermal stabilizer, paraffin wax, activated fly ash, solar panel efficiency.

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis sampaikan Kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul ***“Analisis Shape-Stabilized Phase Change Material Berbasis Paraffin Wax-Activated Fly Ash Sebagai Thermal Stabilizer Terhadap Efisiensi Panel Surya”***.

Penulis menyusun Skripsi ini berdasarkan hasil pengamatan dan data-data yang diperoleh pada saat melakukan penelitian di Laboratorium Satuan Operasi dan Laboratorium Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan mata kuliah skripsi dan publikasi ilmiah program sarjana terapan (DIV) pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.

Dalam melaksanakan Skripsi ini penulis telah banyak menerima bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung dan tidak langsung maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ir. Irawan Rusnadi, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Tahdid, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Isnandar Yunanto, S.ST., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, sekaligus selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan ilmu terkait penelitian hingga penyusunan laporan Skripsi serta memberikan dukungan moral pelaksanaan Skripsi.
4. Dr. Ir. Lety Trisnaliani, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi DIV Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Prof. Dr. Yohandri Bow, M.S. selaku dosen Pembimbing Akademik (PA).
6. Ir. Erlinawati, M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan ilmu terkait penelitian hingga penyusunan laporan Skripsi serta memberikan dukungan moral pelaksanaan Skripsi.
7. Seluruh Dosen dan Staff di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya Program Studi DIV Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.

8. Orang tua penulis, papa dan mama, yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, pengorbanan, serta kepercayaan yang tiada henti kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
9. Saudara-saudara penulis, yaitu Kak Abil, Kak Fadil, dan Agib, yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi, serta menjadi pengingat bagi penulis untuk terus berjuang dalam proses penyelesaian Skripsi.
10. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Energi angkatan 2022, khususnya kelas 8 EGBODACIOUS, yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis melalui kebersamaan dan pengalaman berharga selama perkuliahan.
11. Teman “kawan ono”, yang telah menghadirkan tawa, kebersamaan, dan keceriaan di sela-sela padatnya aktivitas perkuliahan serta penyusunan Skripsi, sehingga membantu penulis menjaga semangat dan keseimbangan selama proses tersebut.
12. Teman “ma gang”, yaitu Riski Apriansyah dan Zahra Ananda Lanos, serta Nadia Melisa Fitri yang juga sekaligus menjadi partner riset yang luar biasa dalam berbagai diskusi dan dedikasinya selama proses penelitian. Terima kasih kepada kalian bertiga atas segala cerita, bantuan, dan kebersamaan yang telah menjadi bagian berharga dalam perjalanan penulis menyelesaikan Skripsi ini.
13. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, baik melalui saran, doa, maupun dukungan lainnya, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan laporan ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan bagi dunia pendidikan dan ilmu pengetahuan.

Palembang, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 6
2.1 Panel Surya.....	6
2.1.1 Pengertian dan Prinsip Kerja Panel Surya	6
2.1.2 Jenis-Jenis Panel Surya.....	7
2.1.3 Parameter Kinerja Panel Surya	8
2.1.4 Iluminasi dan Iradiasi pada Panel Surya.....	10
2.1.5 Sudut Kemiringan Panel Surya.....	11
2.1.6 Teknologi Stabilisator Termal.....	12
2.2 <i>Phase Change Material</i> (PCM)	13
2.2.1 Pengertian dan Prinsip Kerja <i>Phase Change Material</i> (PCM) ..	13
2.2.2 Klasifikasi <i>Phase Change Material</i>	14
2.3 <i>Fly Ash</i>	16
2.3.1 Komposisi Kimia dan Klasifikasi <i>Fly Ash</i>	16
2.3.2 Aktivasi <i>Fly Ash</i>	17
2.4 <i>Shape-Stabilized Phase Change Material</i> (SSPCM)	18
2.5 Perpindahan Panas pada Sistem SSPCM	18
2.5.1 Konduksi.....	19
2.5.2 Konveksi	20
2.5.3 Radiasi	20
2.6 Uji Karakteristik.....	21
2.6.1 <i>Leakage Test</i>	21
2.6.2 <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC).....	22
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 24
3.1 Waktu dan Tempat.....	24
3.2 Alat dan Bahan	24
3.2.1 Alat yang Digunakan	24

3.2.2 Bahan yang Digunakan.....	25
3.3 Perlakuan dan Rancangan Percobaan.....	25
3.3.1 Perlakuan Percobaan.....	25
3.3.2 Rancangan Percobaan.....	26
3.3.3 Diagram Alir Penelitian.....	29
3.4 Pengamatan.....	30
3.5 Prosedur Percobaan.....	31
3.5.1 Prosedur Pembuatan SSPCM (<i>Shape-Stabilized Phase Change Material</i>).....	31
3.5.2 Prosedur Pengujian Karakteristik.....	32
3.5.3 Prosedur Uji Implementasi.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Hasil Penelitian.....	37
4.1.1 Hasil Analisis <i>Leakage Test</i>	37
4.1.2 Hasil Analisis <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC).....	37
4.1.3 Hasil Pengujian Temperatur Permukaan Panel Surya.....	38
4.1.4 Hasil Pengujian Efisiensi Panel Surya.....	39
4.2 Pembahasan.....	39
4.2.1 Pengaruh Komposisi <i>Paraffin Wax</i> dan <i>Activated Fly Ash</i> terhadap Stabilitas Bentuk SSPCM.....	40
4.2.2 Pengaruh Komposisi <i>Paraffin Wax</i> dan <i>Activated Fly Ash</i> terhadap Panas Laten SSPCM.....	41
4.2.3 Pengaruh SSPCM terhadap Distribusi Temperatur Permukaan Panel Surya.....	44
4.2.4 Pengaruh SSPCM terhadap Efisiensi Panel Surya.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Karakteristik <i>Paraffin Wax</i>	15
2.2 Komposisi <i>Fly Ash</i> di PLTU Sebalang	17
3.1 Alat yang Digunakan	24
3.2 Bahan yang Digunakan	25
3.3 Spesifikasi Teknis Panel Surya	28
4.1 Hasil Analisis <i>Leakage Test</i>	37
4.2 Hasil Analisis <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	38
4.3 Data Pengujian Temperatur Permukaan Panel Surya	38
4.4 Data Pengujian Efisiensi Panel Surya	39
4.5 Data Pengujian Efisiensi Panel Surya Rata-Rata Setiap Pengujian	39
LI.1 Data Analisis <i>Leakage Test</i>	59
LI.2 Data Analisis <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	60
LI.3 Data Parameter Termal dan Elektrikal Panel Surya Pengujian ke-1	61
LI.4 Data Parameter Termal dan Elektrikal Panel Surya Pengujian ke-2	62
LI.5 Data Parameter Termal dan Elektrikal Panel Surya Pengujian ke-3	63
LI.6 Data Parameter Termal dan Elektrikal Panel Surya Pengujian ke-4	64
LI.7 Data Parameter Termal dan Elektrikal Panel Surya Pengujian ke-5	65
LII.1 Hasil Perhitungan Komposisi Komposit SSPCM	68
LII.2 Hasil Perhitungan Analisis <i>Leakage Test</i>	70
LII.3 Spesifikasi Sampel SSPCM Terpilih	70
LII.4 Hasil Perhitungan Temperatur Permukaan Rata-Rata Panel Surya pada..... Pengujian ke-1	72
LII.5 Hasil Perhitungan Temperatur Permukaan Rata-Rata Panel Surya pada..... Pengujian ke-2	73
LII.6 Hasil Perhitungan Temperatur Permukaan Rata-Rata Panel Surya pada..... Pengujian ke-3	74
LII.7 Hasil Perhitungan Temperatur Permukaan Rata-Rata Panel Surya pada..... Pengujian ke-4	75
LII.8 Hasil Perhitungan Temperatur Permukaan Rata-Rata Panel Surya pada..... Pengujian ke-5	76
LII.9 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Surya pada Pengujian ke-1	78
LII.10 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Surya pada Pengujian ke-2	79
LII.11 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Surya pada Pengujian ke-3	80
LII.12 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Surya pada Pengujian ke-4	81
LII.13 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Surya pada Pengujian ke-5	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1	Efek Fotovoltaik 6
2.2	Jenis-Jenis Panel Surya (a) <i>Monocrystalline</i> , (b) <i>Polycrystalline</i> , (c)..... <i>Thin Film</i> 7
2.3	Mekanisme Perubahan Fase pada PCM 13
2.4	Klasifikasi <i>Phase Change Material</i> (PCM) 14
2.5	Bentuk <i>Paraffin Wax</i> 15
2.6	Bentuk <i>Fly Ash</i> 16
2.7	Perpindahan Panas Panel Surya dengan SSPCM 19
2.8	Alat <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)..... 22
3.1	(a) Rancangan Percobaan Panel Surya Tanpa dan Dengan SSPCM, (b).... Panel Surya Terintegrasi SSPCM 26
3.2	Dimensi Panel Surya 27
3.3	Dimensi Wadah SSPCM <i>Aluminium-Zinc</i> 27
3.4	Diagram Alir Penelitian 29
4.1	Grafik Perbandingan <i>Leakage Rate</i> SSPCM terhadap Variasi Rasio..... Komposisi..... 40
4.2	Kurva DSC pada Setiap Komposisi SSPCM..... 42
4.3	Grafik Perbandingan ΔH SSPCM terhadap Variasi Rasio Komposisi ... 43
4.4	Grafik Perbandingan Temperatur Permukaan pada Panel Surya Tanpa..... SSPCM dan Dengan SSPCM 45
4.5	Grafik Perbandingan Efisiensi pada Panel Surya Tanpa SSPCM dan..... Dengan SSPCM..... 47
4.6	Diagram Efisiensi Rata-Rata Panel Surya Tanpa SSPCM dan Dengan..... SSPCM pada Setiap Pengujian..... 49
LIII.1	(a) <i>Fly Ash</i> Sebelum Aktivasi, (b) <i>Paraffin Wax</i> , (c) NaOH Padat..... 83
LIII.2	(a) Mengayak <i>Fly Ash</i> , (b) Menimbang <i>Fly Ash</i> 83
LIII.3	(a) Pembuatan Larutan Aktivator, (b) Aktivasi <i>Fly Ash</i> , (c) Penetralan..... <i>Fly Ash</i> 83
LIII.4	(a) Pengeringan <i>Fly Ash</i> , (b) <i>Fly Ash</i> yang Telah Dikeringkan 84
LIII.5	(a) Menimbang Massa Masing-Masing Komponen, (b) Komponen..... dengan Masing-Masing Variasi Komposisi 84
LIII.6	(a) Melelehkan <i>Paraffin Wax</i> dengan Waterbath, (b) Sonikasi Sampel..... di <i>Ultrasound Cleaner</i> , (c) Hasil Komposit SSPCM 84
LIII.7	(a) Menimbang Sampel Sebelum Pemanasan, (b) Melakukan..... Pemanasan Terhadap Sampel (<i>Leakage Test</i>)..... 85
LIII.8	Massa Sampel Sebelum Pemanasan (a) PW-a, (b) PW-b, (c) PW-c, (d)..... PW-d, (e) PW-e..... 85
LIII.9	(a) Sampel Setelah Pemanasan, (b) Kondisi Kertas Saring Setelah..... Pemanasan, (c) Menimbang Sampel Setelah Pemanasan..... 85
LIII.10	Massa Sampel Setelah Pemanasan (a) PW-a, (b) PW-b, (c) PW-c, (d)..... PW-d, (e) PW-e..... 86
LIII.11	(a) Pembuatan Wadah SSPCM, (b) Pengeboran Sisi Wadah SSPCM,..... (c) Hasil Wadah SSPCM 86

LIII.12	(a) Sonikasi Komponen di <i>Ultrasound Cleaner</i> , (b) Pencetakan SSPCM, (c) Hasil SSPCM untuk Panel Surya	86
LIII.13	(a) Pengambilan Data Iluminasi, (b) Pengambilan Data Temperatur Permukaan, (c) Pengambilan Data Arus dan Tegangan Listrik	87
LIII.14	(a) Panel Surya Tanpa dan Dengan SSPCM, (b) Kondisi SSPCM Setelah digunakan	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
I Data Pengamatan.....	59
II Perhitungan.....	66
III Dokumentasi.....	83
IV Surat Menyurat.....	88