

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA DARI ABU SEKAM PADI PADA  
MATERIAL KOMPOSIT CFRP (*CARBON FIBER REINFORCED  
POLYMER*) TERHADAP SIFAT TERMAL**



*Mencerdaskan dan  
Memartabatkan Bangsa*

Oleh:

**Cahaya Asa Rahmatillah**

**1517618037**

Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam Mendapatkan Gelar  
Sarjana Teknik

**PROGRAM STUDI REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2022**

## LEMBAR PENGESAHAN I

Judul : PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA DARI ABU SEKAM PADI PADA MATERIAL KOMPOSIT CFRP (*CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*) TERHADAP SIFAT TERMAL

Penyusun : Cahaya Asa Rahmatillah

NIM : 1517618037

Pembimbing I : Dr. Himawan Hadi Sutrisno, S.T., M.T.

Pembimbing II : Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si.

Tanggal Ujian : 26 Agustus 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Himawan Hadi Sutrisno, S.T., M.T.

NIP. 198105052008121002

  
Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si.

NIP. 196806062005012001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran  
Universitas Negeri Jakarta

  
Catur Setyawan Kusumohadi, M. T., PhD.

NIP. 197102232006041001

## LEMBAR PENGESAHAN II

Judul : **PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA DARI ABU SEKAM PADI PADA MATERIAL KOMPOSIT CFRP (*CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*) TERHADAP SIFAT TERMAL**  
Nama : Cahaya Asa Rahmatillah  
No. Registrasi : 1517618037

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

NAMA DOSEN

TANDA TANGAN

TANGGAL

Dr. Himawan Hadi Sutrisno, S.T., M.T.  
NIP. 198105052008121002  
(Dosen Pembimbing I)

1 Sept. 2022

Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si.  
NIP. 196806062005012001  
(Dosen Pembimbing II)

1 Sept. 2022

Triyono, M.Eng  
NIP. 197508162009121001  
(Ketua Penguji)

2 Sept. 2022

Siska Titik Dwiyati, S.Si., M.T.  
NIP. 197812122006042002  
(Sekretaris)

3/9 2022

Dr. Riza Wirawan, S.T., M.T.  
NIP. 197804112005011003  
(Dosen Ahli)

1/9 2022

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran  
Universitas Negeri Jakarta

Catur Setyawan Kusumohadi, M. T., PhD.

NIP. 197102232006041001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Cahaya Asa Rahmatillah

NIM : 1517618037

Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 9 Maret 2000

Alamat : Jalan Petogogan I No. 27, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12160

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi saya yang berjudul "**PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA DARI ABU SEKAM PADI PADA MATERIAL KOMPOSIT CFRP (CARBON FIBER REINFORCED POLYMER) TERHADAP SIFAT TERMAL**" merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 28 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Cahaya Asa Rahmatillah

NIM. 1517618037



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
**UPT PERPUSTAKAAN**

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220  
Telepon/Faksimili: 021-4894221  
Laman: [lib.unj.ac.id](http://lib.unj.ac.id)

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : CAHAYA ASA RAHMATILLAH  
NIM : 1517618037  
Fakultas/Prodi : TEKNIK / REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN  
Alamat email : [cahaya.asa@yahoo.com](mailto:cahaya.asa@yahoo.com)

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif atas karya ilmiah:

Skripsi     Tesis     Disertasi     Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA DARI ABU SEKAM PADI PADA  
MATERIAL KOMPOSIT CFRP (CARBON FIBER REINFORCED POLYMER)  
TERHADAP SIFAT TERMAL

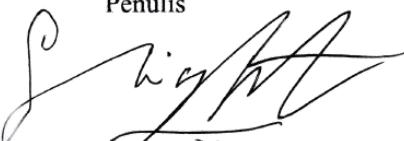
Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 5 September 2022

Penulis

  
( CAHAYA ASA R. )  
nama dan tanda tangan

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN SILIKA DARI ABU SEKAM PADI PADA MATERIAL KOMPOSIT CFRP (CARBON FIBER REINFORCED POLYMER) TERHADAP SIFAT TERMAL”** dengan baik dan tepat pada waktunya.

Laporan ini disusun sebagai syarat kelulusan untuk menyelesaikan studi S1 pada Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penulisan laporan skripsi ini, penulis mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan dukungan moral serta doa untuk penulis
2. Bapak Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D., selaku Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Universitas Negeri Jakarta
3. Bapak Dr. Himawan Hadi Sutrisno, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I
4. Ibu Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II
5. Bapak Ir. Jafar Amiruddin, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik
6. Seluruh Bapak/Ibu dosen pengajar di Prodi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Universitas Negeri Jakarta
7. Adib Muchtar Huzaefah dan Haidar Hanif sebagai rekan sekelompok penulis dalam topik penelitian ini
8. Seluruh teman-teman Prodi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Universitas Negeri Jakarta angkatan 2018

9. Keluarga besar Prodi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penyusunan laporan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca agar menjadi bahan evaluasi bagi penulis untuk kedepannya. Penulis mengharapkan laporan ini bermanfaat bagi instansi-instansi terkait serta bagi pembaca.



Jakarta, 28 Agustus 2022



Cahaya Asa Rahmatillah

## ABSTRAK

### Cahaya Asa Rahmatillah. Pengaruh Penambahan Silika dari Abu Sekam Padi pada Material Komposit CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) Terhadap Sifat Termal.

Komposit *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) merupakan material komposit bermatriks polimer yang diperkuat oleh serat karbon. Peningkatan penggunaan komposit CFRP untuk berbagai aplikasi, khususnya pada bidang otomotif menekankan pentingnya/signifikansinya dalam analisis sifat termal dari sistem rekayasa. Dalam upaya peningkatan sifat termal komposit CFRP, dilakukan eksperimen berupa penambahan silika dari abu sekam padi yang secara teori memiliki titik leleh yang tinggi dan dapat menurunkan laju rambat api pada material.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan silika dari abu sekam padi terhadap stabilitas termal komposit CFRP. Pembuatan sampel komposit menggunakan resin epoksi, serat karbon jenis *unidirectional long continuous fiber*, serta silika dari abu sekam padi dengan variasi komposisi: 0% (tanpa silika), 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Proses pembuatan dilakukan menggunakan metode *Hand Lay-Up*. Stabilitas termal semua sampel kemudian diuji menggunakan mesin *Thermogravimetric Analysis* (TGA).

Kurva termogravimetri yang dihasilkan menunjukkan data nilai indikator stabilitas termal berupa temperatur onset ekstrapolasi, perubahan massa, dan temperatur dekomposisi. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penambahan silika dari abu sekam padi sebanyak 15% merupakan sampel dengan nilai stabilitas termal tertinggi dan secara umum penambahan silika dari abu sekam padi pada komposit CFRP dapat meningkatkan sifat termalnya serta mampu menahan suhu ambien hingga 405,9 °C.

*Kata kunci:* komposit CFRP, silika, abu sekam padi, sifat termal

## **ABSTRACT**

**Cahaya Asa Rahmatillah. *The Effect of Adding Silica from Rice Husk Ash to CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) Composite on Thermal Properties.***

*Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) is a polymer matrix composite material reinforced by carbon fiber. The increasing use of CFRP composites for various applications, particularly in the automotive field, emphasizes its importance in the analysis of the thermal properties in engineering systems. In the effort to improve the thermal properties of CFRP composites, an experiment was carried out in the form of adding silica from rice husk ash which theoretically has a high melting point and can reduce the rate of fire propagation of material.*

*This research was conducted to determine the effect of the addition of silica from rice husk ash on the thermal stability of CFRP composites. Composite samples were made using epoxy resin, unidirectional long continuous carbon fiber, and silica from rice husk ash with various compositions: 0% (without silica), 5%, 10%, 15%, 20%, and 25%. The manufacturing process is carried out using the Hand Lay-Up method. The thermal stability of all samples were tested using a Thermogravimetric Analysis (TGA).*

*The resulting thermogravimetric curve generated the data of thermal stability indicators values in the form of extrapolated onset temperature, mass change, and decomposition temperature. Based on the results of the research, it can be concluded that the addition of 15% silica from rice husk ash is the sample with the highest thermal stability value and generally, the addition of silica from rice husk ash to the CFRP composite can increase its thermal properties and can withstand ambient temperatures up to 405.9 °C.*

**Keywords:** CFRP composite, silica, rice husk ash, thermal properties

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN II .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang Masalah .....	1
1.2    Identifikasi Masalah .....	2
1.3    Pembatasan Masalah.....	2
1.4    Rumusan Masalah .....	3
1.5    Tujuan Penelitian.....	3
1.6    Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	5
KAJIAN PUSTAKA .....	5
2.1    Landasan Teori .....	5
2.1.1    Komposit.....	5
2.1.2    Polimer .....	6
2.1.3 <i>Polymer Matrix Composite (PMC)</i> .....	6
2.1.4    Matriks Polimer Termoset .....	7
2.1.5    Resin Epoksi ( <i>Epoxy Resin</i> ).....	8
2.1.6    Serat Karbon ( <i>Carbon Fiber</i> ).....	10

2.1.7	Komposit <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP).....	11
2.1.8	Silika .....	14
2.1.9	Sekam Padi.....	16
2.1.10	Produksi Silika dari Abu Sekam Padi.....	17
2.1.11	Metode <i>Hand-Lay Up</i> .....	18
2.1.12	Sifat Termal CFRP .....	19
2.1.13	Degradasi CFRP pada Suhu Tinggi.....	20
2.1.14	<i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA).....	21
2.1.15	Validasi Pengujian TGA .....	22
2.2	Penelitian yang Relevan.....	23
2.3	Kerangka Teoritik.....	25
2.4	Hipotesis Penelitian .....	26
BAB III .....		27
METODOLOGI PENELITIAN .....		27
3.1.	Tempat, Waktu, dan Subjek Penelitian.....	27
3.2.	Populasi dan Sampel Penelitian .....	27
3.2.1	Populasi.....	27
3.2.2	Sampel .....	27
3.3.	Metode, Rancangan, dan Prosedur Penelitian.....	28
3.3.1.	Metode Penelitian.....	28
3.3.2.	Rancangan Penelitian .....	29
3.3.3.	Prosedur Penelitian .....	30
3.3.3.1.	Pembuatan Silika dari Abu Sekam Padi .....	30
3.3.3.2.	Pembuatan Material Komposit CFRP .....	30
3.3.3.3.	Pengujian Material .....	31
3.4.	Instrumen Penelitian .....	33
3.4.1.	Alat Penelitian .....	33
3.4.2.	Bahan Penelitian .....	37
3.5.	Teknik Pengumpulan Data.....	41
3.5.1.	Kurva Termogravimetri (TG) .....	41
3.5.1.1.	Temperatur Onset .....	42
3.5.1.2.	Perubahan Massa ( $\Delta m$ ) .....	43

3.5.2.    Kurva Turunan Pertama ( <i>Derivative Thermogravimetry/ DTG</i> ) ....	43
3.5.2.1.    Suhu puncak maksimum DTG .....	44
BAB IV .....	45
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	45
4.1.    Deskripsi Data .....	45
4.2.    Analisis Hasil Pengujian .....	47
4.2.1.    Temperatur Onset Ekstrapolasi .....	47
4.2.2.    Perubahan Massa ( $\Delta m$ ) .....	53
4.2.3.    Temperatur Dekomposisi Termal ( $T_d$ ).....	58
4.3.    Pembahasan .....	63
BAB V .....	66
KESIMPULAN DAN SARAN .....	66
5.1.    Kesimpulan .....	66
5.2.    Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA .....	67
LAMPIRAN .....	73
RIWAYAT HIDUP .....	75