

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI SILIKA (SiO₂) DARI ABU SEKAM PADI
TERHADAP SIFAT MEKANIS MATERIAL KOMPOSIT CFRP
(*CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*) DENGAN METODE
HAND LAY-UP DAN *VACUUM BAG***



*Mencerdaskan dan
Memartabatkan Bangsa*

Disusun Oleh :

LAYLA NAJWA HUSAINI

1518619010

Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

PROGRAM STUDI REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2024

LEMBAR PENGESAHAN I

Judul : PENGARUH VARIASI SILIKA (SiO_2) DARI ABU
SEKAM PADI TERHADAP SIFAT MEKANIS
MATERIAL KOMPOSIT CFRP (*CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER*) DENGAN METODE
HAND LAY-UP DAN *VACUUM BAG*

Penyusun : Layla Najwa Husaini

NIM : 1518619010

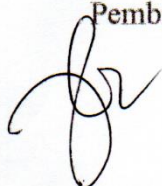
Pembimbing I : Dr. Ir. Himawan Hadi Sutrisno, M.T.

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

Tanggal Ujian : 29 Desember 2023

Disetujui oleh:

Pembimbing I



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

NIP. 198105052008121002

Pembimbing II



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

NIP. 196806062005012001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran
Universitas Negeri Jakarta



Catur Setvawan Kusumohadi, M.T., PhD.



NIP. 197102232006041001

LEMBAR PENGESAHAN II




Judul : PENGARUH VARIASI SILIKA (SiO₂) DARI ABU
SEKAM PADI TERHADAP SIFAT MEKANIS
MATERIAL KOMPOSIT CFRP (*CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER*) DENGAN METODE
HAND LAY-UP DAN *VACUUM BAG*

Penyusun : Layla Najwa Husaini
NIM : 1518619010


Telah diperiksa dan disetujui oleh:

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Dr. Ir. Himawan Hadi Sutrisno, M.T.</u> NIP. 198105052008121002 (Dosen Pembimbing I)		19/ 2024
<u>Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si.</u> NIP. 196806062005012001 (Dosen Pembimbing II)		23-1-2024

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

<u>Triyono, M.Eng.</u> NIP. 197508162009121001 (Ketua Penguji)		22-1-2024
<u>Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D</u> NIP. 197102232006041001 (Sekretaris)		19/ 2024
<u>Siska Titik Dwiyati, S.Si., M.T.</u> NIP. 197812122006042002 (Dosen Ahli)		23-1-2024

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran
Universitas Negeri Jakarta


Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D.
NIP. 197102232006041001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Layla Najwa Husaini

NIM : 1518619010

Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 23 Oktober 2001

Alamat : Jl. Walang Baru II No. 38A, RT.003/07, Kel. Tugu
Utara, Kec. Koja, Jakarta Utara, 14260

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini 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, 27 Desember 2023

Yang membuat pernyataan



Layla Najwa Husaini

NIM. 1518619010



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: 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 : LAYLA NAJWA HUSAINI
NIM : 1518619010
Fakultas/Prodi : TEKNIK/S1 REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN
Alamat email : laylanajwaa@gmail.com

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

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

yang berjudul :

PENGARUH VARIASI SILIKA (SiO_2) DARI ABU SEKAM PADI TERHADAP
SIFAT MEKANIS MATERIAL KOMPOSIT CFRP (*CARBON FIBER REINFORCED
POLYMER*) DENGAN METODE *HAND LAY-UP* DAN *VACUUM BAG*

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif 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, 31 Januari 2024

Penulis

(LAYLA NAJWA HUSAINI)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan skripsi ini yang berjudul **“PENGARUH VARIASI SILIKA (SiO₂) DARI ABU SEKAM PADI TERHADAP SIFAT MEKANIS MATERIAL KOMPOSIT CFRP (CARBON FIBER REINFORCED POLYMER) DENGAN METODE HAND LAY-UP DAN VACUUM BAG”** dapat diselesaikan diwaktu yang tepat. Skripsi ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Skripsi ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa adanya dukungan moral dan fisik dari pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, kakak, adik, serta keluarga yang selalu memberikan cinta, semangat, dukungan moral, dan 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. Ir. Himawan Hadi Sutrisno, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan dukungan, saran, dan kritik kepada penulis.
4. Ibu Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Jafar Amiruddin, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Seluruh Bapak/Ibu dosen pengajar di Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Universitas Negeri Jakarta.
7. Anissa Intan Audrya dan Farhah Al Faizah selaku rekan sekelompok penulis dalam topik penelitian skripsi ini. Terima kasih atas dukungan moral,

semangat, do'a, dan segala perjuangan yang telah berhasil kita lalui bersama.

8. Faisal Rizki yang selalu bersedia membantu selama proses penyusunan skripsi mulai dari proses praktikum sampai penulisan skripsi ini selesai. Terima kasih untuk selalu bersedia mendengarkan keluh kesah penulis dan memberikan dukungan morat serta mental selama proses skripsi.
9. Seluruh teman-teman Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Universitas Negeri Jakarta terkhusus untuk Cahaya Asa Rahmatillah, Riska Kurnia, dan Mutiara Balqiz Batavia yang bersedia mendengarkan keluh kesah penulis, memberikan dukungan moral, semangat dan doa pada saat penyusunan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu yang telah memberikan bantuan serta memperlancar penyelesaian skripsi ini.

Demikian ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dari penulis semoga kebaikan dari semua pihak yang telah membantu diberikan balasan oleh Allah SWT. Semoga laporan tugas akhir/skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi semua orang dalam mengembangkan ilmu dibidang rekayasa keselamatan kebakaran.

Jakarta, 27 Desember 2023



Layla Najwa Husaini

ABSTRAK

Layla Najwa Husaini. Dr. Ir. Himawan Hadi Sutrisno, M.T. dan Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si.. 2024. *Pengaruh Variasi Silika (SiO_2) dari Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanis Material Komposit CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) dengan Metode Hand Lay-Up dan Vacuum Bag.* Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) adalah komposit matriks polimer yang diperkuat dengan serat karbon. CFRP umumnya digunakan pada industri otomotif seperti pada kendaraan bermotor. Pada perlombaan MotoGP tahun 2022, terjadi insiden kebakaran pada bagian *fairing* sepeda motor yang terbuat dari material CFRP. Penyebabnya adalah material CFRP pada kendaraan tidak mampu menahan suhu tinggi sehingga terjadi degradasi termal yang mengakibatkan perubahan pada struktur internal material. Untuk meningkatkan karakteristik CFRP agar tahan terhadap suhu tinggi dan mempunyai sifat mekanik yang baik untuk kendaraan bermotor, maka perlu dilakukan penambahan silika dan pengembangan metode pada proses pembuatannya. Silika yang digunakan didapatkan dengan mengekstraksi abu sekam padi. CFRP yang dibuat untuk penelitian ini dengan menggunakan matriks, silika dan penguat berupa serat karbon. Pengujian yang dilakukan berupa uji tarik dan uji kekerasan dengan metode *vickers*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan metode *vacuum bag* pada proses pembuatan CFRP dengan penambahan silika pada sampel S30 mampu meningkatkan kekuatan tarik CFRP sebesar 314,93 MPa dan kekerasan CFRP sebesar 17,74 VHN.

Kata Kunci: Komposit CFRP, Otomotif, Sifat Mekanis, Silika

ABSTRACT

Layla Najwa Husaini. Dr. Ir. Himawan Hadi Sutrisno, M.T. and Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si.. 2024. *The Effect of Silica (SiO₂) Variations from Rice Husk Ash on the Mechanical Properties of CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) Composite Materials Using the Hand Lay-Up and Vacuum Bag Methods.* Fire Safety Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta.

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) is a polymer matrix composite reinforced with carbon fiber. CFRP is generally used in the automotive industry such as in motor vehicles. In the 2022 MotoGP race, a fire incident occurred on a motorbike fairing made of CFRP material. The cause is that the CFRP material in vehicles is unable to withstand high temperatures, resulting in thermal degradation which results in changes to the internal structure of the material. To improve the characteristics of CFRP so that it is resistant to high temperatures and has good mechanical properties for motorized vehicles, it is necessary to add silica and develop methods in the manufacturing process. The silica used is obtained by extracting rice husk ash. The CFRP made for this research used a matrix, silica and reinforcement in the form of carbon fiber. The tests carried out are in the form of tensile tests and hardness tests using the method vickers. The results obtained indicate that the use of the method vacuum bag in the process of making CFRP by adding silica to the S30 sample, it was able to increase the tensile strength of CFRP by 314.93 MPa and the hardness of CFRP by 17.74 VHN.

Keywords: CFRP Composites, Automotive, Mechanical Properties, Silica

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I	ii
LEMBAR PENGESAHAN II	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Pembatasan Masalah	3
1.4. Perumusan Masalah.....	4
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Kegunaan Penelitian.....	4
BAB II Kerangka Teoritik	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.1.1 Komposit	5
2.1.2 Polimer	9
2.1.3 Resin Poliester.....	10
2.1.4 Silika	12
2.1.5 Serat Karbon.....	14
2.1.6 Proses Terbakarnya CFRP	15
2.1.7 Metode Pembuatan CFRP	17
2.1.6.2 <i>Vacuum Bag</i>	17
2.1.7 Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>)	18
2.1.8 Pengujian Kekerasan (<i>Hardness Test</i>)	20
2.2 Kerangka Berpikir	21

2.3	Hipotesis Penelitian.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1	Tempat, Waktu, dan Subjek Penelitian	22
3.2	Populasi dan Sampel Penelitian	22
3.2.1	Populasi.....	22
3.2.2	Sampel Penelitian.....	22
3.3	Diagram Penelitian.....	25
3.4	Metode, Rancangan, dan Prosedur Penelitian	26
3.4.1	Metode Penelitian.....	26
3.4.2	Prosedur Penelitian.....	26
3.4.3	Pengujian Material	29
3.5	Instrumen Penelitian.....	31
3.5.1	Alat Penelitian.....	31
3.5.2	Bahan Penelitian.....	39
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		42
4.1	Deskripsi Data.....	42
4.1.1	Karakteristik CFRP	42
4.2	Pengujian Persyaratan Analisis	43
4.3	Analisis Hasil Pengujian	45
4.3.1	Pengujian Tarik	45
4.3.2	Pengujian Kekerasan Vickers	49
4.4	Foto Makroskopik Komposit CFRP	50
4.5	Pembahasan	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN.....		60
RIWAYAT HIDUP		72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Silika pada Abu Sekam Padi	13
Tabel 2. 2 Tabel Hasil Ekstraksi Abu Sekam Padi dengan Pelarut KOH.....	13
Tabel 3. 1 Rincian Variasi Sampel.....	22
Tabel 4. 1 Nilai Pengujian Tarik.....	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Material Komposit [10].....	5
Gambar 2. 2 Kurva Strength-Density [14].....	6
Gambar 2. 3 Grafik Rasio Perbandingan Kekuatan dengan Temperatur Pada Material Teknik [16].....	7
Gambar 2. 4 Carbon Fiber Reinforced Polymer [17].....	8
Gambar 2. 5 Grafik Perbandingan Kekuatan dengan Temperatur pada Material Teknik [19].....	9
Gambar 2. 6 Struktur Kimia Pembentuk Resin Poliester [24].....	11
Gambar 2. 7 Sifat Fisik Resin Poliester [26].....	12
Gambar 2. 8 Jenis Serat Panjang [13].....	14
Gambar 2. 9 Jenis Serat Pendek [13].....	15
Gambar 2. 10 Skema Terbakarnya Komposit [32].....	16
Gambar 2. 11 Metode Hand Lay-Up [33].....	17
Gambar 2. 12 Metode Vacuum Bag [35].....	17
Gambar 2.13 Grafik Tegangan-Regangan Polimer [37].....	19
Gambar 2. 14 Kerangka Berpikir.....	21
Gambar 2. 15 Jarak Antar Titik Tekan [43].....	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Hasil Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi.....	27
Gambar 3. 3 Hasil Pembuatan CFRP dengan Metode Hand Lay-Up.....	28
Gambar 3. 4 Hasil Pembuatan CFRP dalam Bentuk Pelindung Knalpot dengan Metode Vacuum Bag.....	29
Gambar 3. 5 Ukuran Spesimen untuk Pengujian Tarik Pedoman ASTM D3039 [42].....	30
Gambar 3. 6 Saringan.....	31
Gambar 3. 7 Kertas Whatman Nomor 41.....	32
Gambar 3. 8 Timbangan Digital.....	32
Gambar 3. 9 Wadah.....	33
Gambar 3. 10 Batang Pengaduk.....	33
Gambar 3. 11 Gelas Ukur.....	33

Gambar 3. 12 Suntikan/syringe.....	34
Gambar 3. 13 Pipet Tetes	34
Gambar 3. 14 Sarung Tangan.....	34
Gambar 3. 15 Termometer	35
Gambar 3. 16 pH Meter	35
Gambar 3. 17 Oven	36
Gambar 3. 18 Cetakan.....	36
Gambar 3. 19 Rotary Cutter	36
Gambar 3. 20 Kuas.....	37
Gambar 3. 21 Vacuum Bag.....	37
Gambar 3. 22 Vacuum Pump	37
Gambar 3. 23 Mesin Pengujian Tarik	38
Gambar 3. 24 Mesin Pengujian Kekerasan	38
Gambar 3. 25 Abu Sekam Padi	39
Gambar 3. 26 KOH 10%	39
Gambar 3. 27 HCL.....	40
Gambar 3. 28 Release Agent.....	40
Gambar 3. 29 Serat Karbon.....	40
Gambar 3. 30 Resin dan Hardener	41
Gambar 4. 1 Spesimen Pengujian Tarik.....	42
Gambar 4. 2 Spesimen Pengujian Kekerasan	42
Gambar 4. 3 Sertifikat Kalibrasi Alat Uji Tarik.....	43
Gambar 4. 4 Hardness Test SUS 304 [44]	44
Gambar 4. 5 Stainless Steel 304.....	44
Gambar 4. 6 Grafik Nilai Pengujian Tarik CFRP dengan Silika	46
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Nilai Pengujian Tarik CFRP.....	47
Gambar 4. 8 Regangan CFRP	48
Gambar 4. 9 Grafik Nilai Pengujian Kekerasan CFRP dengan Silika	49
Gambar 4. 10 Grafik Nilai Kekerasan Vickers CFRP dengan Penambahan Silika	50
Gambar 4. 11 Foto Makroskopik CFRP Metode Pembuatan Hand Lay-Up	50
Gambar 4. 12 Foto Makroskopik CFRP Metode Pembuatan Vacuum Bag	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Volume Matriks : Penguat CFRP	60
Lampiran 2. Perhitungan Nilai Regangan CFRP	65
Lampiran 3. Hasil Pengujian Tarik	66
Lampiran 4. Dokumentasi Pengujian	71

