

**SKRIPSI**

**PENGARUH SILIKA (SiO<sub>2</sub>) DARI ABU SEKAM PADI  
TERHADAP KETAHANAN TERMAL MATERIAL KOMPOSIT  
CFRP (*CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*) DENGAN  
METODE *VACUUM BAG***



*Mencerdaskan dan  
Memartabatkan Bangsa*

Disusun Oleh :

**FARHAH AL FAIZAH**

**1518619005**

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 SILIKA ( $\text{SiO}_2$ ) DARI ABU SEKAM PADI TERHADAP KETAHANAN TERMAL MATERIAL KOMPOSIT CFRP (*CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*) DENGAN METODE *VACUUM BAG*

Penyusun : Farhah Al Faizah

NIM : 1518619005

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

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

Tanggal Ujian : 29 Desember 2023

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ir. 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 Setvawan Kusumohadi, M.T., Ph.D.  
NIP. 197102232006041001



## LEMBAR PENGESAHAN II

Judul : PENGARUH SILIKA ( $\text{SiO}_2$ ) DARI ABU SEKAM PADI TERHADAP KETAHANAN TERMAL MATERIAL KOMPOSIT CFRP (*CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*) DENGAN METODE *VACUUM BAG*




Penyusun : Farhah Al Faizah

NIM : 1518619005

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

| NAMA DOSEN   | TANDA TANGAN  | TANGGAL      |
|--|---|--------------|
| <u>Dr. Ir.Himawan Hadi Sutrisno, S.T., M.T.</u><br>NIP. 198105052008121002<br>(Dosen Pembimbing I) |   | 08/01/2024   |
| <u>Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si.</u><br>NIP. 196806062005012001<br>(Dosen Pembimbing II)            |  | 23 Jan. 2024 |

### PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

| NAMA DOSEN  | TANDA TANGAN   | TANGGAL    |
|---|--|------------|
| <u>Triyono, M.Eng.</u><br>NIP. 197508162009121001<br>(Ketua Penguji)                    |  | 22/01/2024 |
| <u>Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D</u><br>NIP. 197102232006041001<br>(Sekretaris) |  | 19/1/2024  |
| <u>Siska Titik Dwivati, S.Si., M.T.</u><br>NIP. 197812122006042002<br>(Dosen Ahli)      |  | 12/01/2024 |

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 : Farhah Al Faizah

NIM : 1518619005

Tempat, tanggal lahir : Bekasi, 29 Desember 2001

Alamat : Perum. Pondok Ungu Permai Blok AD 5 No. 13,  
Kel. Bahagia, Kec. Babelan, Kab. Bekasi, 17610

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.

Bekasi, 29 Desember 2023

Yang membuat pernyataan



**Farhah Al Faizah**

**NIM. 1518619005**



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 : FARHAH AL FAIZAH  
NIM : 1518619005  
Fakultas/Prodi : FAKULTAS TEKNIK/ S1 REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN  
Alamat email : farhahalfazah@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 SILIKA ( $\text{SiO}_2$ ) DARI ABU SEKAM PADI TERHADAP KETAHANAN TERMAL MATERIAL KOMPOSIT CFRP (*CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*) DENGAN METODE *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, 29 Januari 2024

Penulis

(FARHAH AL FAIZAH)



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan skripsi yang berjudul **“PENGARUH SILIKA (SiO<sub>2</sub>) DARI ABU SEKAM PADI TERHADAP KETAHANAN TERMAL MATERIAL KOMPOSIT CFRP (CARBON FIBER REINFORCED POLYMER) DENGAN METODE VACUUM BAG”**. Penulisan laporan ini disusun sebagai syarat kelulusan untuk menyelesaikan studi S1 pada Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan untuk penulis
2. Bapak Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D., selaku Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran
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 Triyono, M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik
6. Seluruh Bapak/Ibu dosen pengajar pada Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran.
7. Anissa Intan Audrya dan Layla Najwa Husaini sebagai rekan sekelompok penulis dalam topik penelitian ini sekaligus teman seperjuangan selama kegiatan akademik maupun non – akademik.
8. Achmad Nouval Baraqbah yang tiada hentinya memberikan dukungan untuk penulis, menjadi bagian dari perjalanan suka duka selama di bangku perkuliahan. Semoga selalu dikelilingi hal – hal baik.
9. Andini Puspita Ningrum, teman seperjuangan yang menjadi saksi perjalanan penulis dari penerimaan jalur SNMPTN hingga akhir perjalanan perkuliahan.
10. Cahaya Asa Rahmatillah, Milza Nur Tsurrayya, dan Ariq Harits Arrizq selaku abang dan kakak dari Program Studi Rekayasa Keselamatan

Kebakaran yang selalu memberikan masukan serta saran selama perkuliahan dan organisasi yang ditekuni penulis.

11. Keluarga besar Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran yang turut membantu dan memberikan dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya, atas bantuan dan perhatiannya baik secara langsung maupun tidak langsung untuk memperlancar penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi yang disusun oleh penulis masih jauh dari kata sempurna baik segi bahasa, maupun penulisannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna menjadi bahan evaluasi bagi penulis agar menjadi lebih baik lagi di masa mendatang. Penulis berharap laporan skripsi ini bermanfaat bagi pembaca serta perkembangan ilmu pengetahuan.

Bekasi, 29 Desember 2023



Farhah Al Faizah

**PENGARUH SILIKA (SiO<sub>2</sub>) DARI ABU SEKAM PADI TERHADAP  
KETAHANAN TERMAL MATERIAL KOMPOSIT CFRP (*CARBON  
FIBER REINFORCED POLYMER*) DENGAN METODE *VACUUM BAG***

**Farhah Al Faizah**

**Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Himawan Hadi Sutrisno, S.T., M.T.**

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

**ABSTRAK**

*Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) merupakan material komposit bermatriks polimer diperkuat dengan serat karbon. Penggunaan komposit CFRP umum digunakan pada industri otomotif khususnya pada suku cadang kendaraan motor. Terjadinya insiden kebakaran bagian *fairing* sepeda motor yang terbuat dari material CFRP pada kompetisi MotoGP Mandalika tahun 2022 menunjukkan pentingnya aspek keselamatan bagi pengendara sepeda motor, sehingga diperlukan komposit yang memiliki ketahanan termal yang baik. Untuk meningkatkan ketahanan termal pada komposit CFRP, diperlukan bahan tambahan berupa ekstrak silika dari abu sekam padi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan silika terhadap ketahanan termal komposit CFRP dengan metode *vacuum bag*. Pembuatan sampel komposit menggunakan resin poliester, serat karbon jenis *bidirectional woven fiber*, serta ekstrak silika dengan variasi komposisi: 0g (tanpa silika), 5g, 15g, 25g, dan 35g. CFRP diuji menggunakan *Thermogravimetric Analysis* (TGA). Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penambahan silika dari abu sekam padi pada CFRP menunjukkan tren positif terhadap ketahanan termalnya yaitu dengan penambahan sebanyak 35g mampu menahan suhu ambien hingga 414,2 °C.

**Kata kunci:** Abu sekam padi, Ketahanan termal, Komposit CFRP, Silika



***THE EFFECT OF SILICA (SiO<sub>2</sub>) FROM RICE HUSK ASH ON THERMAL RESISTANCE OF CFRP (CARBON FIBER REINFORCED POLYMER) COMPOSITE MATERIAL WITH VACUUM BAG METHOD***

**Farhah Al Faizah**

**Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Himawan Hadi Sutrisno, S.T., M.T.**

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

***ABSTRACT***

*Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) is a polymer matrix composite material reinforced with carbon fiber. The use of CFRP composites is commonly used in the automotive industry, especially in motor vehicle parts. The occurrence of a fire incident on a motorcycle fairing made of CFRP material at the Mandalika 2022 MotoGP competition shows the importance of safety aspects for motorcyclists, so composites that have good thermal resistance are needed. To improve the thermal resistance of CFRP composites, additional materials are needed in the form of silica extract from rice husk ash. This research was conducted to determine the effect of silica addition on the thermal resistance of CFRP composites using the vacuum bag method. Making composite samples using polyester resin, bidirectional woven carbon fiber, and silica extract with variations in composition: 0g (without silica), 5g, 15g, 25g, and 35g. CFRP was tested using Thermogravimetric Analysis (TGA). Based on the research results, it can be concluded that the addition of silica from rice husk ash to CFRP shows a positive trend towards its thermal resistance, namely with the addition of as much as 35g being able to withstand ambient temperatures up to 414,2°C..*

***Keywords: Rice Husk Ash, Thermal Resistance, CFRP composites, Silica***

## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN I</b> .....                                  | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN II</b> .....                                 | <b>iii</b>  |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....                   | <b>iii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                       | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRAK</b> .....  | <b>viii</b> |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....   | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....   | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....  | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                      | <b>xvi</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                                    | <b>1</b>    |
| 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           |
| <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....                                | <b>4</b>    |
| 2.1 Landasan Teori .....  | 4           |
| 2.1.1 Komposit <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP)..... | 4           |
| 2.1.2 Polimer Termoset .....                                      | 8           |
| 2.1.3 Resin Poliester.....  | 9           |
| 2.1.4 Silika .....  | 10          |
| 2.1.5 Serat Karbon ( <i>Carbon Fiber</i> ) .....                  | 12          |
| 2.1.6 Metode Pembuatan Komposit CFRP .....                        | 15          |
| 2.1.7 Perpindahan Panas ( <i>Heat Transfer</i> ) .....            | 17          |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.1.8  | Perubahan Fasa Bahan yang Terbakar .....     | 19        |
| 2.1.9  | Proses Terbakarnya Komposit CFRP .....       | 20        |
| 2.1.10   | Pengujian Ketahanan Termal.....              | 21        |
| 2.2  | Kerangka Konseptual .....                    | 23        |
| 2.3  | Hipotesis Penelitian .....                   | 23        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>         |  | <b>24</b> |
| 3.1  | Tempat, Waktu, dan Subjek Penelitian .....   | 24        |
| 3.2  | Populasi dan Sampel Penelitian.....          | 24        |
| 3.2.1  | Populasi.....                                | 24        |
| 3.2.2  | Sampel Penelitian .....                      | 24        |
| 3.3  | Diagram Alir Penelitian.....                 | 25        |
| 3.4  | Metode Penelitian.....                       | 26        |
| 3.5  | Prosedur Penelitian.....                     | 26        |
| 3.6  | Instrumen Penelitian.....                    | 31        |
| <b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b> |  | <b>46</b> |
| 4.1  | Deskripsi Data .....                         | 46        |
| 4.2  | Pengujian Persyaratan Analisis .....         | 47        |
| 4.3  | Analisis Hasil Pengujian.....                | 48        |
| 4.3.1  | Temperatur Onset Ekstrapolasi.....           | 48        |
| 4.3.2  | Perubahan Massa ( $\Delta m$ ).....          | 53        |
| 4.3.3  | Temperatur Dekomposisi Termal ( $T_d$ )..... | 59        |
| 4.4  | Pembahasan .....                             | 64        |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>                          |  | <b>67</b> |
| 5.1  | Kesimpulan.....                              | 67        |
| 5.2  | Saran .....                                  | 67        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                        |  | <b>68</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                               |  | <b>76</b> |
| <b>RIWAYAT HIDUP .....</b>                         |  | <b>80</b> |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Rentang suhu dan standar pengujian dari sifat termal CFRP.....                              | 8  |
| Tabel 2. 2 Senyawa penyusun abu sekam padi .....   | 11 |
| Tabel 2. 3 Persentase silika yang dihasilkan pada suhu pemanasan 85°C .....                            | 11 |
| Tabel 2. 4 Sifat mekanik komposit berpenguat serat karbon diperoleh dari uji tarik dan uji tekan ..... | 14 |
| Tabel 3. 1 Perancangan Sampel untuk Penelitian .....   | 24 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Struktur penyusun komposit.....   | 4  |
| Gambar 2. 2 Jenis komposit.....   | 5  |
| Gambar 2. 3 (a) Skematik struktur CFRP; (b) Fotomakro CFRP .....  | 6  |
| Gambar 2. 4 Pengaplikasian CFRP .....   | 6  |
| Gambar 2. 5 Sifat FRP (Karbon, Kaca, dan Aramid) pada suhu tinggi .....   | 7  |
| Gambar 2. 6 Struktur pembentuk resin Poliester .....  | 10 |
| Gambar 2. 7 Silica Material Safety Data Sheet.....  | 12 |
| Gambar 2. 8 Perbedaan orientasi serat. (a) Unidirectional, (b) Randomly oriented,<br>(c) Bi-directional weave, and (d) a multi-directional weave..... | 13 |
| Gambar 2. 9 Bentuk serat karbon.....  | 13 |
| Gambar 2. 10 Pola serat karbon 2x2 Twill 3K.....  | 14 |
| Gambar 2. 11 Metode Hand Lay-Up.....  | 15 |
| Gambar 2. 12 Metode vacuum bag .....  | 16 |
| Gambar 2. 13 Perpindahan panas secara konduksi .....  | 17 |
| Gambar 2. 14 Perpindahan panas secara konveksi .....  | 18 |
| Gambar 2. 15 Perpindahan panas secara radiasi .....   | 19 |
| Gambar 2. 16 Proses perubahan fasa .....  | 19 |
| Gambar 2. 17 Proses terbakarnya komposit.....   | 20 |
| Gambar 2. 18 Kerangka konseptual .....  | 23 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....   | 25 |
| Gambar 3. 2 Proses pemanasan dengan oven .....  | 27 |
| Gambar 3. 3 Hasil ekstraksi sebelum dicampurkan HCl .....   | 27 |
| Gambar 3. 4 Hasil ekstraksi silika.....   | 27 |
| Gambar 3. 5 Proses pelapisan serat karbon.....  | 28 |
| Gambar 3. 6 Proses pengolesan matriks .....   | 29 |
| Gambar 3. 7 Proses persiapan vacuum .....   | 29 |
| Gambar 3. 8 Wadah pengaduk .....  | 31 |
| Gambar 3. 9 Batang pengaduk kaca.....   | 32 |
| Gambar 3. 10 Syringe/ suntikan takar.....   | 32 |
| Gambar 3. 11 Pipet tetes .....  | 33 |



|   |    |
|---|----|
| Gambar 3. 12 Timbangan digital ketelitian 1 gr .....      | 33 |
| Gambar 3. 13 Timbangan digital ketelitian 0,0001 gr ..... | 34 |
| Gambar 3. 14 Sarung tangan lateks.....                    | 34 |
| Gambar 3. 15 Saringan stainless .....                     | 35 |
| Gambar 3. 16 Filter paper .....                           | 35 |
| Gambar 3. 17 Oven .....                                   | 36 |
| Gambar 3. 18 Termometer .....                             | 36 |
| Gambar 3. 19 pH Meter .....                               | 37 |
| Gambar 3. 20 Gelas ukur .....                             | 37 |
| Gambar 3. 21 Rottary Cutter .....                         | 38 |
| Gambar 3. 22 Cetakan.....                                 | 38 |
| Gambar 3. 23 Kuas.....                                    | 39 |
| Gambar 3. 24 Plastik <i>Vacuum bag</i> .....              | 39 |
| Gambar 3. 25 Mesin pompa vacuum bag.....                  | 40 |
| Gambar 3. 26 Manual notcher.....                          | 41 |
| Gambar 3. 27 Mesin Thermogravimetric Analysis (TGA) ..... | 41 |
| Gambar 3. 28 Abu sekam padi.....                          | 42 |
| Gambar 3. 29 KOH 10% .....                                | 43 |
| Gambar 3. 30 HCL.....                                     | 43 |
| Gambar 3. 31 Release agent spray .....                    | 44 |
| Gambar 3. 32 Resin Poliester.....                         | 44 |
| Gambar 3. 33 Serat Karbon.....                            | 45 |
| Gambar 4. 1 Variasi sampel CFRP .....                     | 46 |
| Gambar 4. 2 Sertifikat kalibrasi mesin TGA .....          | 48 |
| Gambar 4. 3 Data Temperatur Onset Sampel S0 .....         | 49 |
| Gambar 4. 4 Data Temperatur Onset Sampel S5 .....         | 49 |
| Gambar 4. 5 Data Temperatur Onset Sampel S15 .....        | 50 |
| Gambar 4. 6 Data Temperatur Onset Sampel S25 .....        | 51 |
| Gambar 4. 7 Data Temperatur Onset Sampel S35 .....        | 51 |
| Gambar 4. 8 Grafik Temperatur Onset Ekstrapolasi.....     | 52 |
| Gambar 4. 9 Data temperatur onset CFRP fabrikasi.....     | 53 |
| Gambar 4. 10 Data Perubahan Massa Sampel S0.....          | 54 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4. 11 Data Perubahan Massa Sampel S5 .....                   | 54 |
| Gambar 4. 12 Data Perubahan Massa Sampel S15 .....                  | 55 |
| Gambar 4. 13 Data Perubahan Massa Sampel S25 .....                  | 56 |
| Gambar 4. 14 Data Perubahan Massa Sampel S35 .....                  | 56 |
| Gambar 4. 15 Data perubahan massa sampel.....                       | 57 |
| Gambar 4. 16 Data Perubahan Massa Sampel CFRP-Fabrikasi .....       | 58 |
| Gambar 4. 17 Sisa sampel setelah proses pengujian.....              | 58 |
| Gambar 4. 18 Data Temperatur Dekomposisi Sampel S0 .....            | 59 |
| Gambar 4. 19 Data Temperatur Dekomposisi Sampel S5 .....            | 60 |
| Gambar 4. 20 Data Temperatur Dekomposisi Sampel S15 .....           | 61 |
| Gambar 4. 21 Data Temperatur Dekomposisi Sampel S25 .....           | 61 |
| Gambar 4. 22 Data Temperatur Dekomposisi Sampel S35 .....           | 62 |
| Gambar 4. 23 Data temperatur dekomposisi.....                       | 63 |
| Gambar 4. 24 Data Temperatur Dekomposisi Sampel CFRP-Fabrikasi..... | 63 |
| Gambar 4. 25 Data sampel HLU .....                                  | 65 |
| Gambar 4. 26 Data sampel S0.....                                    | 66 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1. Perhitungan Volume Matriks : Penguat CFRP..... | 76 |
| Lampiran 2 . Proses Input Data Pengujian TGA.....          | 79 |

