

SKRIPSI

**ANALISIS KEKUATAN SAMBUNGAN *ADHESIVE BONDING*
MATERIAL CFRP (*CARBON FIBER REINFORCED*
POLYMER) MELALUI VARIASI BENTUK SAMBUNGAN
TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL**



YASMIN MADANIAH

1518620003

**PROGRAM STUDI REKAYASA KESELAMATAN
KEBAKARAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Judul : Analisis Kekuatan Sambungan *Adhesive Bonding*
Material CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*)
Melalui Variasi Bentuk Sambungan Terhadap Sifat
Mekanik Material

Penyusun : Yasmin Madaniah

NIM : 1518620003

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



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

NIP. 198105052008121002



Dr. Siska Titik Dwiwati, M.T.

NIP. 197812122006042002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran



Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., PhD.

NIP. 197102232006041001

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Analisis Kekuatan Sambungan *Adhesive Bonding*
Material CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*)
Melalui Variasi Bentuk Sambungan Terhadap Sifat
Mekanik Material
Penyusun : Yasmin Madaniah
NIM : 1518620003

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Dr. Ir. Himawan Hadi Sutrisno, M.T.
NIP. 198105052008121002

Pembimbing II



Dr. Siska Titik Dwiwati, M.T.
NIP. 197812122006042002

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi

Ketua Penguji,



Pratiomo Setyadi, M.T.
NIP. 198102222006041001

Sekretaris,



Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., PhD.
NIP. 197102232006041001

Dosen Ahli,



Dr. Imam Basori, M.T.
NIP. 197906072008121003

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran



Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., PhD.
NIP. 197102232006041001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

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, 28 Juli 2025

Yang membuat pernyataan



Yasmin Madaniah

NIM. 1518620003



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
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 : YASMIN MADANIAH
NIM : 1518620003
Fakultas/Prodi : TEKNIK / REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN
Alamat email : yasminmadaniah18@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 :

ANALISIS KEKUATAN SAMBUNGAN *ADHESIVE BONDING* MATERIAL CFRP (*CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*) MELALUI VARIASI BENTUK SAMBUNGAN TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL

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, 28 Juli 2025

Penulis

(YASMIN MADANIAH)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah swt atas segala rahmat dan ridho-Nya sehingga peneliti dapat melaksanakan kegiatan penelitian dan menyelesaikan penulisan tugas laporan akhir skripsi dengan judul “Analisa Kekuatan Sambungan *Adhesive Bonding* Komposit CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) Melalui Variasi Bentuk Sambungan Terhadap Sifat Mekanik Material” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Fakultas Teknik di Universitas Negeri Jakarta.

Pelaksanaan penelitian sampai dengan terselesaikannya skripsi ini tidak akan berhasil tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, baik berupa pengarahan, bimbingan, doa serta dukungan yang diberikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Catur Kusumohadi, M.T., Ph.D. selaku Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Universitas Negeri Jakarta sekaligus Dosen Pembimbing yang selalu memberi arahan dan dukungan kepada penulis selama proses penyusunan laporan skripsi.
2. Bapak Dr. Himawan Hadi Sutrisno, M.T. dan Ibu Dr. Siska Titik Dwiwati, M.T. selaku Dosen Pembimbing, yang telah dengan sabar membimbing, memberikan arahan dan mengoreksi setiap langkah dalam proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
3. Kepada Ibu penulis, Ibu Halimatu Sadiah atas setai[doa yang tak henti, peluh yang tak terlihat dan pengorbanan yang tak pernah diminta kembali. Atas kekuatan terbesar ibu yang mengantarkan penulis sampai pada titik ini, dan semua kasih sayang, keteguhan dan perjuangan yang tidak tergantikan.
4. Kepada kelima kesayanganku Ibu Halimatu Sadiah, Nur Annisa, Nabila Nurul Syifa, Tasya Kamila Zahra selaku pemberi bantuan dana, sekaligus keluarga penulis yang senantiasa mengirimkan doa, semangat serta dukungan yang tiada hentinya selama masa perkuliahan.

5. Kepada adik kesayangan penulis, sabrina dan jack – jack yang dengan caranya sendiri mampu menjadi teman yang menenangkan di tengah tekanan dan kelelahan menyusun skripsi.
6. Kepada Putra Nirhamsyah selaku rekan selama masa perkuliahan, magang, penelitian hingga penyusunan skripsi yang senantiasa mendukung dan membantu penulis dengan segala bentuk suka dukanya sampai terselesaikannya skripsi ini.
7. Kepada Nurfitriani Kharismadewi, Meta Aprilia Kusumaningsih, Fakhri Ramadhan dan Ehrlich Putra Agyayusanto selaku teman seperjuangan di bangku kuliah yang telah menjadi tempat berbagi ilmu, cerita dan semangat selama perkuliahan.
8. Kepada Reza Revita Zahra, Thoriq Abdansyakuro dan Ishmah Zakin Alya selaku rekan penelitian yang telah berbagi ilmu, suka dan duka serta semangat dalam perjuangan akademik.
9. Tak lupa penulis ucapkan terima kasih yang teramat sangat kepada diri sendiri atas keberanian untuk terus melangkah meskipun sering merasa lelah, atas kegigihan dalam menghadapi proses yang penuh tantangan, serta atas kesediaan untuk tetap berjuang meskipun terkadang ingin menyerah. Walaupun selesai dalam kurun waktu yang tidak tepat, terima kasih karena telah bertahan, belajar dan tumbuh melalui setiap prosesnya.

Akhir kata, penulis menyadari laporan tugas akhir skripsi ini memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis memohon maaf apabila masih terdapat banyak kesalahan dalam penyusunan laporan tugas akhir skripsi ini dan diharapkan kritik dan saran yang membangun dimohon guna menyempurnakan penulisan ini, dan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat untuk studi selanjutnya bagi para pembaca.

Bogor, 28 Juli 2025

Penulis

**ANALISIS KEKUATAN SAMBUNGAN *ADHESIVE BONDING*
MATERIAL CFRP (*CARBON FIBER REINFORCED POLYMER*)
MELALUI VARIASI BENTUK SAMBUNGAN TERHADAP SIFAT
MEKANIK MATERIAL**

Yasmin Madaniah

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

Dr. Siska Titik Dwiwati, M.T.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi bentuk sambungan terhadap kekuatan mekanik sambungan *adhesive* pada material komposit *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP). Material CFRP yang digunakan merupakan hasil rekayasa dengan tambahan silika dari abu sekam padi sebagai pengisi matriks poliester. Variasi bentuk sambungan yang diuji meliputi *single lap joint*, *strap joint*, *scarf joint*, dan *butt joint*. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen kuantitatif kausal-komparatif melalui uji tarik (*tensile test*) sesuai standar ASTM D5868-01, dan analisis kegagalan berdasarkan visualisasi mode patahan berdasarkan ASTM D5573-91. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk sambungan berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik dan pola kegagalan sambungan. *Scarf joint* menunjukkan performa mekanik terbaik dengan kekuatan tarik dan modulus elastisitas tertinggi, serta pola kegagalan *cohesive* dan *fiber pull-out* yang ideal. Sebaliknya, *butt joint* menunjukkan kekuatan paling rendah dengan kegagalan berupa *light fiber tear*. Penelitian ini menegaskan pentingnya pemilihan bentuk sambungan yang tepat untuk menjamin kekuatan dan keselamatan struktur berbasis komposit CFRP.

Kata Kunci : CFRP, *adhesive bonding*, variasi bentuk sambungan, *tensile test*, mode kegagalan.

***ANALYSIS OF THE MECHANICAL STRENGTH OF ADHESIVE BONDING
IN CFRP (CARBON FIBER REINFORCED POLYMER) MATERIALS
THROUGH VARIATIONS IN JOINT GEOMETRY***

Yasmin Madaniah

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

Dr. Siska Titik Dwiwati, M.T.

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of joint geometry variation on the mechanical strength of adhesive bonding in Carbon fiber Reinforced Polymer (CFRP) composite materials. The CFRP used is engineered with additional silica extracted from rice husk ash (RHA) as a polyester matrix filler. The joint configurations tested include single lap joint, strap joint, scarf joint, and butt joint. The research applies a quantitative experimental causal-comparative method using tensile testing based on ASTM D5868-01 and failure mode analysis through visual observation based ASTM D5573-91. The results indicate that joint geometry significantly influences the tensile strength and failure behavior of the bonded joints. The scarf joint demonstrated the highest mechanical performance with superior tensile strength and modulus of elasticity, along with ideal cohesive and fiber pull-out failure modes. Conversely, the butt joint exhibited the lowest strength, characterized by light fiber tear. This study emphasizes the importance of selecting appropriate joint configurations to ensure the structural strength and safety of CFRP-based composite systems.

Keywords: CFRP, adhesive bonding, joint geometry variation, tensile test, failure mode.

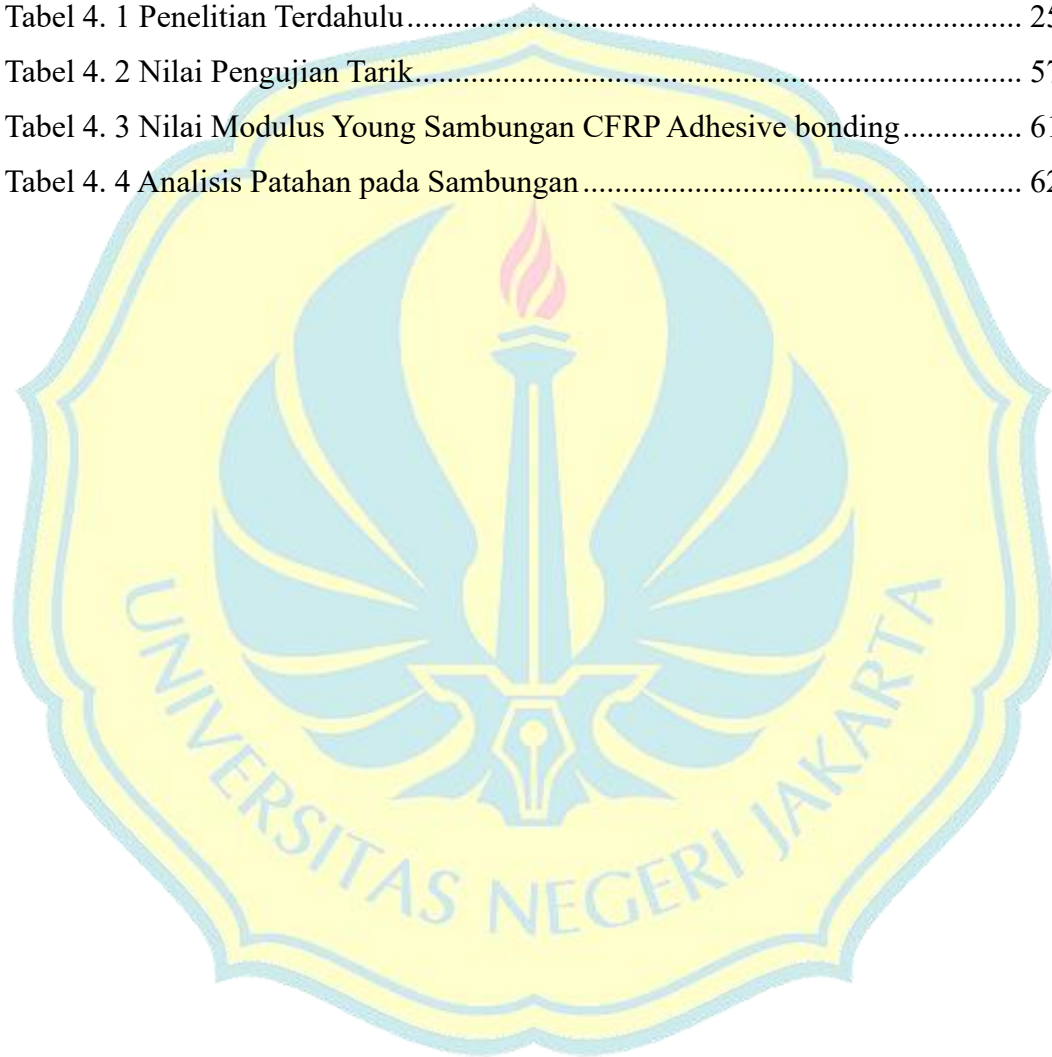
DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
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.....	5
BAB II KERANGKA TEORITIK.....	6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 Komposit CFRP	6
2.1.2 Metode Pembuatan CFRP	8
2.1.3 Silika Abu Sekam Padi (<i>Risk Husk Ash</i>)	10
2.1.4 Resin Poliester.....	13
2.1.5 Metode Penyambungan Material	15
2.1.6 Faktor Pengaruh Ikatan Sambungan	18
2.1.7 Kegagalan Sambungan.....	22
2.1.8 Uji Tarik (<i>Tensile Test</i>)	24
2.2 Penelitian Relevan.....	25
2.3 Kerangka Berpikir.....	28
2.4 Hipotesis Penelitian.....	28

BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Tempat, Waktu dan Subjek Penelitian.....	29
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian	29
3.2.1 Populasi.....	29
3.2.2 Sampel Penelitian.....	29
3.3 Diagram Alur Penelitian.....	33
3.4 Metode dan Prosedur Penelitian.....	34
3.4.1 Metode Penelitian.....	34
3.4.2 Prosedur Penelitian.....	34
3.5 Instrumen Penelitian.....	41
3.5.1 Alat Penelitian.....	41
3.5.2 Bahan Peneltian.....	51
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Deskripsi Data.....	55
4.1.1 Karakteristik Sampel Sambungan CFRP	55
4.2 Validasi Alat Uji	56
4.3 Analisis Hasil Pengujian	57
4.3.1 Hasil Pengujian Tarik	57
4.3.2 Analisa Patahan Sambungan Komposit CFRP	62
4.4 Pembahasan.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72
LAMPIRAN.....	79
RIWAYAT HIDUP.....	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pengaruh Suhu Pembakaran Pembuatan Silika Abu Sekam Padi	11
Tabel 2. 2 Karakteristik Resin Poliester	14
Tabel 2. 3 Jenis - Jenis Perekat.....	20
Tabel 2. 4 Jenis Kegagalan pada Komposit CFRP	22
Tabel 3. 1 Perancangan Sampel untuk Penelitian	30
Tabel 4. 1 Penelitian Terdahulu.....	25
Tabel 4. 2 Nilai Pengujian Tarik.....	57
Tabel 4. 3 Nilai Modulus Young Sambungan CFRP Adhesive bonding.....	61
Tabel 4. 4 Analisis Patahan pada Sambungan	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Struktural Komposit	6
Gambar 2. 2 Grafik Perbandingan Kekuatan Sifat Mekanik Material FRP	7
Gambar 2. 3 Metode <i>Hand Lay-up</i>	9
Gambar 2. 4 Metode <i>Vacuum Bagging</i>	9
Gambar 2. 5 Silika Gel Abu Sekam Padi	12
Gambar 2. 6 Struktur Kimia Poliester Isophthalic Ideal	13
Gambar 2. 7 Pengencang Mekanis pada Pengaplokan Sayap Pesawat	15
Gambar 2. 8 Pengaplikasian Perekat pada Sambungan Panel Bodi Pesawat	17
Gambar 2. 9 Skematik Strategi Penggabungan Material Komposit di Industri Kedirgantaraan dan Otomotif	18
Gambar 2. 10 Jenis Moda Kegagalan Sambungan	22
Gambar 2. 11 Grafik Uji Tarik	25
Gambar 2. 12 Cairan Aquades	51
Gambar 2. 13 Larutan HCl.....	52
Gambar 2. 14 Resin Polyester dan <i>Hardener</i>	52
Gambar 2. 15 Serat Karbon <i>Twill Woven</i> 3K 240 GSM.....	52
Gambar 2. 16 <i>Release Agent</i>	53
Gambar 2. 17 Larutan Isopropil Alkohol	53
Gambar 3. 1 Desain <i>Singel Lap Joint</i> (a). Tampak samping; (b). Tampak atas....	30
Gambar 3. 2 Desain <i>Strap Joint</i> (a). Tampak samping; (b). Tampak atas.....	31
Gambar 3. 3 Desain <i>Scraft Joint</i> (a). Tampak samping; (b). Tampak atas.....	32
Gambar 3. 4 Desain <i>Butt Joint</i> (a). Tampak samping; (b). Tampak atas.....	32
Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 3. 6 Abu Sekam Padi Halus.....	34
Gambar 3. 7 Abu Sekam Padi dengan Larutan Aquades	34
Gambar 3. 8 Penambahan Larutan KOH pada Abu Sekam Padi	35
Gambar 3. 9 Filtrasi Larutan Kalium Silikat.....	35
Gambar 3. 10 Penetesan HCl	35
Gambar 3. 11 Silika Gel Abu Sekam Padi	35
Gambar 3. 12 Matriks Polyester dengan Silika Gel Abu Sekam Padi	36
Gambar 3. 13 Pengaplikasian <i>Release Agent</i> pada Cetakan	36

Gambar 3. 14 Serat Karbon <i>Twill Woven</i>	36
Gambar 3. 15 Pengaplikasian Matriks	37
Gambar 3. 16 Komposit CFRP Bermatriks Silika Abu Sekam Padi.....	38
Gambar 3. 17 Pengaplikasian Perekat pada Pelat CFRP	39
Gambar 3. 18 Persiapan Perekat Epoksi dengan <i>Static Nozzle</i>	39
Gambar 3.19 Penjepitan Sampel Sambungan Komposit CFRP.....	39
Gambar 3.20 Timbangan Digital.....	41
Gambar 3.21 Saringan <i>Stainless Steel</i>	42
Gambar 3.22 Oven Listrik.....	42
Gambar 3.23 Kertas Saring.....	43
Gambar 3.24 Batang Pengaduk.....	43
Gambar 3.25 Wadah Pengaduk.....	43
Gambar 3. 26 Gelas Ukur.....	44
Gambar 3. 27 Cetakan Silikon	44
Gambar 3. 28 Pipet Tetes	45
Gambar 3. 29 Suntikan Ukur	45
Gambar 3. 30 Sarung Tangan.....	45
Gambar 3. 31 Jangka Sorong	46
Gambar 3. 32 Gunting.....	46
Gambar 3. 33 Kuas Silikon	46
Gambar 3. 34 Plastik <i>Vacuum Bag</i>	47
Gambar 3. 35 Mesin <i>Vacuum</i>	47
Gambar 3. 36 Kain <i>Breather</i>	47
Gambar 3. 37 Kain <i>Peel Ply</i>	47
Gambar 3. 38 Gerinda.....	48
Gambar 3. 39 Penjepit.....	48
Gambar 3. 40 <i>Roller Rubber</i>	49
Gambar 3. 41 pH Meter	49
Gambar 3. 42 <i>Scotch Brite Handpad</i>	50
Gambar 3. 43 <i>Universal Testing Machine</i> (UTM)	50
Gambar 3. 44 Abu Sekam Padi	51
Gambar 3. 45 Kalium Hidroksida (KOH 10%).....	51

Gambar 4. 1 Pelat Komposit CFRP	55
Gambar 4. 2 Sertifikat Kalibrasi Alat Uji Tarik UTS.....	56
Gambar 4. 3 Grafik Rata- Rata UTS Sambungan Material CFRP.....	58
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Sifat Mekanik Sambungan.....	58
Gambar 4. 5 Grafik Rata – Rata Regangan Sambungan Komposit CFRP	59
Gambar 4. 6 Nilai Modulus Elastisitas Sambungan	61
Gambar 4. 7 Perbesaran Patahan Komposit CFRP Sambungan <i>Scraft</i>	63
Gambar 4. 8 Patahan Komposit CFRP Sambungan <i>Scraft</i>	63
Gambar 4. 9 Perbesaran Patahan Komposit CFRP Sambungan <i>Singel Lap</i>	64
Gambar 4. 10 Kegagalan Sambungan CFRP Tipe <i>Singel Lap</i>	64
Gambar 4. 11 Perbesaran Patahan Komposit CFRP Sambungan <i>Strap Lap</i>	65
Gambar 4. 12 Kegagalan Sambungan CFRP Sambungan <i>Strap Lap</i>	65
Gambar 4. 14 Perbesaran Patahan Sambungan <i>Butt</i>	66
Gambar 4. 13 Kegagalan Sambungan CFRP Sambungan <i>Butt</i>	66



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Volume Matriks : Penguat CFRP	79
Lampiran 2. Perhitungan Nilai Tegangan Tarik Sambungan CFRP	81
Lampiran 3. Perhitungan Nilai Regangan Tarik Sambungan CFRP	83
Lampiran 4. Perhitungan Nilai Modulus Elastitas CFRP	85
Lampiran 5. Hasil Pengujian Tarik	87
Lampiran 6 Patahan Sampel Sambungan Pelat CFRP	93
Lampiran 7 Dokumentasi Pengujian Tarik Sampel Sambungan.....	97
Lampiran 8 ASTM D-5868-01.....	98

