



**ANALISA VARIASI TEMPERATUR *THERMAL CYCLES* KOMPOSIT
POLYESTER SERAT RAMI DENGAN ADITIF MORTAR
TERHADAP KEKUATAN MEKANIK**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Ardi Dwi Cahya
NIM. 141910101106**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2021**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Khudlori dan Ibunda Siti Munasikah atas segala usaha, dorongan semangat, motivasi dan doa yang tidak ada henti - hentinya demi kesuksesan putranya.
2. Motivasi Wardatul Jannah yang selalu mendukung dan membantu ku.
3. Semua keluargaku yang telah banyak memberikan dukungan, semangat dan motivasi serta doa demi kesuksesanku.
4. Semua teman yang telah menemani perjalanan hidup sewaktu di perkuliahan.
5. Guru-guruku sejak sekolah dasar hingga dosen-dosenku di perguruan tinggi yang telah menuntun, membimbing dan memberi ilmu dengan penuh ketelitian dan kesabaran.
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah (94):6)

“Barang siapa menginginkan soal-soal yang berhubungan dengan dunia, wajiblah ia memiliki ilmunya; dan barangsiapa yang ingin (selamat dan berbahagia) di akhirat, wajiblah ia mengetahui ilmunya pula; dan barangsiapa yang menginginkan keduanya, wajiblah ia memiliki ilmu keduanya pula”

(HR. Bukhari dan Muslim)

“Doa memberikan kekuatan pada orang yang lemah, membuat orang tidak percaya menjadi percaya dan memberikan keberanian pada orang yang ketakutan”

(Aristoteles)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ardi Dwi Cahya

NIM : 141910101106

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisa Variasi Temperatur *Thermal Cycles* Komposit *Polyester* Serat Rami dengan Aditif Mortar terhadap Kekuatan Mekanik” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2021
Yang menyatakan.

Ardi Dwi Cahya
NIM. 141910101106

SKRIPSI

**ANALISA VARIASI TEMPERATUR *THERMAL CYCLES* KOMPOSIT
POLYESTER SERAT RAMI DENGAN ADITIF MORTAR
TERHADAP KEKUATAN MEKANIK**

Oleh :

Ardi Dwi Cahya
NIM. 141910101106

Pembimbing :

Pembimbing Utama : Dedi Dwilaksana S.T., M.T.

Pembimbing Anggota : Sumarji, S.T., M.T

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisa Variasi Temperatur *Thermal Cycles* Komposit *Polyester* Serat Rami dengan Aditif Mortar terhadap Kekuatan Mekanik” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 07 Juli 2021

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dedi Dwilaksana S.T., M.T
NIP. 19691201 199602 1 001

Sumarji, S.T., M.T.
NIP. 19680202 199702 1 001

Dosen Penguji 1,

Dosen Penguji II,

Dr. Salahuddin Junus S.T., M.T
NIP. 19751006 200212 1 001

Ir. Dwi Djumhariyanto M.T.
NIP. 19600812 1998021 001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT
NIP. 19700826 1997021001

RINGKASAN

Analisa Variasi Temperatur *Thermal Cycles* Komposit *Polyester* Serat Rami dengan Aditif Mortar terhadap Kekuatan Mekanik; Ardi Dwi Cahya; 141910101106; 2021; 67 halaman; Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Komposit merupakan suatu bahan gabungan antara matrik dan penguat yang dapat dipilih bahannya berdasarkan perpaduan sifat fisik material penyusun masing-masing untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan bahan yang dipilih. Bahan-bahan yang dipilih dan digabung akan menghasilkan material komposit yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Perkembangan penggunaan komposit menggunakan mortar yang tahan terhadap panas terbukti dapat menambah kekuatan tarik komposit ketika terkena beban termal yang cukup tinggi.

Penelitian ini dilakukan pada komposit serat rami fraksi volume mortar 0%, 10%, 30% dan 50%. Komposit tersebut juga diberi perlakuan siklus termal pada suhu ruangan 100°C 25x, 50x, 75x. Pengujian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengujian Kekuatan Tarik, Kekuatan *Bending* dan pengujian Morfologi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi siklus termal dan fraksi volume mortar terhadap kekuatan tarik dan *bending*, serta mengetahui kondisi morfologi komposit *polyester* serat rami setelah dilakukan pengujian kekuatan tarik.

Hasil penelitian pada kekuatan tarik tertinggi yaitu pada perlakuan fraksi volume 40% mortar dengan pemberian siklus 25x yaitu 19,27 MPa. Kekuatan tarik terendah yaitu pada perlakuan fraksi volume 0% dengan pemberian siklus termal 75x. Hasil penelitian pada pengujian kekuatan *bending* menghasilkan kekuatan *bending* tertinggi yaitu pada perlakuan siklus termal 25x dengan fraksi volume 40% mortar sebesar 56,09 MPa, sedangkan kekuatan *bending* terendah yaitu pada perlakuan siklus termal 75x dengan fraksi volume 0% mortar sebesar 21,88 MPa.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa semakin tinggi siklus termal maka semakin menurun kekuatan tarik dan kekuatan *bending* pada komposit *polyester* serat rami

dengan aditif mortar. Kesimpulan kedua, yaitu semakin tinggi kadar mortar, semakin tinggi kekuatan tarik dan kekuatan *bending* pada komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar. Namun, pada fraksi volume mortar 50% mengalami penurunan kekuatan tarik.



SUMMARY

Analysis of Temperature Variation in Thermal Cycles of Polyester Hemp Composite Fiber with Mortar Additives to Mechanical Strength. Ardi Dwi Cahya; 141910101106; 2021; 67 pages; Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, University of Jember.

Composite is a combination of a matrix and reinforcement material that can be selected based on the combination of the physical properties of each constituent material to meet the needs according to the material chosen. The materials selected and combined will produce composite materials which have different mechanical properties and characteristics from the forming material. The development of the use of composites using heat-resistant mortars has been proven to increase the tensile strength of composites when exposed to high thermal loads.

This research was conducted on composite flax fiber mortar volume fractions of 0%, 10%, 30% and 50%. The composites were also treated with thermal cycles at room temperatures of 100°C 25x, 50x, 75x. Tests used in this research are Tensile Strength, Bending Strength and Morphological testing. This research was conducted to determine the effect of thermal cycle variations and volume fraction of mortar on tensile and bending strength, and to determine the morphological conditions of polyester fiber composite hemp after tensile strength testing.

The results of research on the highest tensile strength is the treatment of volume fraction of 40% mortar by giving a 25x cycle of 19.27 MPa. The lowest tensile strength is the treatment of 0% volume fraction by giving a 75x thermal cycle. The results of the research on bending strength testing resulted in the highest bending strength, namely in the 25x thermal cycle treatment with a volume fraction of 40% mortar at 56.09 MPa, while the lowest bending strength was at the 75x thermal cycle treatment with a volume fraction of 0% mortar at 21.88 MPa.

This study concludes that the higher the thermal cycle, the lower the tensile strength and bending strength of polyester fiber hemp composites with mortar

additives. The second conclusion, namely the higher the mortar content, the higher the tensile strength and bending strength of the polyester fiber flax composite with mortar additives. However, the 50% mortar volume fraction has decreased tensile strength.



Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karuniannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisa Variasi Temperatur *Thermal Cycles* Komposit *Polyester* Serat Rami dengan Aditif Mortar terhadap Kekuatan Mekanik” dengan baik.

Penyelesaian Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih atas semua dukungan dan bantuan kepada:

1. Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT . selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Hari Arbiantara, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Dedi Dwilaksana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama; Sumarji, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota, Dr. Salahudin Junus, S.T.,M.T.. selaku Dosen Penguji I dan Ir. Dwi Djumhariyanto M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah membimbing, meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi.
5. Orang tua tercinta Ayahanda Khudlori dan Ibunda Siti Munasikah yang selalu memberikan doa, kasih sayang, semangat, motivasi dan dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Motivasi Wardatul Jannah yang selalu memberikan support dan motivasi untukku selama penelitian.

Semoga karya ilmiah tertulis ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca sekalian.

Jember, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKARTA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Komposit	5
2.2 Komposit Serat	6
2.3 Komposit Matriks Polimer	8
2.3.1 Tujuan dibentuknya Komposit Matriks Polimer	8
2.3.2 Kelebihan Bahan Komposit Polimer	9

2.4 Resin Polyester	9
2.5 Serat Rami/Goni	10
2.6 Semen Tahan Api/Mortar	11
2.7 Metode Hand Lay Up	13
2.8 Siklus Termal	14
2.9 Pengujian Komposit	15
2.9.1 Pengujian Tarik	15
2.9.2 Pengujian <i>Bending</i>	16
2.9.3 Pengujian Morfologi Makro.....	17
2.9.4 Pengujian Morfologi Mikro	17
2.10 Hipotesa	18
BAB 3. METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	19
3.2.1 Bahan Penelitian	19
3.2.2 Alat Penelitian.....	19
3.3 Variabel Penelitian	20
3.3.1 Variabel Bebas	20
3.3.2 Variasi Penelitian	20
3.3.3 Variabel Terikat	20
3.3.4 Variabel Terkendali	21
3.4 Prosedur Penelitian	21
3.4.1 Langkah-langkah pembuatan sampel komposit.....	21
3.5 Perlakuan Siklus Termal pada Material Komposit Serat Rami dengan Zat Aditif Mortar	22
3.6 Uji Tarik	22
3.7 Uji Bending	23
3.8 Uji Morfologi Makroskopi	23

3.9 Uji Morfologi Mikroskopi	23
3.10 Analisis Data	23
3.11 Diagram Alir	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Pengujian Hipotesa	27
4.1.1 Uji Hipotesa Kekuatan Tarik	27
4.1.2 Uji Hipotesa Kekuatan <i>Bending</i>	28
4.2 Data Hasil Penelitian	30
4.2.1 Hasil Penelitian Kekuatan Tarik	30
4.2.2 Hasil Kekuatan Uji <i>Bending</i> Komposit.	33
4.3 Pengujian Kekuatan Tarik Komposit	36
4.3.1 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan Tarik	36
4.3.2 Pengaruh Variasi Fraksi Volume Mortar terhadap Kekuatan Tarik	38
4.4 Pengujian Kekuatan <i>Bending</i> Komposit.....	40
4.4.1 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan <i>Bending</i>	40
4.4.2 Pengaruh Variasi Fraksi Volume Mortar terhadap Kekuatan <i>Bending</i>	41
4.5. Morfologi Komposit.....	43
4.5.1 Makro Patahan Uji Tarik	43
4.5.2 Mikro Patahan Uji Tarik	48
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

	Halama n
Tabel 2.1 Persyaratan Fisik Semen Mortar	12
Tabel 2.2 Kode Kegagalan Uji Tarik.....	16
Tabel 3.1 Variasi Penelitian.....	20
Tabel 3.2 Sidik ragam rancangan acak kelompok	24
Tabel 4.1 Sidik Ragam ANOVA Uji Tarik	27
Tabel 4.2 Sidik Ragam ANOVA Uji <i>Bending</i>	29
Tabel 4.3 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan Tarik (Mpa)...	37
Tabel 4.4 Pengaruh Variasi Fraksi Volume Mortar terhadap Kekuatan Kekuatan Tarik (Mpa)	38
Tabel 4.5 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan Bending (MPa)	41
Tabel 4.6 Pengaruh Variasi Volume Mortar terhadap Kekuatan Bending (MPa).....	42
Tabel 4.7 Kode Patahan Uji Tarik	44

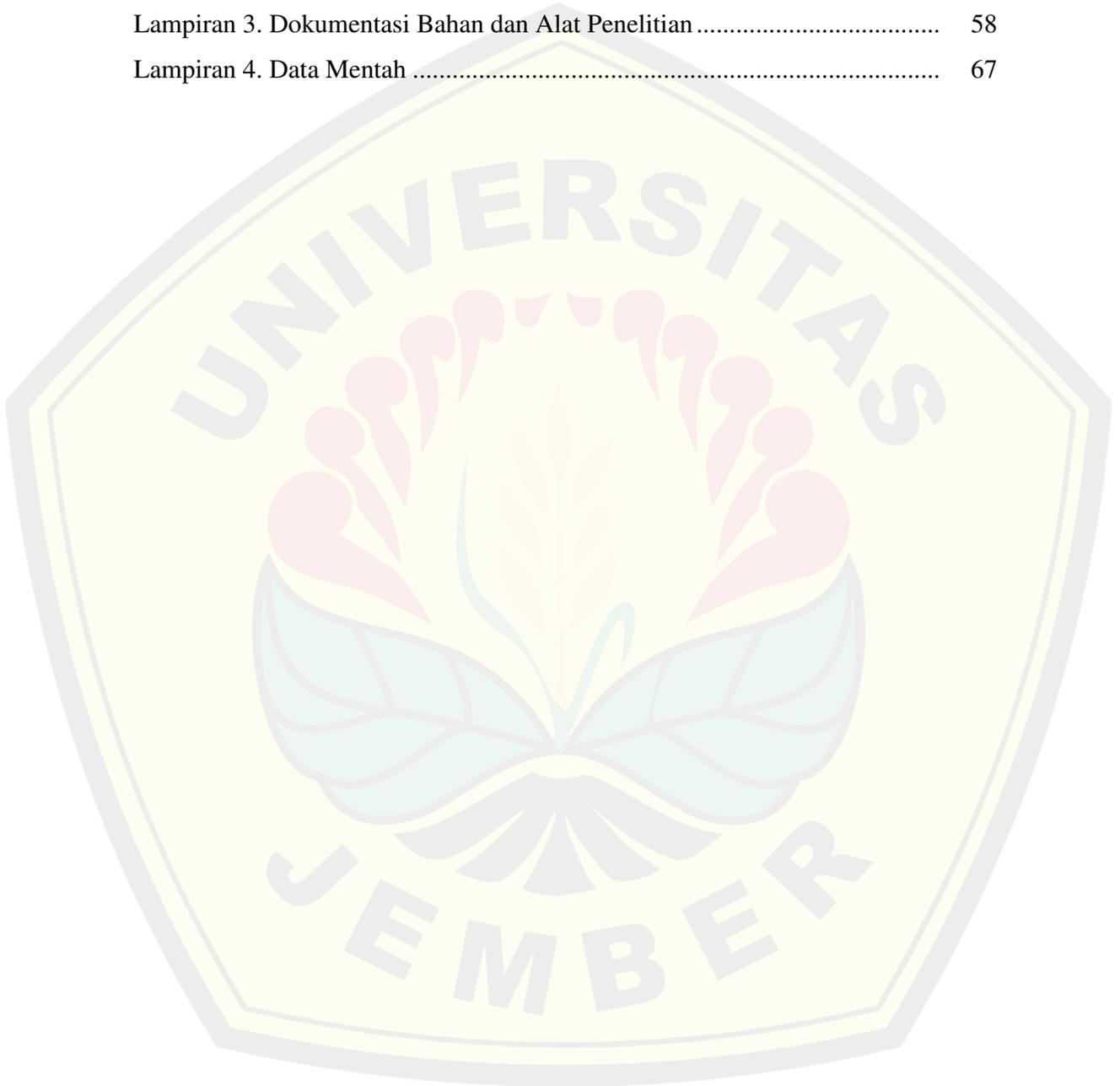
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Komposisi Komposit.....	5
Gambar 2.2 Tipe Komposit Serat.....	7
Gambar 2.3 Tipe <i>Discontinuous Fiber</i>	8
Gambar 2.4 Resin <i>Polyester</i> Yucalac 157 BQTN-EX	10
Gambar 2.5 Serat Rami/Goni.....	11
Gambar 2.6 Mortar.....	12
Gambar 2.7 Metode <i>Hand Lay-Up</i>	13
Gambar 2.8 Standar Persiapan Sampel Uji Tarik ASTM D3039	15
Gambar 2.9 Bentuk Patahan Komposit (Sumber ASTM D3039).....	16
Gambar 2.10 Standar Persiapan Sampel Uji Bending ASTM D790	17
Gambar 3.1 Diagram Alir	26
Gambar 4.1 Kekuatan Tarik Komposit pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 25x	30
Gambar 4.2 Kekuatan Tarik Komposit pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 50x	31
Gambar 4.3 Kekuatan Tarik Komposit pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 75x	32
Gambar 4.4 Kekuatan <i>Bending</i> Komposit pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 25x	34
Gambar 4.5 Kekuatan <i>Bending</i> Komposit pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 50x	35
Gambar 4.6 Kekuatan <i>Bending</i> Komposit pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 75x	36
Gambar 4.7 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan Tarik (Mpa)	37
Gambar 4.8 Pengaruh Variasi Fraksi Volume Mortar terhadap Kekuatan Tarik (Mpa)	39

Gambar 4.9 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan Bending (Mpa)	41
Gambar 4.10 Pengaruh Variasi Fraksi Volume Mortar terhadap Kekuatan Bending (Mpa).....	42
Gambar 4.11 Macam-Macam Patahan komposit ASTM D3039.....	44
Gambar 4.12 Patahan Uji Tarik Komposit Mortar a) 0% b) 30% c) 40% d) 50% pada Pembebanan Siklus Termal 25x.....	45
Gambar 4.13 Patahan Uji Tarik Komposit Mortar a) 0% b) 30% c) 40% d) 50% pada Pembebanan Siklus Termal 50x.....	46
Gambar 4.14 Patahan Uji Tarik Komposit Mortar a) 0% b) 30% c) 40% d) 50% pada Pembebanan Siklus Termal 75x.....	47
Gambar 4.15 Foto Mikro Spesimen Uji Tarik <i>Fraksi Volume</i> 0% Mortar	48
Gambar 4.16 Foto Mikro Spesimen Uji Tarik <i>Fraksi Volume</i> 30% Mortar	48
Gambar 4.17 Foto Mikro Spesimen Uji Tarik <i>Fraksi Volume</i> 40% Mortar	49
Gambar 4.18 Foto Mikro Spesimen Uji Tarik <i>Fraksi Volume</i> 50% Mortar	49

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Pengujian Kekuatan Tarik.....	56
Lampiran 2. Hasil Pengujian Kekuatan <i>Bending</i>	57
Lampiran 3. Dokumentasi Bahan dan Alat Penelitian	58
Lampiran 4. Data Mentah	67



BAB 1.PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman penggunaan dan pemanfaatan material komposit semakin meningkat, penggunaan bahan tersebut semakin meluas mulai dari yang sederhana seperti alat-alat rumah tangga hingga sektor industri baik industri skala kecil hingga industri skala besar. Komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dengan material penyusunnya. Sifat mekanik yang dimiliki komposit lebih baik dibandingkan dengan logam, kekuatan dan kekakuan (*modulus young/density*) yang lebih tinggi dibanding dengan logam. Komposit mempunyai keunggulan tersendiri dibanding dengan bahan teknik alternatif lain seperti kuat, ringan, tahan korosi, ekonomis dan sebagainya.

Aplikasi komposit pada alat transportasi (khususnya pembuatan kapal), material komposit harus tahan dengan temperatur tinggi yang berasal dari mesin kapal tersebut. Selain itu, material komposit harus tahan dengan temperatur rendah ketika mesin kapal dimatikan. Hal itu merupakan suatu masalah besar dari penggunaan polimer berpenguat serat (*Fiber Reinforced Polymer/ FRP*) pada aplikasi struktur teknik. Pada temperatur antara 100-200°C, FRP akan mengalami pelunakan dan *creep* menyebabkan kekuatan mekanis turun dan pada temperatur 300-500°C, komposit polimer akan terdekomposisi, melepaskan panas dan beracun (Azwa, 2013).

Siklus termal yang mendapatkan variasi suhu akan mengalami penurunan kekuatan mekanik komposit, hal ini sesuai dengan penelitian Cao S., Dkk (2009) bahwa kekuatan tarik serat karbon berkurang secara signifikan dengan peningkatan suhu dari 16 °C, 30 °C, 55 °C, 80 °C, 120 °C, 160 °C sampai 200 °C. Komposit CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) dapat berkurang kekuatannya akibat hibridisasi serat pada suhu tinggi. Penelitian sebelumnya untuk metode

perlakuan siklus termal diperoleh hasil pengujian *bending* pada komposit *sanwich* yang telah mengalami perlakuan siklus termal.

Secara umum, tegangan *bending* komposit *sanwich* mengalami penurunan secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur dan siklus. Sebesar 35,5 MPa pada temperatur ruang 25 °C dengan siklus 0x sebagai pembanding. Pada temperatur ruang 75°C dengan siklus 25x; 75x; dan 125x berturut-turut sebesar 20,9 MPa, 13,8 MPa, 11,9 MPa. Pada *temperature* ruang 125°C dengan siklus 25x, 75x, dan 125x berturut-turut sebesar 34,7 MPa, 12,4 MPa, 20,8 MPa. Pada temperatur ruang 175°C dengan siklus 25x, 75x, dan 125x berturut-turut sebesar 35,5 MPa, 27,2 MPa, 14,3 MPa (Hariyanto, 2014). Abdallah (2010), uji tarik komposit serat rami yang telah mengalami kenaikan suhu siklus termal mengalami penurunan kekuatan, temperatur 25°C kekuatan tariknya sebesar 12 Mpa dan temperatur 180°C kekuatatan tariknya mengalami penurunan 6 Mpa.

Peningkatan suhu yang diberikan pada komposit akan menurunkan kekuatan tariknya. Pada komposit matrik *polyester* penurunan kekuatan tarik terjadi saat suhu 50°C sampai suhu di atasnya (Mouritz, 2006). Begitu pula dengan hasil pengujian *bending* pada komposit HDPE yang telah mengalami perlakuan siklus termal, tegangan *bending* komposit *sanwich* mengalami penurunan secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur dari 30°C-110°C sebesar 4,5 MPa turun menjadi 2 MPa. Pengaruh peningkatan temperatur menyebabkan tingkat pertumbuhan kegagalan delaminasi semakin besar (Karso, 2012). Kendala seperti ini dapat dikurangi dengan menambahkan aditif mortar.

Mortar merupakan salah satu material yang dapat digunakan untuk pelapisan pada proses pengecoran logam karena memiliki unsur penyusun utama yaitu silikat oksida (SiO₂). Kandungan *silica* memberikan sifat tahan api yang baik pada mortar. Mortar mempunyai kemampuan mengabsorpsi yang tinggi hingga mencapai temperatur 600°C (Widodo Kushartomo, 2016). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Nanda Dwi Putri menunjukkan bahwa mortar memiliki kekuatan yang dipengaruhi oleh variasi temperatur, semakin tinggi suhu maka kekuatan tekan akan berkurang.

Pada penelitian sebelumnya tentang analisis termal-mekanis komposit bermatrik *polyester* dengan penguat serat rami dengan aditif partikel mortar dengan tujuan meningkatkan kinerja komposit akibat paparan panas menunjukkan bahwa penambahan mortar dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit. Perubahan suhu yang ekstrim dapat mempengaruhi karakteristik dari mortar seperti perubahan kuat tekan, elastisitas, warna dan densitas (Morsy dkk, 2009). Pada penelitian tentang kuat tekan beton serat menggunakan variasi *fiber optic* dan pecahan kaca menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata kadar serat 0,1%; 0,15%; dan 0,2% berturut-turut diperoleh sebesar 22,43 MPa, 24,31 MPa, dan 29,63 MPa.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengaruh variasi suhu siklus termal terhadap sampel uji komposit bermatrik *polyester* berpenguat serat rami dengan aditif partikel mortar dengan tujuan meningkatkan kinerja kekuatan mekanik komposit akibat paparan panas yang berubah-ubah dan pendinginan secara berulang-ulang.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh variasi suhu siklus termal komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar terhadap kekuatan tarik dan *bending*?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi fraksi volume aditif mortar pada komposit *polyester* serat rami terhadap nilai kekuatan tarik dan *bending*?
3. Bagaimanakah kondisi morfologi komposit *polyester* serat rami menggunakan aditif mortar setelah dilakukan pengujian tarik dengan perubahan variasi suhu siklus termal?

1.3 Batasan Masalah

1. Menggunakan partikel mortar SK-36.
2. Menggunakan matrik *unsaturated polyester* Yukalac 157 BQTN-ex.
3. Menggunakan metode *hand-lay up*.
4. Menggunakan serat rami dengan fraksi volume 5%.

5. Pengujian menggunakan metode uji tarik dan uji *bending*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diperoleh dari penelitian tentang pengaruh variasi suhu siklus termal terhadap kekuatan mekanis komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar antara lain :

1. Mengetahui pengaruh variasi suhu siklus termal komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar terhadap kekuatan tarik dan *bending*.
2. Mengetahui pengaruh variasi fraksi volume aditif partikel mortar pada komposit *polyester* serat rami terhadap nilai kekuatan tarik dan *bending*.
3. Mengetahui kondisi morfologi komposit *polyester* serat rami menggunakan aditif partikel mortar setelah dilakukan pengujian tarik dengan perubahan variasi suhu siklus termal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian tentang pengaruh variasi suhu siklus termal terhadap kekuatan mekanis komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar antara lain :

1. Memberikan informasi mengenai karakteristik komposit *polyester* serat rami dengan penambahan aditif partikel mortar akibat perubahan variasi suhu siklus termal.
2. Memberikan informasi kegunaan komposit polimer untuk bidang otomotif, transportasi, dan properti.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

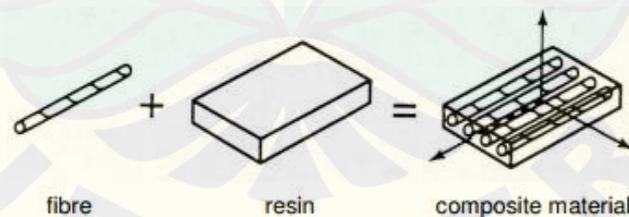
2.1 Pengertian Komposit

Komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dengan material penyusunnya. Komposit tidak hanya memiliki sifat mekanik yang baik saja tetapi juga sifat kimia, sifat panas dan berbagai sifat lain (Bramantyo, 2008). Material penyusun komposit sekurang-kurangnya terdiri dari dua komponen utama yaitu matriks dan penguat.

Matriks adalah fasa dalam komposit yang memiliki bagian atau fraksi volume dominan. Matriks dapat berupa keramik, logam, atau polimer. Matriks memiliki fungsi sebagai berikut :

- a. Melepas ikatan
- b. Melindungi serat
- c. Tetap stabil setelah proses manufaktur
- d. Mentransfer tegangan ke serat
- e. Memisahkan serat
- f. Membentuk ikatan yang padu, permukaan matriks/serat

Penguat atau *filler* berupa lamina, partikel atau serat yang memiliki fungsi untuk menerima distribusi beban tegangan pada komposit menggunakan Yukalac Unsaturated Polyester Resin (Yunus, 2011).



Gambar 2.1 Komposisi Komposit (Sumber, K. van Rijswijk, et al, 2001)

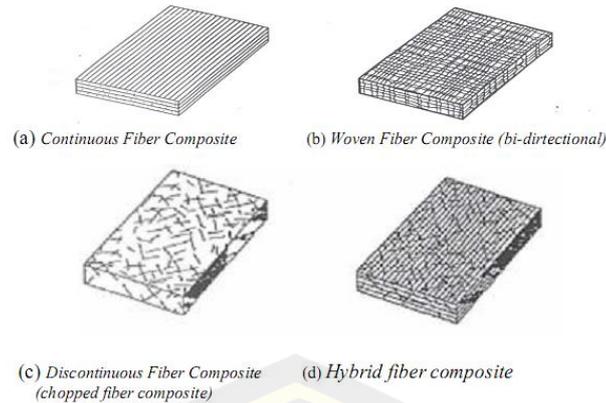
Komposit polimer sekarang telah berkembang pada aplikasi kapal, perahu, otomotif, interior mobil pesawat terbang, pesawat antariksa, peralatan olahraga dan infrastruktur sipil. Penggunaan komposit diberbagai bidang tergantung pada karakter mekanis, termal, kimia dan fisiknya. Kelebihan komposit terhadap berbagai paduan logam diantaranya ringan, kekuatan dan kekakuan spesifik yang tinggi, tahan korosi, ketahanan gesek/aus, isolasi panas dan perambatan panas yang rendah. Untuk memnuhi karakteristik yang diinginkan diperluksn sebuah aditif yang berfungsi untuk melindungi terhadap pengaruh lingkungan (penolak nyala, *antiozon*, penyerap radiasi *ultraviolet*, bahan antistatis dan *antioksidan*).

Masalah yang timbul daripenggunaan serat (*Fiber Reinforced Polymer*) adalah derajat ketahan panas dan keterbatasan informasi sifat material tersebut ketika mengalami pemanasan. Pada suhu yang lebih rendah diantara 100°C-200°C, FRP akan mengalami pelunakan, *creep* dan distorsi menyebabkan kegagalan ketika mengalami pembebanan struktur ketika 300°C-500°C, matriks polimer terdekomposisi, dan melepaskan panas (Yousif, 2013).

2.2 Komposit Serat (*fiber composite*)

Komposit serat merupakan komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Fungsi utama dari serat adalah menopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit tergantung pada serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit akan diteruskan pada serat, sehingga serat akan menahan sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus memiliki modulus elastisitas dan tegangan tarik yang lebih tinggi daripada matriks penyusun komposit. Pemilihan serat atau penguat penyusun komposit juga harus mempertimbangkan beberapa hal salah satunya adalah harga. Hal ini penting karena sebagai pertimbangan bila akan digunakan produksi skala besar.

Komposit serat terbagi menjadi 4 macam yaitu :



Gambar 2.2 Tipe Komposit Serat (Sumber : Yunus. 2011)

1. *Continuous fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat kontinyu)

Continuous memiliki susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina pada matriksnya. Komposit ini yang paling sering digunakan. Kekurangan pada tipe ini adalah lemahnya kekuatan antar lapisan. Hal itu disebabkan oleh matriks yang mempengaruhi kekuatan.

2. *Woven fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat anyaman)

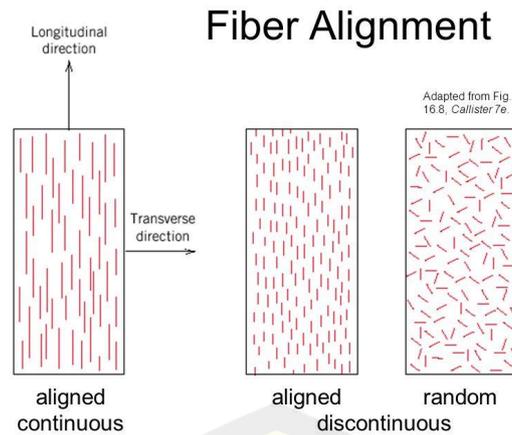
Komposit ini tidak mudah terpengaruh oleh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Akan tetapi serat memanjangnya tidak lurus yang menyebabkan kekakuan dan kekuatan tidak sebaik tipe *continuous fiber*.

3. *Chopped fiber composite* (komposit diperkuat serat pendek/acak)

Komposit tipe ini dibagi lagi menjadi :

- a) *Aligned discontinuous fiber*
- b) *Off-axis aligned discontinuous fiber*
- c) *Randomly oriented discontinuous fiber*

Randomly oriented discontinuous fiber merupakan komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantar matriksnya. Jenis serat acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah. Kekurangan dari serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama.



Gambar 2.3 Tipe *Discontinuous Fiber* (Sumber : Yunus. 2011)

4. *Hybrid composite* (komposit diperkuat serat kontinyu den serat acak)

Hybrid composite merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Dimana pertimbangannya supaya dapat meminimalisir kekurangan dan dapat menggabungkan kelebihan dari masing-masing tipe serat.

2.3 Komposit Matriks Polimer

Komposit matriks polimer merupakan teknologi komposit yang paling sering digunakan. Komposit matriks polimer terdiri dari polimer (*polyester, epoxy, urethane*) kemudian diperkuat dengan fiber yang berdiameter kecil (boron, grafit, serat alam ataupun aramids).

2.3.1 Tujuan dibentuknya Komposit Matriks Polimer

Berikut ini adalah tujuan dibentuknya komposit matriks polimer, yaitu sebagai berikut :

- a. Keleluasaan dalam bentuk atau desain yang dapat menghemat biaya dan menjadikan bahan lebih ringan
- b. Mempermudah desain yang sulit pada proses manufaktur
- c. Memperbaiki sifat mekanik dan sifat spesifik tertentu

2.3.2 Kelebihan Bahan Komposit Polimer

Bahan komposit matriks polimer memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan teknik konvensional seperti logam. Kelebihan tersebut umumnya dapat dilihat dari beberapa aspek penting dalam beberapa sifat fisik dan mekanikal yaitu sebagai berikut :

- a. Koefisien pemuaian yang rendah
- b. Mudah diproses (dibentuk)
- c. Perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan
- d. Bahan komposit memiliki massa jenis yang jauh lebih ringan dibandingkan dengan bahan konvensional
- e. Bahan komposit mempunyai kelebihan dari segi versatility (berdaya guna) yaitu produk yang mempunyai gabungan sifat-sifat yang menarik yang dapat dihasilkan dengan mengubah sesuai jenis matriks dan serat yang digunakan
- f. Dalam industri angkasa lepas terdapat kecenderungan untuk menggantikan komponen yang terbuat dari logam dengan komposit karena terbukti komposit mempunyai rintangan terhadap fatigue yang terbaik terutama komposit yang menggunakan serat karbon
- g. Kelemahan logam yang terlihat jelas adalah rintangan terhadap korosi, terutama produk kebutuhan sehari-hari. Kecenderungan komponen logam untuk mengalami korosi menyebabkan biaya pembuatan yang tinggi. Sebaliknya, bahan komposit mempunyai rintangan terhadap korosi yang baik.

2.4 Resin Polyester

Resin polyestr (Yukalac 157 BTQN-EX) digunakan sebagai bahan matriks dengan densitas $1,215 \text{ g/cm}^3$, titik leleh 170°C dengan serapan air 0,118% (24 jam), tensile strength $5,5\% \text{ kg/mm}^2$ dan perpanjangan putus 1,6% (Mashuri, 2007). *Polyester* ini merupakan jenis *ortho-phthalic* resin dan sangat populer dibidang pembuatan kapal di Indonesia. Bidang aplikasi lainnya : ornamen, tangki, alat samiter

dan lain-lain. YUKALAC® 157 BQTN-EX ber-sertifikat LR register & FDA (Justus, 2011).

Jenis dari resin *polyester* yang digunakan sebagai matriks komposit adalah tipe yang tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang merupakan termoset yang dapat mengalami pengerasan dari fasa cair menjadi fasa padat saat mendapat perlakuan panas. Berbeda dengan *polyester* jenuh (*saturated polyester*) yang tidak bisa mengalami pengerasan jika mendapat perlakuan panas, oleh karena itu penelitian ini menggunakan resin *polyester* tidak jenuh (*unsaturated polyester*).



Gambar 2.4 Resin *Polyester* Yucalac 157 BQTN-EX (<http://YUKALAC®> UNSATURATED POLYESTER RESIN 157 BQTN-E Chemicals - Waytoideal.com)

2.5 Serat Rami/Goni

Tanaman rami atau yang dikenal dengan nama latinnya *Boehmeria nivea* (L) *Goud* merupakan tanaman tahunan berbentuk rumpun yang dapat menghasilkan serat alam nabati dari pita (*ribbons*) pada kulit kayunya yang sangat keras dan mengkilap. Tanaman rami mudah tumbuh dan dikembangkan di daerah tropis, tahan terhadap penyakit dan hama, serta dapat mendukung pelestarian lingkungan. Dalam hal tertentu serat rami memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat lainnya seperti daya serap terhadap air, kekuatan tarik yang tinggi, tahan terhadap kelembapan dan bakteri, tahan terhadap panas serta peringkat nomor dua setelah sutera dibandingkan serat alam

lainnya dan lebih ringan dibanding serat sintetis dan ramah lingkungan (Purboputro dan Hariyanto, 2017).



Gambar 2.5 Serat Rami/Goni

Dari pertimbangan tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data tentang kekuatan tarik dan kekuatan *bending* dari serat rami menggunakan matriks *polyester* serta dibuat dengan metode *hand lay up* atas beberapa sifat yang dimiliki oleh serat rami yaitu :

1. Memiliki kekuatan 4x > linen, 6x dari sutera dan 7x dari kapas.
2. Elastis rendah, licin dan kaku.

2.6 Semen Tahan Api (Mortar)

Semen tahan api (Mortar) merupakan campuran dari semen, pasir dan batu kapur (limestone). Semen mortar adalah semen yang dikembangkan untuk digunakan dalam struktur aplikasi yang membutuhkan daya lentur tinggi kekuatan ikatan, yaitu daerah seismik tinggi. Semen mortar memiliki klasifikasi standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*) C1329-05 *Standart Specification for Mortar Cement* (Sieto, 2007). Berikut persyaratan fisik dari semen mortar sesuai ASTM International 1329-05.

Tabel. 2.1 Persyaratan Fisik Semen Mortar

Tipe Semen Mortar	N	S	M
Kehalusan, residu pada ayakan 45 μ m (No.325), maks, %	24	24	24
Ekspansi autoclave, maks, %	1.0	1.0	1.0
Pengaturan waktu, metode Gillmore:			
Set awal, menit, tidak kurang dari	120	90	90
Set awal, menit, tidak lebih dari	1000	1000	1000
Kekuatan tekan kubus mortar, terdiri dari 1 bagian semen dan bagian pasir campuran (setengah nilai) pasir standar dan setengah standar 20-30 pasir) berdasarkan volume, disiapkan dan diuji sesuai dengan spesifikasi ini, harus sama dengan atau lebih tinggi dari nilai yang ditentukan untuk usia yang ditunjukkan dibawah ini:			
7 hari, MPa (psi)	3.5 (500)	9.0 (1300)	14.4 (1800)
28 hari, MPa (psi)	6.2 (900)	14.5 (2100)	20.0 (2900)
Kekuatan ikatan lentur:			
28 hari, menit, Mpa (psi)	0.5 (70)	0.7 (100)	0.8 (115)
Konten udara mortar:			
Min, volume %	8	8	8
Maks, volume %	17	15	15
Nilai retensi air, min, %, dari aliran asli	70	70	70

Sumber : King Mongkut of Tech N. Bangkok pursuant to License Agreement, 2010)

Semen mortar diklasifikasikan sebagai tipe N, S, M sesuai dengan persyaratan fisik pada Tabel 2.1. Klasifikasi semen mortar harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Tabel 2.1 (King Mongkut of Tech N. Bangkok pursuant to License Agreement, 2010). Fungsi mortar adalah sebagai pengisi dari matriks pengikat bagian penyusun. Penggunaan mortar untuk komposit yang bersifat struktural misalnya mortar pembuatan tempat mesin pada perahu motor yang menggunakan bahan komposit, sedangkan yang bersifat non-struktural misalnya mortar sebagai pengisi pada matriks komposit (Lomboan, dkk. 2016).



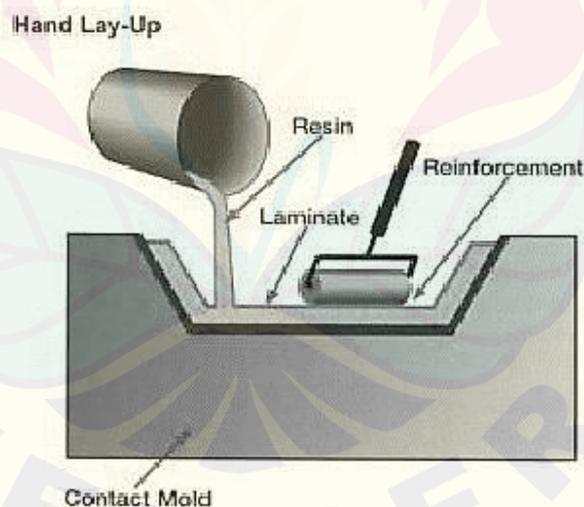
Gambar 2.6 Mortar (Sumber batatahanapi.info)

2.7 Metode *Hand Lay Up*

Hand lay-up adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit (Setyanto, 2012). Adapun proses dari pembuatan dengan metode ini dengan cara menggunakan resin kedalam serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar. Kelebihan menggunakan metode *hand lay up* sebagai berikut :

1. Volumennya rendah,
2. Mudah dilakukan,
3. Cocok digunakan untuk komponen yang besar.

Aplikasi dari pembuatan produk komposit menggunakan metode *hand lay up* ini biasanya digunakan pada material atau komponen yang sangat besar, seperti pembuatan bak mandi, bodi kendaraan, perahu, bodi kapal, bilah turbin angin, dan lain-lain.



Gambar 2.7 Metode *Hand Lay-Up* (Sumber : Setyanto, 2012)

2.8 Siklus Termal

Siklus termal merupakan perlakuan spesimen terhadap kekuatan mekanis dengan diberi perlakuan panas secara berulang dan membentuk suatu siklus pada material tersebut. Menurut Karso dkk. (2012) jika suhu yang bervariasi pada siklus termal menjadi meningkat menyebabkan kekuatan mekanik komposit akan menurun. Cara perlakuan siklus termal yaitu material yang diberi perlakuan panas dimasukkan kedalam oven dengan temperatur tertentu selama beberapa menit sesuai standar, kemudian ditahan dalam suhu lingkungan dalam beberapa menit, setelah itu material dimasukkan kedalam *refrigerator* (pendingin) dengan temperatur tertentu selama beberapa menit merupakan satu siklus termal. Hal ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan material komposit terhadap daya tahan mekanis yang disebabkan oleh temperatur yang berubah secara ekstrim. Dengan demikian dapat diketahui seberapa besar kemampuan material komposit dalam menahan suhu ekstrim ditambah dengan beban yang digunakan untuk pengujian.

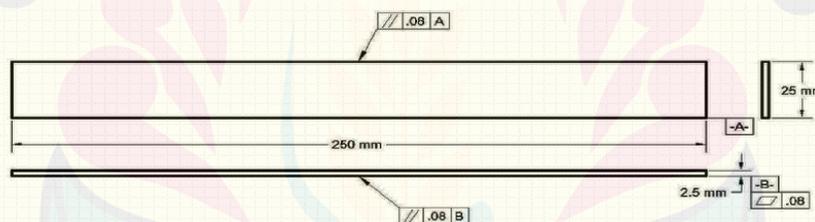
Siklus termal yang diperlakukan dalam penelitian untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekuatan lentur serta perbedaan morfologi. Menurut Cao *et.al* (2009), suhu yang semakin meningkat akan mengakibatkan kekuatan tarik pada serat karbon berkurang. Hasil penelitian Karso dkk. (2012) menunjukkan komposit sebelum dan komposit mengalami perubahan warna, dimana komposit sebelum diperlakukan siklus termal berwarna lebih gelap. Sedangkan, komposit setelah diperlakukan siklus termal memiliki warna yang lebih terang dan kering daripada komposit sebelum diperlakukan siklus termal. Suhu semakin meningkat menyebabkan penurunan kekuatan bending komposit HDPE - sampah organik. Hal tersebut terjadi karena komposit tersebut mengalami perubahan dari padat ke cair sehingga ikatan antar muka antar komposit menjadi melemah dan memberikan pori yang semakin banyak apabila suhu semakin meningkat. Pori tersebut mengakibatkan adanya retakan. Menurut Perdana (2013), siklus termal dengan kekuatan tarik pada komposit memiliki hubungan berbalik. Apabila siklus semakin meningkat maka kekuatan tarik semakin menurun, begitu pula sebaliknya.

Masalah yang sering terjadi dari penggunaan polimer berpenguat serat (*Fiber Reinforced Polymer*) terletak pada aplikasi struktur teknik yang derajat ketahanan panas lebih rendah yaitu 100°C-200°C, FRP akan mengalami pelunakan, creep dan terdistorsi ketika diberi suhu 300°C-500°C (Yousif dalam Nasiruddin, 2014).

2.9 Pengujian Komposit

2.9.1 Pengujian Tarik

ASTM D3039 merupakan standar pengujian sifat tarik pada komposit yang bematriks polimer. Laminate yang seimbang dan simetris pada material komposit ditentukan oleh tipe serat yang kontinu atau serat yang diskontinu. Metode pengujiannya dengan menggunakan sebuah flat strip tipis yang berbentuk persegi panjang dengan penampang dipasang pegangan dan beban yang tetap. Kekuatan akhir material dapat ditentukan dari beban maksimum dilakukan sebelum kegagalan. Metode pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tarik akhir.



Gambar 2.8 Standar Persiapan Sampel Uji Tarik ASTM D3039

Perhitungan tegangan tarik akhir menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

σ = Tegangan tarik (MPa)

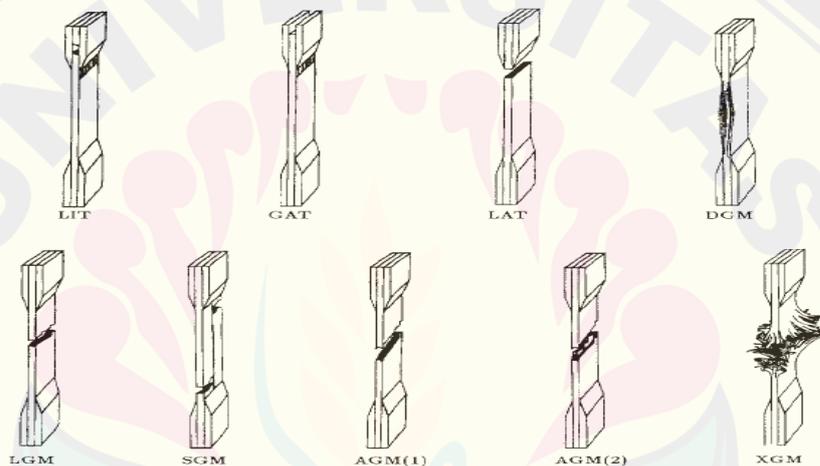
F = Beban maksimum (N)

A = Luasan penampang spesimen (mm^2)

Tabel 2.2 Kode Kegagalan Uji Tarik

Karakter Pertama		Karakter Kedua		Karakter Ketiga	
Type Kegagalan	Kode	Luas Kegagalan	Kode	Lokasi Kegagalan	Kode
Sudut	A	Didalam Grip/cekam	I	Bottom	B
Delaminasi	D	Pada Grip/cekam	A	Top	T
Grip/Cekam	G	<1W dari Grip/cekam	W	Left	L
Lateral	L	Gage	G	Right	R
Multi-mode	M(xyz)	Multiple Areas	M	Middle	M
Long splitting	S	Varius	V	Varius	V
Explosive	X	unknown	U	unknown	U
Other	O				

Sumber : *American Standards Testing of Material D3039* (Paiva and Santos, 2009)

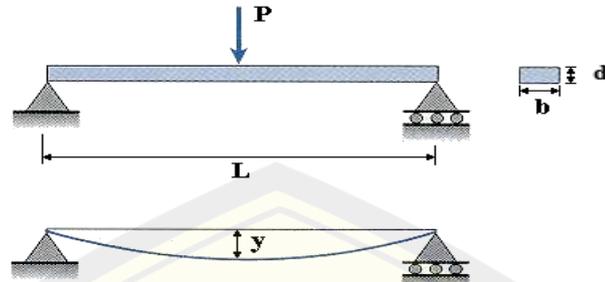


Gambar 2.9 Bentuk Patahan Komposit ((Paiva and Santos, 2009))

2.9.2 Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* adalah pengujian dimana spesimen akan diberikan gaya tekan sehingga spesimen memiliki tegangan dalam material sebelum menghasilkan data uji lentur. Uji lentur yang paling sering digunakan adalah uji lentur melintang, dimana spesimen yang memiliki penampang melingkar atau persegi panjang dibengkokkan sampai patah sehingga menghasilkan uji lentur tiga titik. Kekuatan lentur mewakili tegangan tertinggi yang dialami dalam material pada momen hasil.

Penelitian ini menggunakan ASTM D790 seperti gambar berikut.



Gambar 2.10 Standar Persiapan Sampel Uji Bending ASTM D790

$$\sigma = \frac{3 P L}{2 b d^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

σ = Tegangan Bending (MPa)

P = Beban (N)

L = Jarak antar penyangga (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

2.9.3 Pengujian Morfologi Makro

Pengujian morfologi menggunakan foto makro dengan kamera handphone 13 MP. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tampilan tentang cacat yang terjadi akibat perlakuan termal mekanis. Pengambilan foto dilakukan pada permukaan yang mengalami patahan untuk mengetahui bentuk patahan dan jenis patahan yang terjadi.

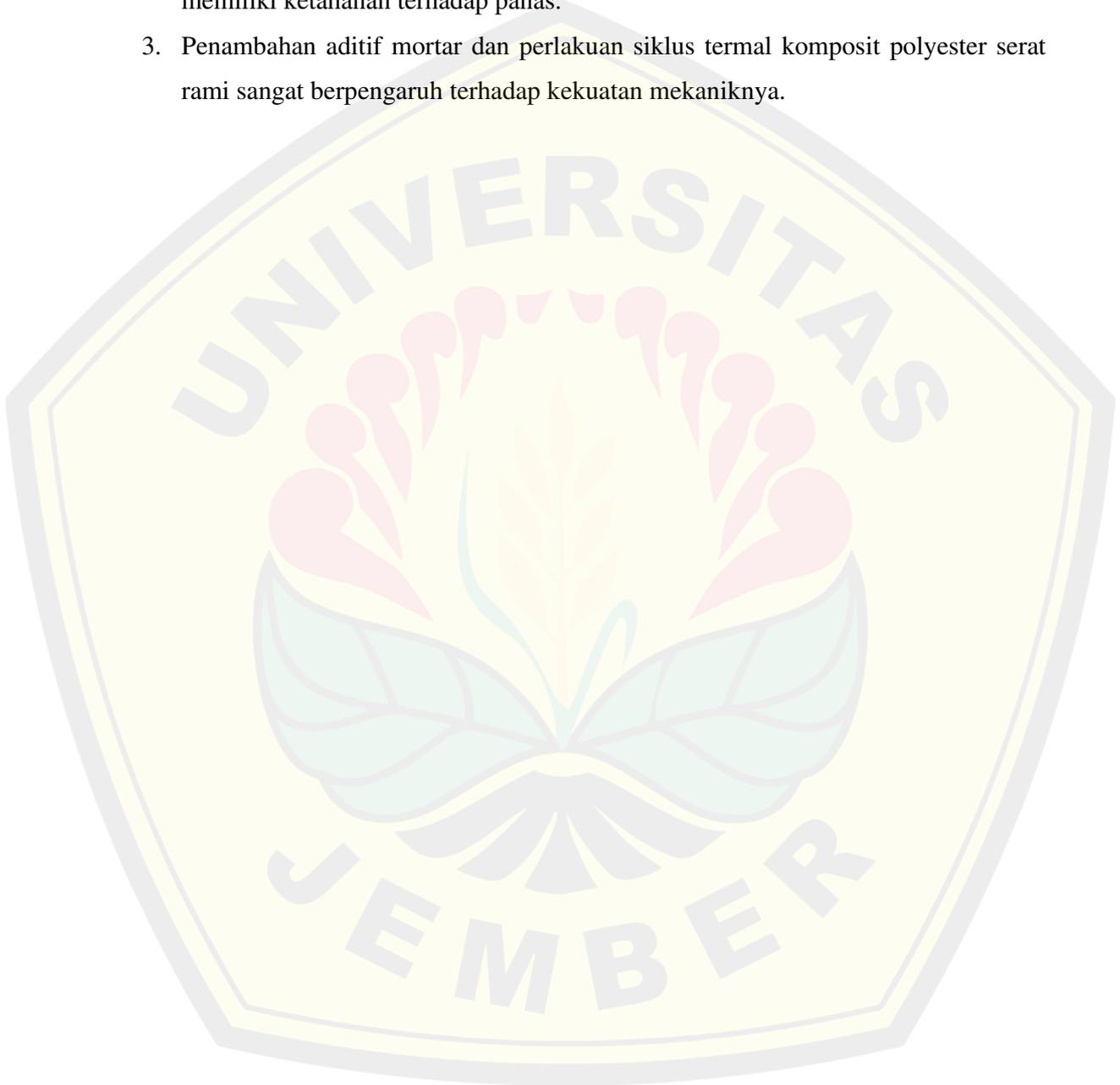
2.9.4 Pengujian Morfologi Mikro

Pengujian morfologi mikro menggunakan alat *Microskop Portable*. Hal ini dilakukan untuk melihat hasil patahan yang tidak bisa dilihat menggunakan kamera biasa. Pengujian mikro ini bertujuan untuk melihat kegagalan antar ikatan matrik dan penguat.

2.10 Hipotesa

Hipotesis pada penelitian ini yaitu:

1. Semakin banyak perlakuan siklus termal pada pengujian tarik dan pengujian *bending* komposit polyester serat rami semakin menurun.
2. Penambahan aditif mortar memberikan peningkatan kekuatan karena mortar memiliki ketahanan terhadap panas.
3. Penambahan aditif mortar dan perlakuan siklus termal komposit polyester serat rami sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekaniknya.



BAB 3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah penggabungan antara eksperimen di lapangan dan pengkajian studi literatur dari berbagai sumber baik dari buku, jurnal yang ada maupun dari situs internet.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2018 sampai selesai, pelaksanaan dilaksanakan dengan tiga tahap yaitu pendahuluan dilaksanakan di Laboratorium Terapan Fakultas Teknik Universitas Jember. Tahap kedua aplikasi perlakuan pada komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar. Tahap ketiga pengujian spesimen dengan uji tarik dan uji *bending* yang dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Jember.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Serat rami/goni
2. Semen mortar SK-36
3. Resin (*unsaturated polyester*) Yukalac 157 BQTN-EX
4. Katalis

3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Termostat
2. Timbangan digital
3. Cetakan komposit dari kaca
4. Plastikessica

5. Gelas plastik
6. Cutter dan gunting
7. Penggaris
8. Palu
9. Oven
10. *Refrigrator*
11. Kamera
12. Gerinda tangan
13. Ayakan Mesh

3.3 Variabel penelitian

Variabel yang diamati terdiri dari tiga macam yaitu :

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain, variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

3.3.2 Variasi Penelitian

Tabel 3.1 Variasi Penelitian

Variasi (X) \ MORTAR (Y)	25x (X ₁)	50x (X ₂)	75x (X ₃)
0% (Y ₀)	X ₁ Y ₀	X ₂ Y ₀	X ₃ Y ₀
30% (Y ₁)	X ₁ Y ₁	X ₂ Y ₁	X ₃ Y ₁
40% (Y ₂)	X ₁ Y ₂	X ₂ Y ₂	X ₃ Y ₂
50% (Y ₃)	X ₁ Y ₃	X ₂ Y ₃	X ₃ Y ₃

3.3.3 Variabel Terikat

Variabel ini dipengaruhi oleh lain, variabel ini disebut juga variabel tergantung. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan tarik dan kekuatan *bending*.

3.3.4 Variabel Terkendali

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah lama perendaman serat, lebar serat, orientasi serat acak (*Chopped fiber composite*), penggunaan katalis sebesar 1%, perendaman larutan dalam kondisi suhu kamar $\pm 27^{\circ}\text{C}$, konsentrasi larutan (5% NaOH) dan konsentrasi *polyester*.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Langkah-langkah pembuatan sampel komposit

1. Pertama menyiapkan cetakan kaca beserta alat pendukung untuk membuat sampel.
2. Menentukan ukuran serat rami untuk sampel uji tarik dan uji *bending*.
3. Melakukan pengukuran dan penimbangan resin sesuai dengan kebutuhan, lalu menambahkan katalis 1%, dan menimbang mortar. Kemudian mencampurkan resin, katalis dan mortar dengan presentase sesuai dengan hitungan pengadukan 100 kali saat mencampurkan resin dan katalis, lalu dilakukan pengadukan sebanyak 60 kali saat mencampurkan resin-katalis dengan mortar. Campuran resin, katalis dan mortar disebut sebagai larutan campuran matriks.
4. Cetakan dilapisi dengan margarin secukupnya pada permukaan pinggiran cetakan kaca supaya memudahkan pelepasan sampelnya nanti, kemudian penuangan larutan campuran matriks pada cetakan hingga terisi setinggi 3 mm, lalu serat rami diletakkan dengan metode orientasi serat acak (*Random-discontinuous*) diatas larutan campuran matriks, setelah itu ditambahkan lagi campuran kedalam cetakan. Cetakan ditutup dengan plastik *yessica*. Plastik tidak terjadi rongga udara (*void*) saat menutup cetakan.
5. Setelah itu ditunggu hingga setengah hari, kemudian hasil cetakan dilepaskan dari cetakan. Dilakukan pemotongan pada sisi kiri dan kanan yang berlebih pada komposit dengan menggunakan gerinda tangan. Kemudian, diberikan pemberat kepada sampel uji selama 3 hari untuk menghindari komposit mengalami pelengkungan.

3.5 Perlakuan Siklus Termal pada Material Komposit Serat Rami dengan Zat Aditif Mortar

1. Sampel yang sudah kering diletakkan diatas Loyang untuk perlakuan siklus termal sebanyak 25x, 50x dan 75x.
2. Suhu awal sampel dilihat dengan *temperatur detector* dipastikan sesuai suhu kamar $\pm 27^{\circ}\text{C}$.
3. Setelah itu suhu dinaikkan secara perlahan hingga mencapai suhu 100°C lalu dilakukan penahanan selama 10 menit.
4. Setelah itu dilakukan pendinginan secara perlahan hingga suhu kamar $\pm 27^{\circ}\text{C}$.
5. Setelah itu suhu diturunkan dibawah suhu kamar hingga mencapai 0°C dan dilakukan penahanan selama 10 menit.
6. Lalu sampel kembali dinaikkan suhunya dengan memanaskan hingga suhu kamar 27°C .
7. Kemudian dilakukan pengulangan sebanyak 25x, 50x dan 75x siklus termal.

3.6 Uji Tarik

Spesimen dilakukan uji tarik dengan menggunakan mesin uji tarik sesuai dengan standar ASTM D3039. Saat pengujian tarik siap dilakukan, penanda *displacement* di atur dengan meletakkan ujung dasar sampel ke dasar mesin uji tarik. Saat penanda *displacement* tidak lagi menyentuh dasar mesin uji tarik, dilakukan pengaturan ulang dengan mengendorkan pengikatnya dan meletakkan ke dasar mesin uji tarik. Hal ini bertujuan supaya penanda *displacement* dapat bekerja dengan baik. Dilakukan peresetan ulang display saat akan dilakukan pengujian tarik. Proses pengujian dilakukan dengan 2 orang, orang pertama memegang pencekam sedangkan orang kedua mengungkit tuas yang telah disiapkan. Selama proses pengujian dilakukan perekaman sebagai data virtual pengujian tarik dan untuk pengolahan data hasil pengujian tarik.

3.7 Uji Bending

Pengujian *bending* dilakukan dengan mesin uji tekuk, dimana spesimen diletakkan diantara penyangga kemudian diberikan gaya samapai spesimen patah. Setelah itu akan didapatkan data dari hasil pengujian *bending* tersebut. Adapun dimensi yang dipakai dalam pengujian ini adalah ASTM D790

3.8 Uji Morfologi Makroskopi

Setelah spesimen dilakukan pengujian tarik, dilakukan pengujian makro yaitu melihat struktur hasil patahan spesimen secara makroskopik dengan kamera setelah dilakukan pengujian tarik, spesimen diidentifikasi pada posisi mana spesimen mengalami kegagalan putus.

3.9 Uji Morfologi Mikroskopik

Pengujian mikro yaitu melihat struktur hasil patahan spesimen secara mikroskopik dengan *mikroskop portable* setelah dilakukan pengujian tarik, spesimen diidentifikasi kegagalan putus yang terjadi.

3.10 Analisa Data

Analisa data dilakukan setelah diproses hasil pengujian morfologi, pengujian uji tarik dan *bending* dengan perlakuan siklus termal terhadap komposit *polyester* serat rami-mortar ialah sebagai berikut :

1. Analisis pengaruh variasi fraksi aditif mortar pada komposit matriks *polyester* berpenguat serat rami terhadap nilai kekuatan tarik dan kekuatan *bending*.
2. Analisis pengaruh banyaknya perlakuan siklus termal terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending* komposit matriks *polyester* berpenguat serat rami menggunakan aditif mortar.
3. Analisis kondisi morfologi matriks *polyester* berpenguat serat rami menggunakan aditif partikel mortar setelah dilakukan pengujian tarik dan *bending* dengan variasi banyaknya siklus termal.

4. Menggunakan statistik anova sebagai analisa pengaruh variasi fraksi berat aditif mortar pada komposit matriks *polyester* berpenguat serat rami terhadap nilai kekuatan tarik dan kekuatan *bending*.

Data yang terkumpul diuji menggunakan ANOVA (*Analysis of Varians*) seperti pada persamaan (3.2). Format uji dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Sidik ragam rancangan acak kelompok

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel
Kelompok	r-1	JKK	KTK		
Perlakuan	ab-1	JKP	KTP	KTP/KTG	$F_{(\alpha, db-P, db-G)}$
Siklus termal (A)	a-1	JK(A)	KT(A)	KT(A)/KTG	$F_{(\alpha, db-A, db-G)}$
Volume Mortar (B)	b-1	JK(B)	KT(B)	KT(B)/KTG	$F_{(\alpha, db-B, db-G)}$
AB	(a-1)(b-1)	JK(AB)	KT(AB)	KT(AB)/KTG	$F_{(\alpha, db-AB, db-G)}$
Galat	ab(r-1)	JK(G)	KTG		
Total	abr-1	JKT			

Kesimpulan:

Pengaruh Utama Faktor A

$H_0 = \sum^2 \alpha = 0$ (faktor siklus termal tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending*)

$H_1 = \sum^2 \alpha > 0$ (faktor siklus termal berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending*)

Pengaruh Utama Faktor B

$H_0 = \sum^2 \beta = 0$ (faktor volume mortar tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending*)

$H_1 = \sum^2 \beta > 0$ (faktor volume mortar berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *bending*)

Pengaruh Interaksi A x B

$H_0 = \sum^2 \alpha\beta = 0$ (faktor siklus termal dan volume mortar tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan volume mortar)

$H_1 = \sum^2 \alpha\beta > 0$ (faktor siklus termal dan volume mortar tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan volume mortar)

Interaksi masing-masing perlakuan diuji menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% sesuai persamaan

$$R_p = r_{\alpha, \rho, v} S_{\bar{y}}$$

$$R_p = r_{\alpha, \rho, v} \sqrt{\frac{KTG}{r}}$$

Dengan:

R_p = Wilayah nyata terpendek

KTG = Kuadrat Tengah Galat

r = ulangan

$r_{\alpha, \rho, v}$ = nilai wilayah nyata Duncan

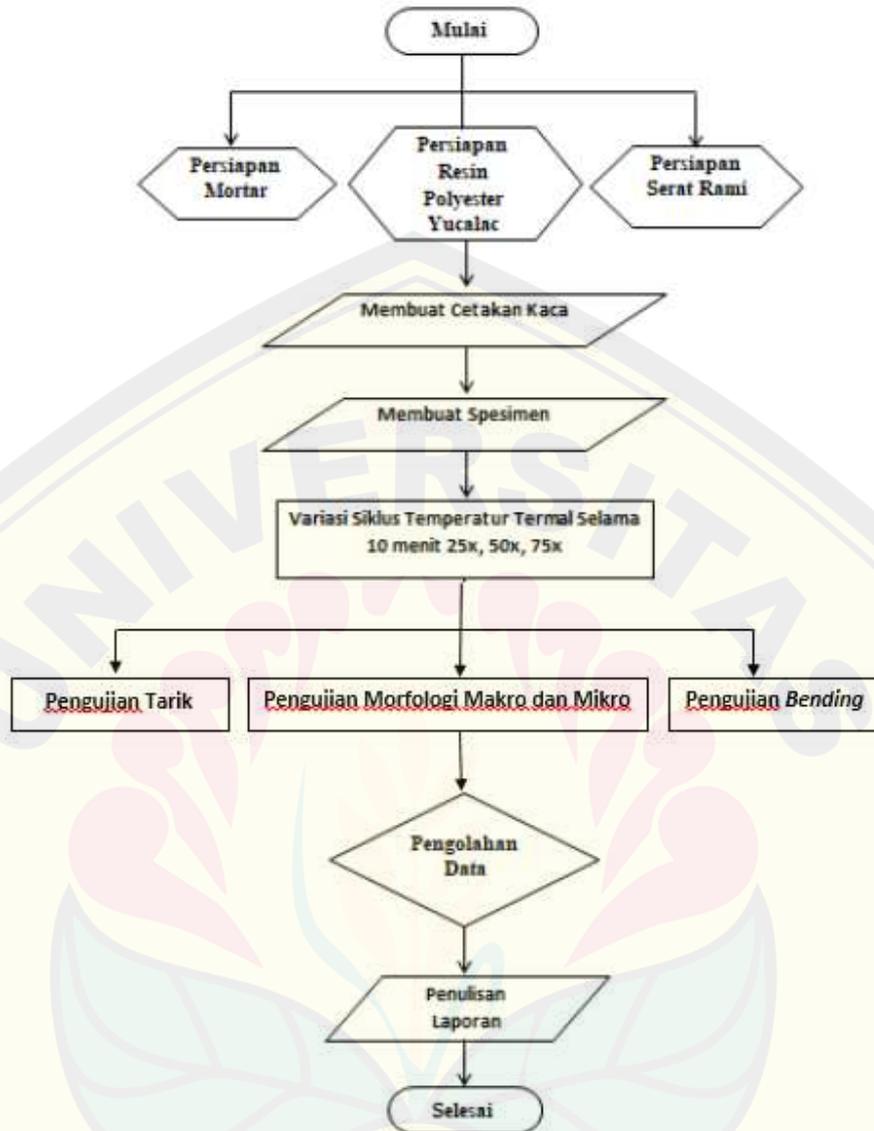
α = taraf nyata

ρ = jarak relatif antara perlakuan tertentu dengan peringkat berikutnya

v = derajat bebas galat.



3.11 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Hipotesa

4.1.1 Uji Hipotesa Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik pada komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar yang diberikan pembebanan siklus termal memiliki sebuah hipotesa. Pengujian hipotesa pada komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar yang diberikan pembebanan siklus termal menggunakan statistik ANOVA. Berikut adalah statistik sidik ragam ANOVA dari hasil kekuatan tarik yang telah dilakukan pada penelitian ini:

Tabel 4.1 Sidik Ragam ANOVA Uji Tarik

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel
Kelompok	2	0,06	0,03	1,54	3,40
Perlakuan	11	429,57	39,05	1877,33	2,22
Siklus termal (A)	2	201,33	100,67	4839,31	3,40
Volume Mortar (B)	3	219,73	73,24	3521,05	3,01
AB	6	8,51	1,42	68,15	2,51
Galat	24	0,50	0,02		
Total	35	430,14			

Keterangan :

Ho : Tidak ada pengaruh penambahan mortar dan peningkatan suhu siklus termal terhadap kekuatan tarik komposit.

H1 : Ada pengaruh penambahan mortar dan peningkatan suhu siklus termal terhadap kekuatan tarik komposit.

Hasil pengujian kekuatan tarik dapat dilihat pada Tabel 4.1. menunjukkan hasil perhitungan dari pengujian kekuatan tarik yang telah dilakukan. Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai F-hitung pada pengaruh siklus termal dan volume mortar memiliki nilai 68,15. Sedangkan nilai F-tabel 5% menunjukkan bahwa F-hitung pada pengaruh siklus termal dengan volume mortar memiliki nilai 2,51. Hasil tersebut menunjukkan bahwa $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$ $68,15 > 2,51$ artinya berbeda nyata. Berbeda

nyata menunjukkan bahwa siklus termal dengan volume mortar memiliki pengaruh dalam penelitian ini. Hipotesa tersebut dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan antara siklus termal dengan volume mortar karena H_1 diterima sedangkan H_0 ditolak.

Pengaruh siklus termal terhadap kekuatan tarik menghasilkan F-hitung 4839,31. Sedangkan nilai F-tabel 5% pada siklus termal memiliki nilai 3,40. Hasil tersebut menunjukkan bahwa $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$ $4839,31 > 3,40$ artinya berbeda nyata. Berbeda nyata yaitu H_1 diterima sedangkan H_0 ditolak menunjukkan bahwa siklus termal memiliki adanya perbedaan respon di antara siklus termal yang dicobakan sehingga adanya kenaikan siklus termal berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

Pengaruh fraksi volume mortar terhadap kekuatan tarik menghasilkan F-hitung 3521,05. Sedangkan nilai F-tabel 5% pada fraksi volume mortar memiliki nilai 3,01. Hasil tersebut menunjukkan bahwa $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$ $3521,05 > 3,01$ artinya berbeda nyata. Berbeda nyata yaitu H_1 diterima sedangkan H_0 ditolak menunjukkan bahwa fraksi volume mortar memiliki adanya perbedaan respon di antara fraksi volume mortar yang dicobakan sehingga adanya penambahan mortar berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

4.1.2 Uji Hipotesa Kekuatan *Bending*

Pengujian kekuatan *bending* pada komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar yang diberikan pembebanan siklus termal memiliki sebuah hipotesa. Pengujian hipotesa pada komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar yang diberikan pembebanan siklus termal menggunakan statistik ANOVA. Berikut adalah statistik sidik ragam ANOVA dari hasil kekuatan *bending* yang telah dilakukan pada penelitian ini:

Tabel 4.2 Sidik Ragam ANOVA Uji *Bending*

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel
Kelompok	2	0,02	0,01	0,77	3,40
Perlakuan	11	2552,85	232,08	19380,17	2,22
Siklus Termal (A)	2	925,99	462,99	38663,30	3,40
Volume Mortar (B)	3	1533,54	511,18	42687,35	3,01
AB	6	93,32	15,55	1298,87	2,51
Galat	24	0,29	0,01		
Total	35	2553,16			

Keterangan:

Ho : Tidak ada pengaruh penambahan *mortar* dan peningkatan suhu siklus termal terhadap kekuatan *bending* komposit.

H1 : Ada pengaruh penambahan *mortar* dan peningkatan suhu siklus termal terhadap kekuatan *bending* komposit.

Hasil pengujian kekuatan *bending* dapat dilihat pada Tabel 4.2. Tabel 4.2 menunjukkan hasil perhitungan dari pengujian kekuatan *bending* yang telah dilakukan. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai F-hitung pada pengaruh siklus termal dan volume mortar memiliki nilai 1298,87. Sedangkan nilai F-tabel 5% menunjukkan bahwa F-hitung pada pengaruh siklus termal dengan volume mortar memiliki nilai 2,51. Hasil tersebut menunjukkan bahwa $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$ $1298,87 > 2,51$ artinya berbeda nyata. Berbeda nyata menunjukkan bahwa siklus termal dengan volume mortar memiliki pengaruh dalam penelitian ini. Hipotesa tersebut dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan antara siklus termal dengan volume mortar pada kekuatan *bending* karena H1 diterima sedangkan H0 ditolak.

Pengaruh siklus termal terhadap kekuatan *bending* menghasilkan F-hitung 38663,30. Sedangkan nilai F-tabel 5% pada siklus termal memiliki nilai 3,40. Hasil tersebut menunjukkan bahwa $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$ $38663,30 > 3,40$ artinya berbeda nyata. Berbeda nyata yaitu H1 diterima sedangkan H0 ditolak menunjukkan bahwa siklus termal memiliki adanya perbedaan respon di antara siklus termal yang dicobakan

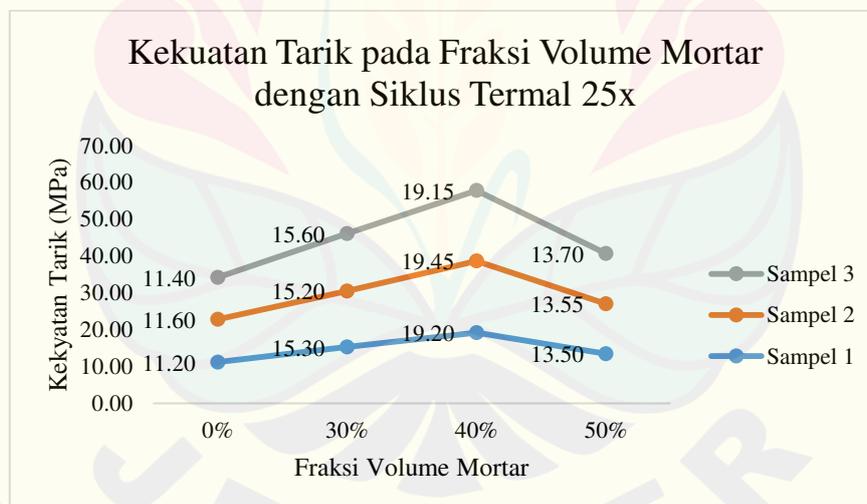
pada kekuatan *bending* sehingga adanya kenaikan siklus termal berpengaruh berpengaruh terhadap kekuatan *bending*.

Pengaruh fraksi volume mortar terhadap kekuatan tarik menghasilkan F-hitung 42687,35. Sedangkan nilai F-tabel 5% pada fraksi volume mortar memiliki nilai 3,01. Hasil tersebut menunjukkan bahwa $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$ $42687,35 > 3,01$ artinya berbeda nyata. Berbeda nyata yaitu H_1 diterima sedangkan H_0 ditolak menunjukkan bahwa fraksi volume mortar memiliki adanya perbedaan respon di antara fraksi volume mortar yang dicobakan pada kekuatan *bending* sehingga penambahan volume mortar berpengaruh pada kekuatan *bending*.

4.2 Data Hasil Penelitian

4.2.1 Hasil Penelitian Kekuatan Tarik

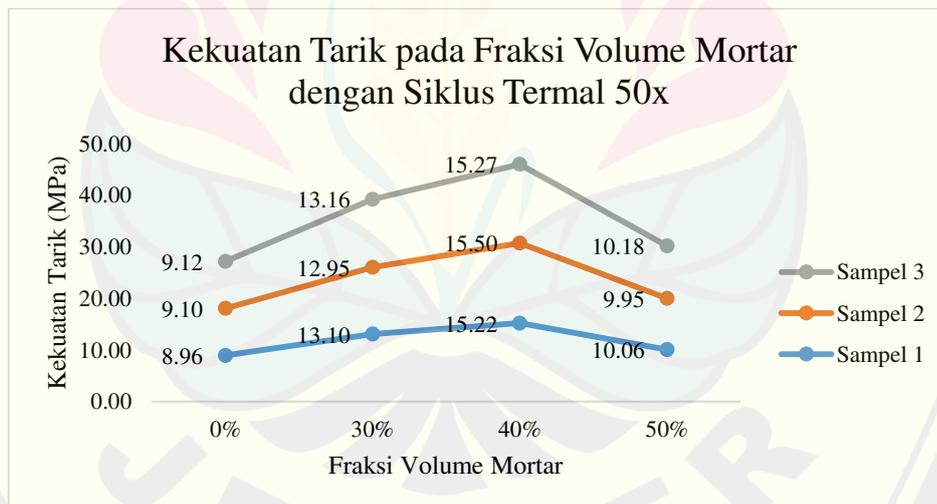
Berikut merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu menghasilkan data kekuatan tarik komposit polyester serat rami dengan fraksi volume mortar dan variasi siklus termal. Berikut merupakan data yang telah dihasilkan setelah melakukan penelitian:



Gambar 4.1 Kekuatan Tarik Komposit pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 25x

Gambar 4.1 adalah grafik yang menunjukkan hasil dari pengaruh fraksi volume mortar dengan siklus termal 25x terhadap kekuatan tarik komposit. Kekuatan tarik tertinggi dengan perlakuan siklus temperatur 25x secara keseluruhan yaitu pada volume mortar 40% yaitu 19,45 MPa (sampel 2), sedangkan kekuatan tarik terendah dengan pembebanan siklus termal 25x pada fraksi volume mortar 0% yaitu 11,20 MPa (sampel 1). Kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 25x dan fraksi volume 0% berturut - turut yaitu pada sampel 2 11,60 MPa dan pada sampel 1 11,20 MPa. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 25x dan fraksi volume 30% berturut - - turut yaitu pada sampel 3 15,60 MPa dan pada sampel 2 15,20 MPa. Kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 25x dan fraksi volume 40% berturut - turut yaitu pada sampel 2 19,45 MPa dan pada sampel 3 19,15 MPa. Kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 25x dan fraksi volume 50% berturut - turut yaitu pada sampel 3 13,70 MPa dan pada sampel 1 13,50 MPa.

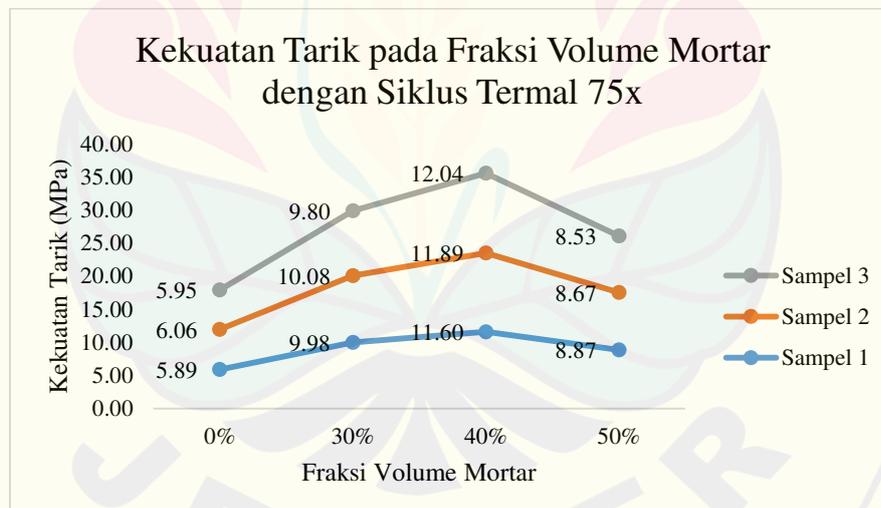
Berikut merupakan data hasil kekuatan tarik pada fraksi volume mortar dengan siklus termal 50x:



Gambar 4.2 Kekuatan Tarik Komposit Pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 50x

Gambar 4.2 adalah grafik hasil dari pengaruh fraksi volume mortar dengan pembebanan siklus termal 50x terhadap kekuatan tarik komposit. Kekuatan tarik tertinggi dengan perlakuan siklus temperatur 50x secara keseluruhan yaitu pada volume mortar 40% yaitu 15,50 MPa (sampel 2), sedangkan kekuatan tarik terendah dengan pembebanan siklus termal 50x pada fraksi volume mortar 0% yaitu 8,96 MPa (sampel 1). Kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 50x dan fraksi volume 0% berturut - turut yaitu pada sampel 3 9,12 MPa dan pada sampel 1 8,96 MPa. Kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 50x dan fraksi volume 30% berturut - turut yaitu pada sampel 3 13,16 MPa dan pada sampel 2 12,95 MPa. Kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 50x dan fraksi volume 40% berturut - turut yaitu pada sampel 2 15,50 MPa dan pada sampel 1 15,22 MPa. Kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 50x dan fraksi volume 50% berturut - turut yaitu pada sampel 3 10,06 MPa dan pada sampel 2 9,95 MPa.

Berikut merupakan data hasil kekuatan tarik pada fraksi volume mortar dengan siklus termal 75x:

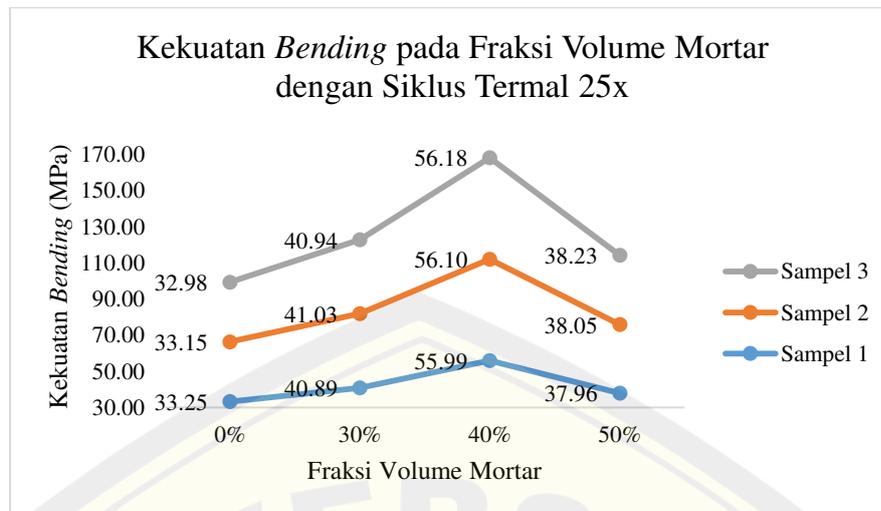


Gambar 4.3 Kekuatan Tarik Komposit pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 75x

Gambar 4.3 merupakan grafik dari pengaruh fraksi volume mortar dengan pembebanan siklus termal 75x terhadap kekuatan tarik komposit. Kekuatan tarik tertinggi dengan perlakuan siklus temperatur 75x secara keseluruhan yaitu pada volume mortar 40% yaitu 12,04 MPa (sampel 3). Kekuatan tarik terendah dengan pembebanan siklus termal 75x pada fraksi volume mortar 0% yaitu 5,89 MPa (sampel 1). Kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 75x dan fraksi volume 0% berturut - turut yaitu pada sampel 2 6,06 MPa dan pada sampel 1 5,89 MPa. Kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 75x dan fraksi volume 30% berturut - turut yaitu pada sampel 2 10,08 MPa dan pada sampel 3 9,80 MPa. Kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 75x dan fraksi volume 40% berturut - turut yaitu pada sampel 3 12,04 MPa dan pada sampel 1 11,60 MPa. Kekuatan tarik tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 75x dan fraksi volume 50% berturut - turut yaitu pada sampel 1 8,87 MPa dan pada sampel 3 8,53 MPa.

4.2.2 Hasil Kekuatan Uji *Bending* Komposit.

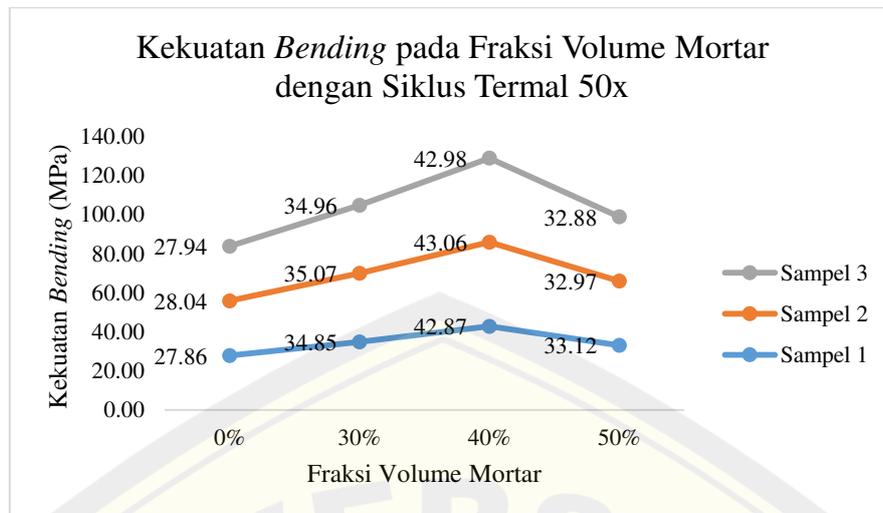
Data berikut merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu menghasilkan data kekuatan *bending* komposit polyester serat rami dengan fraksi volume mortar dan variasi siklus termal. Berikut merupakan data hasil kekuatan *bending* pada fraksi volume mortar dengan siklus termal 25x:



Gambar 4.4 Kekuatan *Bending* Komposit pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 25x

Gambar 4.4 adalah grafik dari pengaruh fraksi volume mortar dengan pembebanan siklus termal 25x terhadap kekuatan *bending* komposit. Kekuatan *bending* tertinggi dengan perlakuan siklus temperatur 25x secara keseluruhan yaitu pada volume mortar 40% yaitu 56,18 MPa (sampel 3), sedangkan kekuatan *bending* terendah dengan pembebanan siklus termal 25x pada fraksi volume mortar 0% yaitu 32,98 MPa (sampel 3). Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 25x dan fraksi volume 0% berturut - turut yaitu pada sampel 1 33,25 MPa dan pada sampel 3 32,98 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 25x dan fraksi volume 30% berturut - turut yaitu pada sampel 2 41,03 MPa dan pada sampel 1 40,89 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 25x dan fraksi volume 40% berturut - turut yaitu pada sampel 3 56,18 MPa dan pada sampel 1 55,99 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 25x dan fraksi volume 50% berturut - turut yaitu pada sampel 3 38,23 MPa dan pada sampel 1 37,96 MPa.

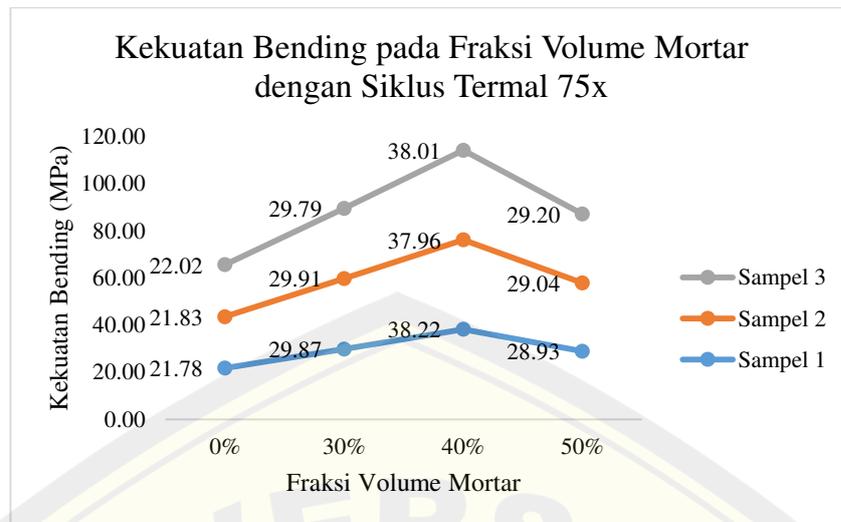
Berikut merupakan data hasil kekuatan *bending* pada fraksi volume mortar dengan siklus termal 50x:



Gambar 4.5 Kekuatan *Bending* Komposit pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 50x

Gambar 4.5 adalah grafik dari pengaruh fraksi volume mortar dengan pembebanan siklus termal 50x terhadap kekuatan *bending* komposit. Kekuatan *bending* tertinggi dengan perlakuan siklus temperatur 50x secara keseluruhan yaitu pada volume mortar 40% yaitu 43,06 MPa (sampel 2), sedangkan kekuatan tarik terendah dengan pembebanan siklus termal 50x pada fraksi volume mortar 0% yaitu 27,86 MPa (sampel 1). Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 50x dan fraksi volume 0% berturut - turut yaitu pada sampel 2 28,04 MPa dan pada sampel 1 27,86 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 50x dan fraksi volume 30% berturut - turut yaitu pada sampel 2 35,07 MPa dan pada sampel 1 34,85 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 50x dan fraksi volume 40% berturut - turut yaitu pada sampel 2 43,06 MPa dan pada sampel 1 42,87 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 50x dan fraksi volume 50% berturut - turut yaitu pada sampel 1 33,12 MPa dan pada sampel 3 32,88 MPa.

Berikut merupakan data hasil kekuatan *bending* pada fraksi volume mortar dengan siklus termal 75x:



Gambar 4.6 Kekuatan *Bending* Komposit pada Variasi Fraksi Volume Mortar dengan Pembebanan Siklus Termal 75x

Gambar 4.6 adalah grafik dari pengaruh fraksi volume mortar perlakuan siklus termal 75x terhadap kekuatan *bending* komposit. Kekuatan *bending* tertinggi dengan perlakuan siklus temperatur 75x secara keseluruhan yaitu pada volume mortar 40% yaitu 38,22 MPa (sampel 1), sedangkan kekuatan *bending* terendah dengan pembebanan siklus termal 75x pada fraksi volume mortar 0% yaitu 21,78 MPa (sampel 1). Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 75x dan fraksi volume 0% berturut - turut yaitu pada sampel 3 22,02 MPa dan pada sampel 1 21,78 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 75x dan fraksi volume 30% berturut - turut yaitu pada sampel 2 29,91 MPa dan pada sampel 3 29,79 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 75x dan fraksi volume 40% berturut - turut yaitu pada sampel 1 38,22 MPa dan pada sampel 2 37,96 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi dan terendah dengan perlakuan siklus termal 75x dan fraksi volume 50% berturut - turut yaitu pada sampel 3 29,20 MPa dan pada sampel 1 28,93 MPa.

4.3 Pengujian Kekuatan Tarik Komposit

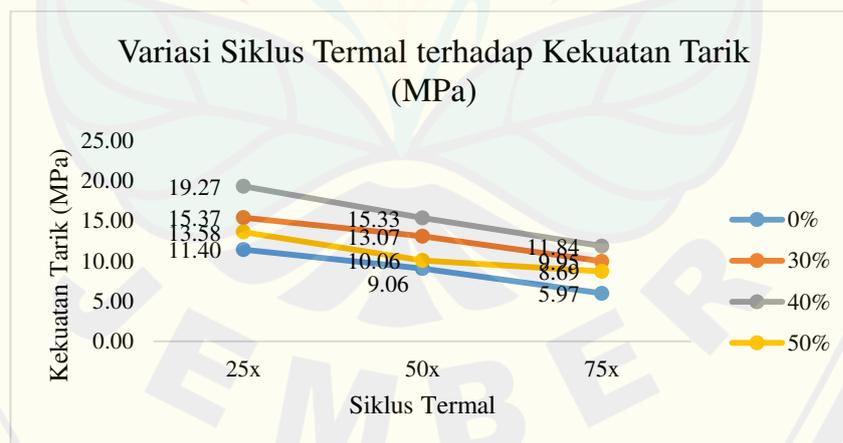
4.3.1 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan Tarik

Data hasil pengujian kekuatan tarik dengan menggunakan standar ASTM D3039 menggunakan *computer universal testing machines* HT-2402 di laboratorium Elektronika Jurusan Fisika Universitas Jember. Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar. Penelitian ini juga menggunakan variasi siklus termal masing-masing 25x, 50x, dan 75x serta menggunakan fraksi volume mortar masing-masing 0%, 30%, 40% dan 50%. Hasil pengaruh variasi siklus termal terhadap kekuatan tarik dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan Tarik (Mpa)

Fraksi Volume Mortar	Siklus Temperatur			Rata-Rata
	25x	50x	75x	
0%	11,40	9,06	5,97	8,81
30%	15,37	13,07	9,95	12,80
40%	19,27	15,33	11,84	15,48
50%	13,58	10,06	8,69	10,78
Rata-Rata	14,91	11,88	9,11	

Tabel 4.3 dapat dibuat grafik kekuatan tarik komposit polyester serat rami-aditif mortar pada variasi siklus termal. Berikut grafik hasil pengaruh variasi siklus termal terhadap kekuatan tarik.



Gambar 4.7 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan Tarik (Mpa)

Tabel 4.3 dan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pengaruh variasi siklus termal dengan menggunakan komposit *polyester* serat rami-aditif mortar terhadap kekuatan tarik komposit mengalami penurunan kekuatan tarik/. Kekuatan tarik tertinggi yaitu pada perlakuan siklus termal 25x dan fraksi volume mortar 40% dengan nilai 19,27 MPa. Kekuatan tarik terendah yaitu pada perlakuan siklus termal 75x dengan fraksi volume 0% mortar 5,97 MPa. Kekuatan tarik komposit *polyester* serat rami-aditif mortar setelah terkena pembebanan siklus termal suhu 25x, 50x, 75x memiliki nilai rata – rata berturut – turut 14,91 MPa, 11,88 MPa, 9,11 MPa. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak pembebanan siklus termal maka kekuatan tarik semakin menurun.

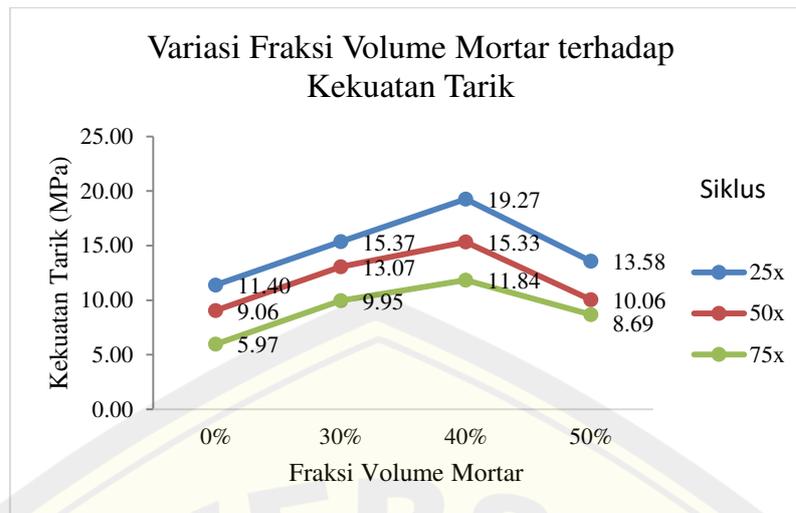
4.3.2 Pengaruh Variasi Fraksi Volume Mortar terhadap Kekuatan Tarik

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar. Penelitian ini juga menggunakan variasi siklus termal masing-masing 25x, 50x, dan 75x serta menggunakan fraksi volume mortar masing-masing 0%, 30%, 40% dan 50%. Hasil pengaruh variasi fraksi volume mortar terhadap kekuatan tarik dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.4 Pengaruh Variasi Fraksi Volume Mortar terhadap Kekuatan Tarik (Mpa)

Siklus Temperatur	Volume Mortar				Rata-Rata
	0%	30%	40%	50%	
25X	11,40	15,37	19,27	13,58	14,90
50X	9,06	13,07	15,33	10,06	11,88
75X	5,97	9,95	11,84	8,69	9,11
Rata-Rata	8,81	12,80	15,48	10,78	

Dari Tabel 4.4 dapat dibuat grafik kekuatan tarik komposit *polyester* serat rami-aditif mortar pada variasi fraksi volume mortar.



Gambar 4.8 Pengaruh Variasi Fraksi Volume Mortar terhadap Kekuatan Tarik (Mpa)

Tabel 4.4 dan Gambar 4.8 merupakan hasil uji kekuatan tarik komposit polyester serat rami dimana hasil tersebut mengalami kenaikan kekuatan dari komposit fraksi volume 0% mortar sampai komposit fraksi volume 40% mortar, namun pada fraksi volume 50% mortar kekuatan tarik cenderung menurun. Kekuatan tarik tertinggi yaitu pada perlakuan fraksi volume 40% mortar dengan pemberian siklus 25x yaitu 19,27 MPa. Kekuatan tarik terendah yaitu pada perlakuan fraksi volume 0% dengan pemberian siklus termal 75x. Komposit pada pembebanan siklus termal dengan 25x dan 50x mengalami peningkatan kekuatan tarik dengan pemberian mortar dari fraksi volume 0% - 40%. Namun pada fraksi volume 50% mortar kekuatan tarik komposit menjadi turun. Komposit serat rami dengan aditif mortar yang diberi perlakuan fraksi volume mortar memiliki kekuatan tarik sebesar 8,81 MPa, 12,80 MPa, 15,48 MPa, dan 10,78 MPa berturut-turut pada fraksi volume mortar 0%, 30 %, 40%, dan 40%. Namun pada penambahan mortar dengan fraksi volume 50% mengalami penurunan kekuatan tarik menjadi 10,78 MPa.

Kekuatan tarik tertinggi pada komposit didapatkan hasil yaitu pada perlakuan mortar fraksi volume 40% yang diberi perlakuan siklus termal 25x. Kekuatan terendah terjadi pada komposit yaitu pada perlakuan tanpa pemberian mortar yang diberi perlakuan siklus termal 75x. Hasil kekuatan tarik komposit polyester serat rami dengan

aditif mortar pada variasi fraksi volume mortar menyimpulkan bahwa pada perlakuan mortar 50% selalu mengalami penurunan kekuatan tarik diakibatkan karena terdapat rongga (*void*) yang ada di dalam susunan matrik dan penguat.

Kekuatan tertinggi komposit mortar yaitu pada fraksi volume 40%. Hal tersebut terjadi karena pada komposit mortar dengan fraksi volume 40% menghasilkan campuran yang optimal. Kekuatan tarik pada fraksi volume 50% selalu mengalami penurunan. Hal tersebut terjadi penurunan kekuatan tarik karena campuran fraksi volume terlalu banyak sehingga matrik *polyester* tidak bisa mengikat sempurna, sedangkan kekuatan tarik dan rongga pada komposit dipengaruhi oleh matrik dan penguat. Hal tersebut didukung oleh Pratama Y., Y. (2014), bahwa semakin banyak fraksi volume serat yang ditambahkan maka kekuatan tarik semakin menurun. Hal tersebut terjadi karena komposit akan lebih padat yang mengakibatkan resin atau matrik tidak tercampur secara sempurna sehingga resin tidak dapat mengikat seluruh bagian komposit secara sempurna. Menurut Alian, H (2011), bahwa setelah perlakuan fraksi volume semen putih 35% ke fraksi 40% terjadi penurunan dari fraksi volume 10% sampai fraksi volume 30%. Hal tersebut terjadi karena adanya udara yang terperangkap di dalam pori-pori pada saat pencetakan dimana hal tersebut merupakan adanya kecacatan pada material.

4.4 Pengujian Kekuatan *Bending* Komposit

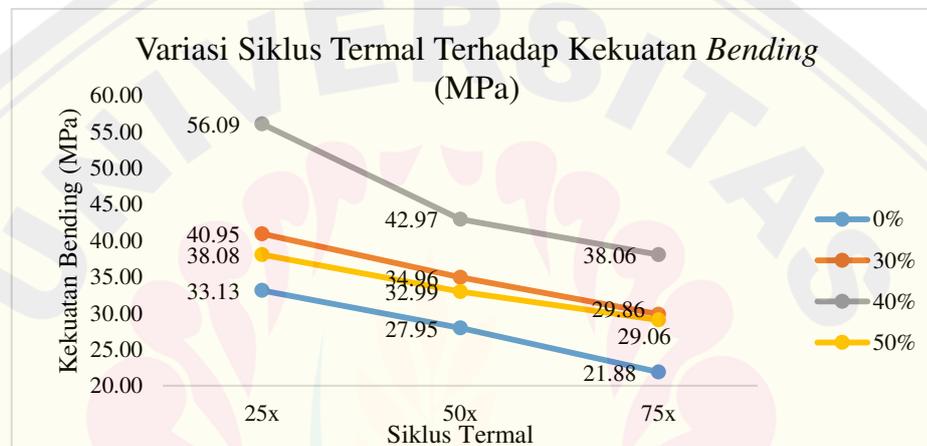
4.4.1 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan *Bending*

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar. Penelitian ini juga menggunakan variasi siklus termal masing-masing 25x, 75x, dan 75x serta menggunakan fraksi volume mortar masing-masing 0%, 30%, 40% dan 50%. Hasil pengaruh variasi siklus termal terhadap kekuatan *bending* dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.5 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan Bending (MPa)

Fraksi Volume Mortar	Siklus Temperatur			Rata-Rata
	25x	50x	75x	
0%	33,13	27,95	21,88	27,65
30%	40,95	34,96	29,86	35,26
40%	56,09	42,97	38,06	45,71
50%	38,08	32,99	29,06	33,38
Rata-Rata	42,06	34,72	29,71	

Tabel 4.5 dapat dibuat grafik kekuatan *bending* komposit polyester serat rami-aditif mortar pada variasi siklus termal.

Gambar 4.9 Pengaruh Variasi Siklus Termal terhadap Kekuatan *Bending* (MPa)

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa pengaruh variasi siklus termal terhadap kekuatan *bending* komposit polyester serat rami dengan aditif mortar pada penelitian ini mengalami penurunan kekuatan bending ketika komposit polyester serat rami dengan aditif mortar mengalami pembebanan siklus termal semakin banyak. Kekuatan *bending* tertinggi yaitu pada perlakuan siklus termal 25x dengan fraksi volume 40% mortar sebesar 56,09 MPa, sedangkan kekuatan *bending* terendah yaitu pada perlakuan siklus termal 75x dengan fraksi volume 0% mortar sebesar 21,88 MPa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak pemberian siklus termal maka kekuatan *bending* semakin menurun. Penurunan kekuatan *bending* karena ada pengaruh siklus termal dan peningkatan siklus termal. Perlakuan siklus termal

mengakibatkan pada susunan monomernya mengalami penurunan atau degradasi polimer (Farsani, 2013). Karso (2012) mengatakan bahwa semakin tinggi perlakuan siklus termal mengakibatkan kegagalan *debonding* antara matriks dan penguatnya.

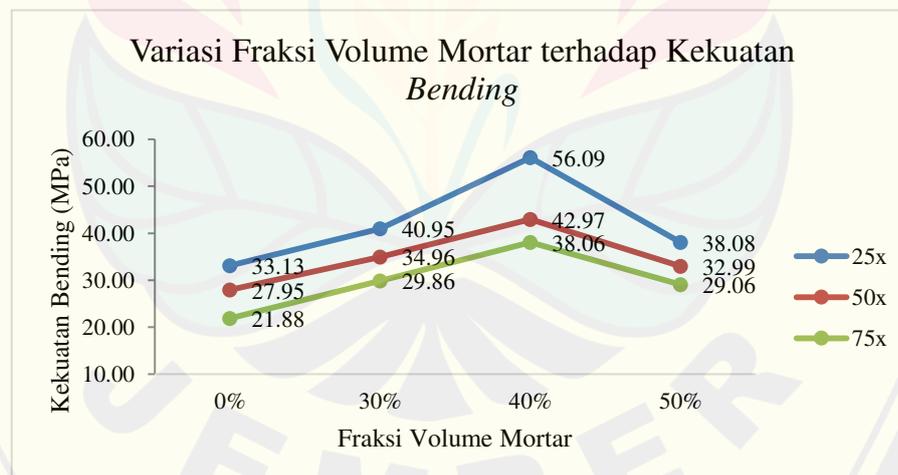
4.4.2 Pengaruh Variasi Fraksi Volume Mortar terhadap Kekuatan *Bending*

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar. Penelitian ini juga menggunakan variasi siklus termal masing-masing 25x, 75x, dan 75x serta menggunakan fraksi volume mortar masing-masing 0%, 30%, 40% dan 50%. Hasil pengaruh variasi fraksi volume mortar terhadap kekuatan *bending* dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.6 Pengaruh Variasi Volume Mortar terhadap Kekuatan Bending (MPa)

Siklus Temperatur	Fraksi Volume Mortar				Rata-Rata
	0%	30%	40%	50%	
25x	33,13	40,95	56,09	38,08	42,06
50x	27,95	34,96	42,97	32,99	34,72
75x	21,88	29,86	38,06	29,06	29,71
Rata-Rata	27,65	35,26	45,71	33,38	

Dari Tabel 4.6 dapat dibuat grafik kekuatan bending komposit polyester serat rami-aditif mortar pada variasi fraksi volume mortar.



Gambar 4.10 Pengaruh Variasi Fraksi Volume Mortar terhadap Kekuatan Bending (Mpa)

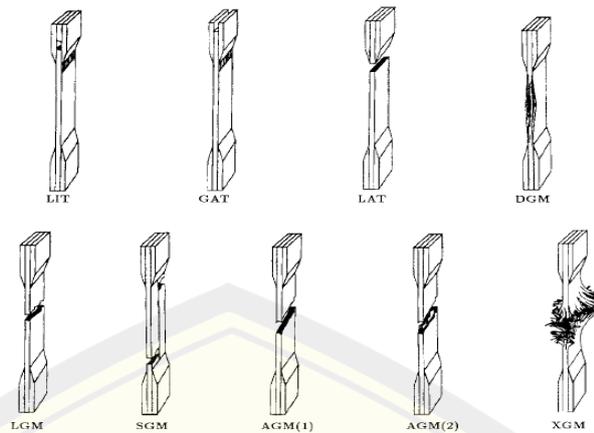
Gambar 4.10 menunjukkan hasil kekuatan *bending* komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar mengalami peningkatan kekuatan dari komposit fraksi volume 0% mortar sampai komposit fraksi volume 40% mortar, namun pada fraksi volume 50% mortar kekuatan *bending* mengalami penurunan. Pengujian kekuatan *bending* komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar. Kekuatan *bending* tertinggi yaitu pada perlakuan fraksi volume 40% mortar dengan siklus termal 25x sebesar 56,09 MPa. Kekuatan *bending* terendah yaitu pada perlakuan fraksi volume 0% mortar dengan siklus termal 75x sebesar 21,88 MPa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak pemberian fraksi volume mortar termal maka kekuatan *bending* semakin meningkat, namun pada perlakuan fraksi volume terlalu banyak maka kekuatan *bending* menurun. Peningkatan kekuatan *bending* tersebut diakibatkan oleh banyaknya volume mempengaruhi kekuatan dalam menahan beban yang ditimbulkan. Peningkatan kekuatan *bending* disebabkan oleh adanya rongga atau *void* yang sangat kecil sehingga fraksi volume yang lebih banyak akan lebih kuat daripada perlakuan fraksi volume yang lebih sedikit. Pernyataan tersebut didukung oleh S. dkk (2012), bahwa peningkatan kekuatan *bending* pada perlakuan banyaknya fraksi volume disebabkan karena semakin banyak fraksi volume maka ketahanan beban lebih baik dan *void* yang terjadi sangat kecil. Penurunan kekuatan *bending* disebabkan oleh campuran mortar terlalu banyak sehingga mengalami kegagalan *debonding*. Karso (2012) mengatakan bahwa semakin tinggi perlakuan siklus termal mengakibatkan kegagalan *debonding* antara matriks dan penguatnya.

4.5 Morfologi Komposit

4.5.1 Makro Patahan Uji Tarik

Hasil penelitian menghasilkan pengujian kekuatan tarik sehingga diperoleh patahan yang bervariasi. Patahan yang dihasilkan tersebut disesuaikan dengan ASTM D3039. Berikut adalah macam-macam patahan pada Gambar 4.11:



Gambar 4.11 Macam-Macam Patahan komposit ASTM D3039 (Paiva and Santos, 2009)

Patahan terjadi akibat adanya pengujian kekuatan tarik dengan menggunakan standart ASTM D3039 terdapat beberapa kode patahan pada pengujian kekuatan tarik. Kode patahan pada huruf pertama menunjukkan bahwa tipe kegagalan dari suatu komposit polimer, kemudian kode patahan pada huruf kedua menunjukkan letak area kegagalan dari material, sedangkan huruf ketiga menunjukkan tentang posisi kegagalan. Adanya kode tersebut dapat mengetahui jenis patahan yang terjadi pada komposit setelah dilakukan pengujian kekuatan tarik. Berikut adalah tabel macam-macam kode patahan uji tarik yang ditampilkan pada Tabel 4.5:

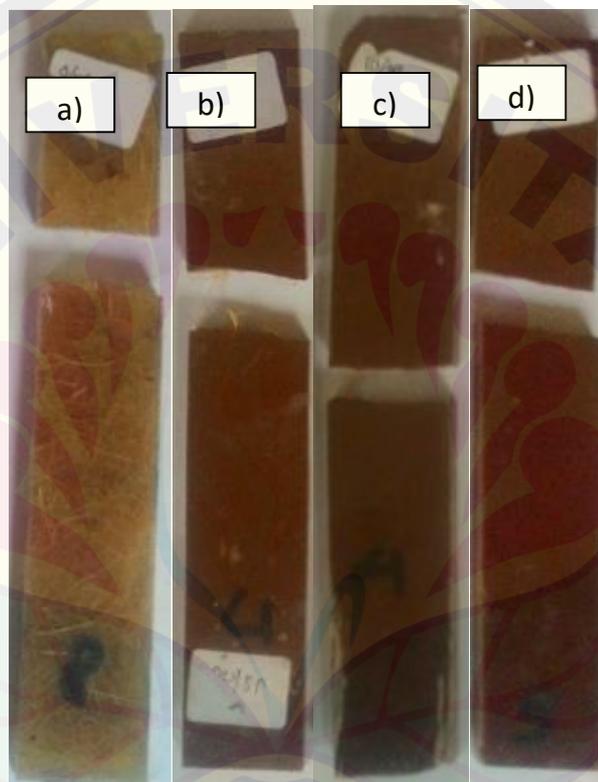
Tabel 4.7 Kode Patahan Uji Tarik

Karakter Pertama		Karakter kedua		Karakter Ketiga	
Tipe Kegagalan	Kode	Luasan Kegagalan	Kode	Lokasi Kegagalan	Kode
Sudut	A	Didalam Grip/Cekam	I	Bottom	B
Delaminasi	D	Pada Grip/Cekam	A	Top	T
Grip/Cekam	G	< 1 W Dari Grip/Cekam	W	Left	L
Lateral	L	Gage	G	Right	R
Multi-mode	M (xyz)	Multiple Areas	M	Middle	M
Lpng splitting	S	Various	V	Various	V
Explosive	X	Unknown	U	Unknown	U
Other	O				

Sumber : (Paiva and Santos, 2009).

Pengujian kekuatan tarik pada penelitian ini menghasilkan gambar patahan setelah dilakukan pengujian. Penelitian Paiva *and* Santos (2009) juga menggunakan ASTM D3039 untuk mengklasifikasikan kegagalan sesuai jenis dan lokasi kerusakan setelah dilakukan pengujian kekuatan tarik (Gambar 4.11) dan menggunakan kode yang digambarkan pada Gambar 4.11 dan digunakan untuk mengklasifikasikan mode kegagalan laminasi yang dipelajari.

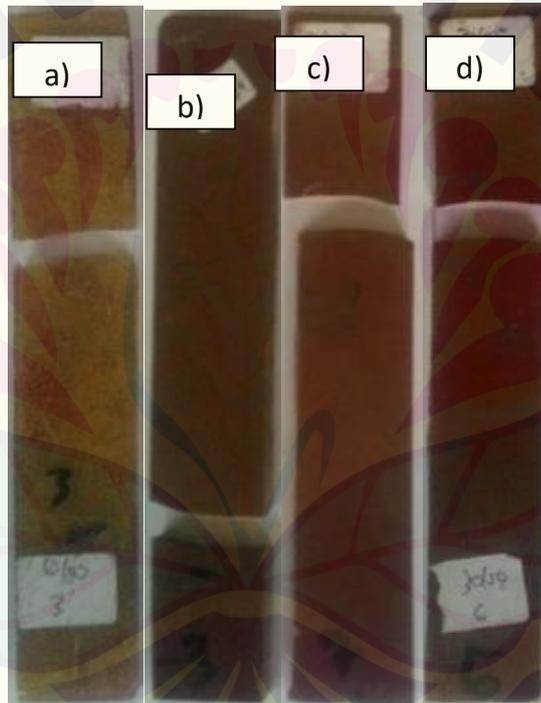
Patahan – patahan yang terjadi pada penelitian dapat dilihat pada gambar – gambar dibawah ini :



Gambar 4.12 Patahan Uji Tarik Komposit Mortar a) 0% b) 30% c) 40% d) 50% pada Pembebanan Siklus Termal 25x

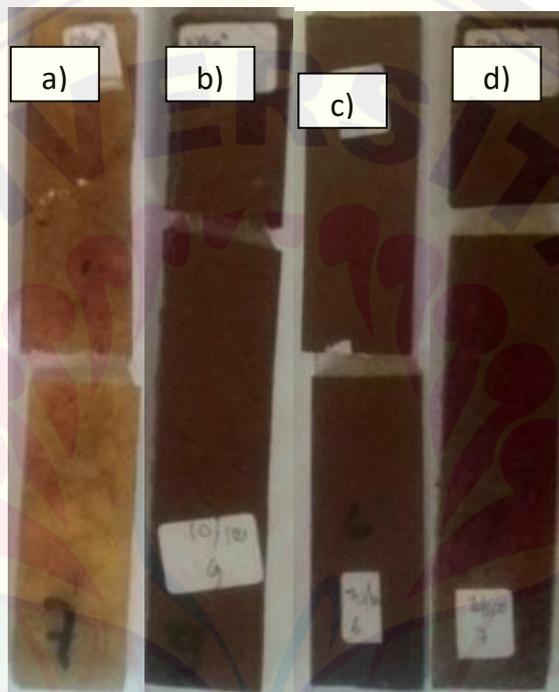
Pengujian kekuatan tarik menimbulkan patahan pada komposit. Patahan – patahan tersebut ditampilkan pada Gambar 4.12. Gambar 4.12 menunjukkan patahan dalam pengujian kekuatan tarik pada perlakuan siklus termal 25x, dimana patahan

komposit fraksi volume mortar 0% (a) menghasilkan patahan LAT artinya mempunyai patahan berbentuk lateral yang terjadi di dalam *grip* atau cekam yang berada di posisi atas. Komposit fraksi volume mortar 30% (b) menghasilkan patahan LGM artinya mempunyai patahan berbentuk lateral yang terjadi di tengah *gage*. Sedangkan komposit fraksi volume mortar 40% (c) dan 50% (d) menghasilkan patahan AGM artinya mempunyai patahan berbentuk sudut yang berada di posisi tengah *gage*. Patahan yang dihasilkan merupakan patahan getas. Patahan getas merupakan patahan yang muncul pada kecepatan dan beban sedang dimana mekanisme ini muncul pada *zona severe wear regime* (Setiawan, 2015). Menurut Febrianto (2011), kerusakan yang terjadi pada matriks ditunjukkan dengan retaknya komposit pada arah longitudinal akibat ploughing yang berulang-ulang sehingga menimbulkan fatik pada permukaan.



Gambar 4.13 Patahan Uji Tarik Komposit Mortar 0%, 30%, 40%, dan 50% Pada Pembebanan Siklus Termal 50x

Gambar 4.13 menunjukkan patahan dalam pengujian kekuatan tarik pada perlakuan siklus termal 50x, dimana patahan komposit fraksi volume mortar 0% (a) menghasilkan patahan LAT artinya mempunyai patahan berbentuk lateral yang terjadi di dalam *grip* atau cekam yang berada di posisi atas. Komposit fraksi volume mortar 30% (b) menghasilkan patahan LAB artinya mempunyai patahan berbentuk lateral yang terjadi di bawah *grip*. Sedangkan komposit fraksi volume mortar 40% (c) dan 50% (d) menghasilkan patahan LIT artinya mempunyai patahan berbentuk lateral yang berada di dalam atas *grip*.



Gambar 4.14 Patahan Uji Tarik Komposit Mortar 0%, 30%, 40%, dan 50% Pada Pembebanan Siklus Termal 75x

Gambar 4.14 menunjukkan patahan dalam pengujian kekuatan tarik pada perlakuan siklus termal 75x, dimana patahan komposit fraksi volume mortar 0% (a) dan 30% (b) menghasilkan patahan LGM artinya mempunyai patahan berbentuk lateral yang terjadi di tengah *gage*. Komposit fraksi volume mortar 40% (c) dan 50% (d)

menghasilkan patahan AAT artinya mempunyai patahan berbentuk sudut yang berada di atas *grip*.

4.5.2 Mikro Patahan Uji Tarik



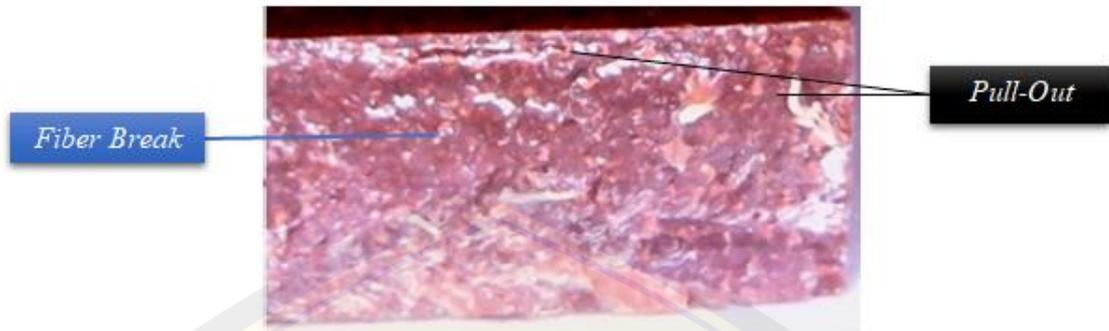
Gambar 4.15 Foto Mikro Spesimen Uji Tarik *Fraksi Volume 0%* Mortar



Gambar 4.16 Foto Mikro Spesimen Uji Tarik *Fraksi Volume 30%* Mortar

Pada gambar 4.15 memperhatikan patahan pada uji tarik komposit tanpa *mortar*. Komposit serat rami tanpa penambahan *mortar* terdapat beberapa serat *pull-out*. Hal itu terjadi karena ikatan antar matrik dengan serat kurang kuat sehingga terjadi pembebanan tarik yang bertumpu ke serat sehingga serat terlepas dari ikatan matrik. Komposit *polyester* ketika dikenakan pengujian tarik sangat mempengaruhi *Pull-out*.

Selain *pull-out* terlihat juga beberapa *void* di penampang komposit. Terjadinya *Void* disebabkan oleh gelembung udara yang terperangkap pada saat pembuatan komposit.



Gambar 4.17 Foto Mikro Spesimen Uji Tarik *Fraksi Volume* 40% Mortar

Komposit polyester dengan *Fraksi Volume* Mortar 20% pada patahannya terjadi *pull-out* serat rami. Penambahan *Fraksi Volume* Mortar 20% pada patahan komposit serat cenderung mengalami *fiber break*. Terjadinya *Fiber Break* karena antar ikatan serat dan matrik sangat kuat. *Void* yang ditemukan pada *Fraksi Volume* 20% cenderung lebih sedikit dibandingkan dengan *Fraksi Volume* Mortar 0%,10% dan 30%.



Gambar 4.18 Foto Mikro Spesimen Uji Tarik *Fraksi Volume* 50% Mortar

Pada gambar 4.18 merupakan patahan uji tarik serat rami dengan aditif mortar 30%. Penampang tersebut memperlihatkan adanya *pull-out* dan *void* yang besar.

Adanya *void* mengakibatkan kekuatan tarik menurun karena ikatan antara matrik, penguat serat rami dan *Mortar* tidak sempurna. Semakin banyak yang terdapat pada komposit, maka kekuatan tariknya akan semakin menurun. *Void* terjadi dikarenakan campuran antara matrik, penguat serat rami dan *Mortar* tidak tercampur sempurna.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Semakin tinggi siklus termal, semakin menurun kekuatan tarik dan kekuatan *bending* pada komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar.
2. Semakin tinggi kadar mortar, semakin tinggi kekuatan tarik dan kekuatan *bending* pada komposit *polyester* serat rami dengan aditif mortar. Namun, pada fraksi volume mortar 50% mengalami penurunan kekuatan tarik.
3. Hasil bentuk morfologi dari pengujian tarik yaitu :

Makroskopik :

25x Siklus ; LAT (0%), LGM (30%) dan AGM (40% & 50%)

50x Siklus ; LAT (0%), LAB (30%) dan LIT (40% & 50%)

75x Siklus ; LGM (0% & 30%) dan AAT (40% & 50%)

Mikroskopik :

Komposit serat rami terdapat beberapa kegagalan yang di sebabkan perlakuan dan pencampuran bahan, antara lain :

Pull-Out : disebabkan matiks mengalami penurunan kekuatan akibat pengujian tarik sehingga beban terbesar bertumpu pada serat rami.

Void : disebabkan pencampuran yang kurang merata sehingga terdapat udara yang terperangkap.

Fiber Break : disebabkan terjadinya antar ikatan serat dan matrik sangat kuat, sehingga patahan menghasikan serat patah sama dengan matrik.

4. Kesimpulan statistik ANOVA menunjukkan bahwa fraksi volume mortar dan siklus termal terhadap kekuatan tarik dan *bending* berpengaruh signifikan ditandai dengan H1 diterima dan H0 ditolak.

5.2 Saran

Sebaiknya dalam penelitian selanjutnya, perlu dilakukan kewaspadaan dalam melakukan pengujian agar tidak terjadi human error. Penelitian selanjutnya perlu

dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kekuatan impak komposit polyester serat rami aditif mortar.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah. (2010). Study Of Mechanical And Thermomechanical Properties Of Jute/Epoxy Composite Laminate. *Reinforced Plastics and Composites*, 1669-1679.
- Alian, H. 2011. Pengaruh Variasi Fraksi Volume Semen Putih terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Komposit *Glass Fiber Reinforce Plastic* (Gfrp) Berpenguat Serat *E-Glass Chop Strand Mat* dan Matriks Resin Polyester. *Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3*. ISBN : 979-587-395-4 : 401-415
- Azwa, Z. (2013). Thermal Degradation Study of Kenaf Fibre-Epoxy Composites Using Thermo Gravimetric Analysis. Paper presented at the 3rd Malaysian Postgraduate Conference (MPC2013).
- Bramantyo, A., 2008. *Pengaruh Konsentrasi Dan Arah Serat Rami*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Cao, S., Z. Wu, and X. Wang. 2009. Tensile Properties of CFRP and Hybrid FRP Composites at Elevated Temperatures. *Composite Materials*. 43(4): 315-330
- Febriyanto, H. 2011. *Pengaruh Variasi Temperatur dan Paduan Polypropylene dengan Serbuk Arang Kayu terhadap Kekuatan Impact pada Proses Injection Moulding*. Teknik Mesin. Universitas Jember.
- Justus. 2011. YUKALAC Unsaturated Polyester Resin. Retrieved 15 maret, 2015.
- Karso, T. 2012. Pengaruh Variasi Suhu Siklus Termal Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit HDPE–Sampah Organik. *Mekanik*. 11(1): 8-13.
- King Mongkut of Tech N. Bangkok pursuant to License Agreement. 2010. Standart Specification for Mortar Cement. *ASTM International Designation C1329-05*. 1-4.
- Kushartomo, W. (2016). Pengaruh Ketahanan Serat Baja Terhadap Kekuatan Lentur Reaktif Bubuk Mortar.
- Lomboan, F.O., E.J. Kumaat, dan R.S.Windah. 2016. Pengujian Kuat Tekan Mortar dan Beton Ringan dengan Menggunakan Agregat Ringan Batu Apung dan Abu Sekam Padi sebagai Substitusi Parsial Semen. *Sipil Statik*, 4(4): 271-278.

- Morsy, M.S., dkk. 2009. Effect of elevated temperature on Physico-Mechanical Properties of Metakaolin Blended Cement Mortar. *Structural Engineering and Mechanics*, 31 (2009), Pp. 1-10.
- Mouritz. (2006). *Fire Properties of Polymer Composite Materials*.
- Nasiruddin. 2014. *Analisa Termal – Mekanis Komposit Matrik Polyester Dengan Aditif Partikel Mortar Berpenguat Serat Rami*. Jember: Badan Penerbit Universitas Jember.
- Paiva, J. M. F. D. and A. D. N. D. Santos. 2009. Mechanical and Morphological Characterizations of Carbon Fiber Fabric Reinforced Epoxy Composites Used in Aeronautical Field. *Materials Research*, 12(3): 367-374.
- Perdana, M. 2013. Pengaruh *Moisture Content* dan *Thermal Shock* terhadap Sifat Mekanik dan Fisik Komposit Hibrid Berbasis Serat Gelas dan Cair. *Teknik Mesin* 3(1): 1-7.
- Pratama, Y. Y., R. H. Setyanto, dan I. Priadythama. 2014. Pengaruh Perlakuan Alkali, Fraksi Volume Serat, dan Panjang Serat terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Sabut Kelapa – Polyester. *Ilmiah Teknik Industri*, 13(1): 8-15.
- Purboputro, P.I dan A. Hariyanto. 2017. Analisis Sifat Tarik dan Impak Komposit Serat Rami dengan Perlakuan Alkali dalam Waktu 2,4,6 dan 8 Jam Bermatrik Poliester. *Teknik Mesin*, 18(2):64-75.
- Sieto, C. 2007. Masonry Mortars. *Knowledge Edge*. 4(4): 58-60.
- Setiawan, A.S. 2015. Pengaruh Fraksi Berat Aditif Montmorillonite Siklus Termal terhadap Sifat Mekanik pada Komposit Polyester Berpenguat Serat Bambu. *Teknik Mesin*. Universitas Jember
- Setyanto, R.H. 2012. Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya. *Performa*, 11(1): 9-18.
- Van Rijswik, Brouwer K., beukers. W.D. 2001. *Applications of Natural Fibre Composites in The Development of Rural Societies*. Structures and Materials Laboratory Faculty of Aeospace Engineering Delft university of Technology.
- Yousif, Z. N. A. B. F. 2013. *Thermal Degradation Study of Kenaf Fibre-Epoxy Composites Using Thermo Gravimetric Analysis*. Paper presented at the 3rd Malaysian Postgraduate Conference (MPC2013).

Yunus. 2011. *Komposit Proses, Fabrikasi dan Aplikasi Jember*, Universitas Jember



