PENGARUH PERENDAMAN ENZIM PAPAIN PADA SERAT BAMBU PETUNG (*Dendrocalamus Asper*) TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT BERMATRIK EPOXY

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan

memperoleh gelar Sarjana Teknik

HAFIZATURAHMAN

NIM. 155060201111053

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2020

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

awijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PERENDAMAN ENZIM PAPAIN PADA SERAT BAMBU PETUNG (*Dendrocalamus Asper*) TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT BERMATRIK *EPOXY*

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

HAFIZATURAHMAN
NIM. 155060201111053

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 18 Februari 2020

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Rudianto Raharjo, ST., MT.	**Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D.**
NIP. 198202252012121002	**NIP. 2014118411231001**

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1

Dr.Eng. Mega Nur Sasongko., ST., MT.
NIP. 197409302000121001

Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelurusan berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak pernah terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 18 Februari 2020

Mahasiswa,

Hafizaturahman

NIM. 155060201111053

Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya

TURNITIN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 001/UN10.F07.12.21/PP/2020

Sertifikat ini diberikan kepada :

HAFIZATURAHMAN

Dengan Judul Skripsi :

PENGARUH PERENDAMAN ENZIM PAPAIN PADA SERAT BAMBU PETUNG (*DENDRACALAMUS ASPER*) TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT BERMATRIK *EPOXY*

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi ≤ 20 %, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 18 FEB 2020

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D
NIP. 19680305 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

Dr.Eng Mega Nur Sasongko, ST, MT
NIP. 19740930 200012 1 001

JUDUL SKRIPSI:

PENGARUH PERENDAMAN ENZIM PAPAIN PADA SERAT BAMBU PETUNG (*Dendrocalamus Asper*) TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT BERMATRIK *EPOXY*

Nama Mahasiswa	: Hafizaturahman
NIM	: 155060201111053
Program Studi	: Teknik Mesin
Minat	: Teknik Manufaktur

KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I	: Rudianto Raharjo, ST., MT.
Pembimbing II	: Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1	: Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.
Dosen Penguji 2	: Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng.
Dosen Penguji 3	: Dr. Eng. Mega nur Sasongko, ST., MT.

Tanggal Ujian	: 12 Februari 2020
SK Penguji	: 312/UN10.F07/SK/2020

repository.ub.ac.id

Teruntuk dan Teriring Ucapan Terima Kasih

kepada :

Ayahanda dan Ibunda tercinta serta adik-adikku

yang kusayangi

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik. Laporan skripsi ini berjudul **"Pengaruh Perendaman Enzim Papain Pada Serat Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Bermatrik *Epoxy*".**

Laporan ini disusun sebagai bentuk dokumentasi dan hasil akhir dari proses perkuliahan yang telah dilaksanakan. Laporan ini juga diajukan sebagai syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dalam kurikulum program studi Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Dalam melaksanakan proses penelitian dan penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa tidak akan dapat menyelesaikan semuanya dengan baik tanpa bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada banyak pihak di antaranya:

1. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT.,Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng, Ph.D selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Dr.Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc.CSE selaku Ketua Dosen Keahlian Teknik Manufaktur telah memberikan banyak bantuan, serta ilmu dalam penyusunan skripsi ini.
5. Rudianto Raharjo, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi bimbingan serta ilmu dalam penyusunan skripsi ini.
6. Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing II yang telah memberi saran dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
7. Kepada Bapak dan Ibu saya sebagai orang tua penulis, dan adik saya Fitriyati, Fitriyani, dan Muhammad Aqmaluddin yang telah memberikan doa, dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

8. Kepada Nadia Azarin, S.Farm. yang selalu menemani serta memberikan dukungan dan do'a dalam keadaan apapun.
9. Kepada sahabat saya Septian, Ika, dan Tia yang selalu memotivasi saya dalam menyelesaikan studi saya.
10. Seluruh dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberi ilmu selama perkuliahan.
11. Kerukunan Mahasiswa Murakata Malang (KM2 Malang) yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, terima kasih atas bantuan dan motivasinya.
12. Teman-teman M'15 (Pecah Tak Gabungno,Bareng Tak Lakoni) Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membantu perkembangan pembahasan terkait topik laporan ini maupun bagi penulis secara pribadi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan bagi perkembangan keilmuan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Malang, 7 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR TABEL v
DAFTAR GAMBAR vi
DAFTAR LAMPIRAN viii
RINGKASAN ix
SUMMARY x

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Penelitian Sebelumnya 5
2.2 Tanaman Bambu Petung 6
2.3 Enzim Papain 8
2.4 Komposit 10
2.4.1 Klasifikasi Komposit 11
2.4.2 Keuntungan Material Komposit 15
2.5 Perlakuan Fisika dan Kimia 15
2.5.1 Perlakuan Fisika 15
2.5.2 Perlakuan Kimia 16
2.6 Matriks 17
2.6.1 Epoksi 17
2.7 Teori Ikatan Matriks dan Serat Penguat 19
2.8 Metode Pembuatan Komposit 20
2.8.1 *Hand Lay-up* 20
2.8.2 *Spray-up* 21
2.8.3 *Vacum Bag* 21
2.8.4 *Pressure Bag* 22
2.8.5 *Injection Molding* 22
2.9 Uji Tarik 23
2.10 Konstruksi Rangka Batang 26
2.11 Hipotesis 27

BAB III METODE PENELITIAN 29
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 29
3.2 Variabel Penelitian 29
3.2.1 Variabel Bebas 29

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

3.2.2 Variabel Terikat 29
3.2.3 Variabel Terkontrol 30
3.3 Bahan dan Alat yang digunakan 30
3.3.1 Bahan 30
3.3.2 Alat 32
3.4 Uji Tarik Komposit 37
3.5 Proses Pelaksanaan 39
3.5.1 Proses Pelaksanaan 39
3.5.2 Proses Perendaman Enzim Papain 39
3.5.3 Proses *Vacum Infusion Resin* 39
3.6 Diagram Alir Pelaksanaan 42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 45
4.1 Data Hasil Pengujian Tarik Serat Tunggal Bambu Petung 45
4.2 Morfologi Serat Tunggal Bambu Petung (SEM) 46
4.3 Analisis Foto Makroskopik Patahan Komposit 50
4.3.1 Analisis Patahan Komposit Tanpa Perlakuan 50
4.3.2 Analisis Patahan Komposit Perlakuan Perendaman Enzim Papain 5% .. 51
4.3.3 Analisis Patahan Komposit Perlakuan Perendaman Enzim Papain 7% .. 52
4.3.4 Analisis Patahan Komposit Perlakuan Perendaman Enzim Papain 9% .. 54
4.4 Hasil Uji Wettability Serat Bambu Petung 55
4.5 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Serat Bambu petung 57
4.6 Data Hasil Tegangan – Regangan Uji Tarik Komposit 59

BAB V PENUTUP 61
5.1 Kesimpulan 61
5.2 Saran 61

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis serat alam 7
Tabel 2.2 Sifat mekanik bambu petung 8
Tabel 2.3 Spesifikasi resin epoksi 18
Tabel 2.4 Spesifikasi hardener epoksi 18
Tabel 3.1 Spesifikasi *Liquid Standart Epoxy Resin Based on Bisphenol-A* 31
Tabel 3.2 Ukuran Spesimen Uji Tarik ASTM D638-01, T = 3.2 mm (0.12) 38
Tabel 4.1 Perbandingan kandungan cincin C = C aromatic 49
Tabel 4.2 Skema sudut kontak pada droplet pada permukaan serat 57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bambu petung (*Dendrocalamus Asper)* 6
Gambar 2.2 Struktur kimia Asam Amino Papain 10
Gambar 2.3 Komposisi Komposit 11
Gambar 2.4 Klasifikasi komposit 13
Gambar 2.5 Pembagian komposit berdasarkan jenis penguatnya 14
Gambar 2.6 *Continous fibre composite* 14
Gambar 2.7 *Discontinous fibre composite* 14
Gambar 2.8 *Woven fibre composite* 14
Gambar 2.9 *Hybrid fibre composite* 15
Gambar 2.10 Struktur kimia resin epoksi A dan B 17
Gambar 2.11 Struktur selulosa 18
Gambar 2.12 Struktur lignin 19
Gambar 2.13 Ikatan mekanik 19
Gambar 2.14 Ikatan elektrostatik 20
Gambar 2.15 Ikatan reaksi 20
Gambar 2.16 *Hand lay-up* 21
Gambar 2.17 *Spray-up* 22
Gambar 2.18 *Vacum bag* 22
Gambar 2.19 *Pressure bag* 23
Gambar 2.20 *Injection molding* 23
Gambar 2.21 Grafik tegangan-regangan 25
Gambar 2.22 Grafik tegangan-regangan (Polimer) 26
Gambar 2.23 Grafik tegangan-regangan rekayasa sejati 26
Gambar 2.24 Pembebanan batang secara aksial 26
Gambar 3.1 Resin dan katalis 30
Gambar 3.2 Serat bambu petung 31
Gambar 3.3 Enzim papain 31
Gambar 3.4 Mesin uji tarik serat tunggal dan *pull out* 32
Gambar 3.5 Mesin uji tarik komposit 33
Gambar 3.6 Jangka sorong digital 33
Gambar 3.7 Cetakan 33
Gambar 3.8 Timbangan digital 34
Gambar 3.9 *Sealent tape* 34
Gambar 3.10 *Plastic bag* 34
Gambar 3.11 *Mesh* 35
Gambar 3.12 *C-clamp* 35
Gambar 3.13 *Mirror-Glaze* 35
Gambar 3.14 *PE Tube* atau Pipa 36
Gambar 3.15 Gelas plastic 36
Gambar 3.16 *Vacuum compressor* 36
Gambar 3.17 *Resin trap* 37

Gambar 3.18 *Microwave oven* 37
Gambar 3.19 Dimensi spesimen tarik berdasarkan ASTM D638-01 38
Gambar 3.20 Dimensi spesimen uji tarik tunggal berdasarkan ASTM D3379-75 38
Gambar 3.21 Proses *vacum infusion resin* 40
Gambar 4.1 Hasil rata-rata pengujian tarik serat tunggal bambu petung 45
Gambar 4.2 Foto SEM serat bambu petung tanpa perlakuan dengan perbesaran (A) 500x dan (B) 750x 46
Gambar 4.3 Foto SEM serat bambu petung konsentrasi perendaman 5% enzim papain dengan perbesaran (A) 500x dan (B) 750x 46
Gambar 4.4 Foto SEM serat bambu petung konsentrasi perendaman 7% enzim papain dengan perbesaran (A) 500x dan (B) 750x 47
Gambar 4.5 Foto SEM serat bambu petung konsentrasi perendaman 9% enzim papain dengan perbesaran (A) 500x dan (B) 750x 47
Gambar 4.6 Skema pemutusan lignin akibat larutan enzim papain 48
Gambar 4.7 Hasil uji FTIR serat bambu petung 49
Gambar 4.8 Foto patahan spesimen komposit serat bambu petung tanpa perlakuan 50
Gambar 4.9 Foto makro patahan komposit tanpa perlakuan bagian A 50
Gambar 4.10 Foto makro patahan komposit tanpa perlakuan bagian B 50
Gambar 4.11 Foto patahan spesimen komposit berpenguat serat bambu petung dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 5% 51
Gambar 4.12 Foto makro patahan pada komposit dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 5% A 52
Gambar 4.13 Foto makro patahan pada komposit dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 5% B 52
Gambar 4.14 Foto patahan spesimen komposit berpenguat serat bambu petung dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 7% 53
Gambar 4.15 Foto makro patahan pada komposit dengan dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 7% A 53
Gambar 4.16 Foto makro patahan pada komposit dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 7% B 53
Gambar 4.17 Foto patahan spesimen komposit berpenguat serat bambu petung dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 9% 54
Gambar 4.18 Foto makro patahan pada komposit dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 9% A 54
Gambar 4.19 Foto makro patahan pada komposit dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 9% B 55
Gambar 4.20 Contact Angle antara serat bambu petung dengan droplet resin (a) tanpa perlakuan, (b) 5% enzim papain, (c) 7% enzim papan, dan (d) 9% enzim papain 56
Gambar 4.21 Grafik kekuatan tarik komposit berpenguat serat bambu petung 57
Gambar 4.22 Grafik kekuatan tarik rata-rata komposit berpenguat serat bambu petung 58
Gambar 4.23 Grafik hubungan tegangan – regangan uji tarik komposit 59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengujian Serat Tunggal Bambu Petung
Lampiran 2 Hasil Uji Tarik Komposit Serat Bambu Petung

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

Hafizaturahman, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2020, *Pengaruh Perendaman Enzim Papain pada Serat Bambu Petung (Dendrocalamus Asper) terhadap Kekuatan Tarik Komposit Bermatrik Epoxy*, Dosen Pembimbing : Rudianto Raharjo, ST., MT. dan Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng, Ph.D.

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin cepat, pertumbuhan teknologi juga berkembang dengan sangat cepat terutama di dunia industri, hal tersebut berbandng lurus dengan kebutuhan manusia yang semakin meningkat dan tidak bisa terlepas dari material. Hal tersebut membuat manusia terus berfikir bagaimana membuat material yang kuat, tangguh, ulet, serta ringan. Selain memiliki karakteristik yang bagus, material juga harus lebih ramah lingkungan karena pencemaran lingkungan yang dapat berakibat buruk bagi masa depan manusia. Salah satunya yaitu pengembangan "komposit" dalam bidang material. Serat bambu petung (*Dendrocalamus Asper*) memiliki potensi yang baik sebagai penguat pada komposit dan merupakan sumber dari alam. Dengan perpaduan dengan matrik epoxy yang memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan dimensi dan penahan panas yang baik.

Pada penelitian ini, uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari komposit dengan serat bambu petung. Penelitian ini menggunakan metode *true experimental research,* dengan ukuran spesimen tarik sesuai standar ASTM D638-01. Dalam penelitian ini, digunakan komposit serat bambu petung tanpa perlakuan, perendaman pada enzim papain dengan konsentrasi 5% selama 60 menit, kemudian perendaman pada enzim papain dengan konsentrasi 7% selama 60 menit, dan terakhir perendaman pada enzim papain dengan konsentrasi 9% selama 60 menit. Pembuatan spesimen komposit untuk uji tarik dilakukan dengan metode *Vacuum Infusion.*

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan yaitu bahwa kekuatan tarik rata-rata komposit serat bambu petung apabila di urutkan dari terendah hingga tertinggi yaitu : komposit berpenguat serat bambu petung dengan tanpa perlakuan perendaman sebesar 73.908 MPa ; perlakuan perendaman pada enzim papain dengan konsentrasi 5% sebesar 93.160 MPa, perlakuan perendaman pada enzim papain dengan konsentrasi 7% sebesar 131.062 MPa, dan perlakuan perendaman pada enzim papain dengan konsentrasi 9% sebesar 114.382 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi enzim papain maka kekuatan tarik komposit akan semakin tinggi dikarenakan enzim papain dapat merubah topografi permukaan serat menjadi lebih kasar yang membuat *mechanical interlocking* antara serat dan matriks resin epoksi menjadi lebih baik dan sifat adhesi yang lebih baik antara permukaan serat dalam menyerap resin epoksi pada permukaan serat secara optimal.

Kata Kunci : Serat Bambu Petung, *Vacuum infusion*, Kekuatan Tarik, *Epoxy*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

SUMMARY

Hafizaturahman, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, January 2020, Effects of Soaking in Papain Enzyme on Petung Bamboo Fibre (Dendrocalamus Asper) on Composite Tensile Strength with Epoxy Matrix, Supervisor: Rudianto Raharjo, ST., MT. and Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng, Ph.D.

Along with the development of an increasingly rapid era, the growth of technology is also developing very quickly, especially in the industrial world, it is directly proportional to the increasing human needs and can not be separated from the material. This makes people continue to think about how to make materials that are strong, tough, resilient, and lightweight. Besides having good characteristics, the material must also be more environmentally friendly because of environmental pollution that can be bad for the future of humans. One of them is the development of "composite" in the material field. Petung bamboo fiber (Dendrocalamus Asper) has good potential as a reinforcement on composites and is a natural source. With the combination of epoxy matrices that have mechanical, electrical, dimensional stability and good heat retention.

In this study, a tensile test was conducted to determine the tensile strength of composites with petung bamboo fiber. This study uses a true experimental research method, with the size of tensile specimens according to ASTM D638-01 standards. In this study, composite bamboo fiber petung without treatment, immersion in the papain enzyme with a concentration of 5% for 60 minutes, then immersion in the papain enzyme with a concentration of 7% for 60 minutes, and finally immersion in the papain enzyme with a concentration of 9% for 60 minutes . The making of composite specimens for tensile tests was carried out by the Vacuum Infusion method.

From the results of the research that has been done, it can be concluded that the average tensile strength of petung bamboo fiber composites when sorted from lowest to highest are: petung bamboo fiber reinforced composites with no immersion treatment of 73,908 MPa; immersion treatment on the papain enzyme with a concentration of 5% of 93,160 MPa, immersion treatment on the papain enzyme with a concentration of 7% of 131,062 MPa, and immersion treatment on the papain enzyme with a concentration of 9% at 114,382 MPa. This shows that the higher the concentration of the papain enzyme the higher the tensile strength of the composite because the papain enzyme can change the surface topography of the fiber to be more rough which makes mechanical interlocking between the fiber and the epoxy resin matrix better and better adhesion properties between the surface of the fiber in optimally absorb epoxy resin on the surface of the fiber.

Keywords: Petung Bamboo Fiber, Vacuum infusion, Tensile Strength, Epoxy

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin cepat, pertumbuhan teknologi juga berkembang dengan sangat cepat terutama di dunia industri, hal tersebut berbandng lurus dengan kebutuhan manusia yang semakin meningkat dan tidak bisa terlepas dari material. Hal tersebut membuat manusia terus berfikir bagaimana membuat material yang kuat, tangguh, ulet, serta ringan. Selain memiliki karakteristik yang bagus, material juga harus lebih ramah lingkungan karena pencemaran lingkungan yang dapat berakibat buruk bagi masa depan manusia. Misalnya, Tahun 2018 25,1 persen desa mengalami pencemaran air, dan sekitar 2,7 persen desa tercemar tanahnya (Badan Pusat Statistik Indonesia). Salah satu yang dikembangkan saat ini adalah material komposit berpenguat serat alam. Negara Indonesia memiliki potensi serat alam yang sangat banyak dan bervariasi, sehingga berpeluang mengembangkan polimer komposit dengan menggunakan serat alam (Sulaiman, 2018).

Material dengan penguat serat alam sudah banyak di kembangkan di berbagai negara seperti serat hemp, bambu, dan pisang yang biasa kita temui pada body mobil, pesawat, dan fasilitas lainnya. Penggunaan bahan komposit kini banyak digunakan sebagai bahan pengganti material logam konvensional karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu memiliki kekuatan yang lebih tinggi, tahan terhadap korosi, mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan baik dalam segi kekuatan ataupun bentuknya, dan lebih murah dibanding material berbahan logam. Ashby pada bukunya menyebutkan bahwa kekuatan material komposit telah mencapai 1000 MPa dan telah melebihi kekuatan beberapa material dari bahan logam. Karena kekuatan yang tinggi dan beberapa keunggulan lain seperti tahan korosi menyebabkan material komposit menjadi pilihan utama dalam mengembangkan material baru (Ashby, 1999).

Bambu petung (*Dendrocalamus asper*) merupakan tanaman yang termasuk ke dalam suku rumput–rumputan dan memiliki lingkar batang yang cukup besar. Bambu petung ini tumbuh sangat banyak di Indonesia khususnya di daerah Kota Malang. Panjang ruas bambu petung biasanya 40-50 cm dan dapat mencapai tinggi sampai 20 meter. Pemanfaatan bambu

petung di masyarakat sangat luas, seperti bahan bangunan, keranjang, mebel, kerajinan, alat pancing, bahan bakar (kayu bakar), sayuran (rebung) dan alat musik (Nuriyatin, 2000).

Dengan meingiringi perkembangan zaman yang semakin maju, para pelaku industri juga harus terus meningkatkan kualitas produk dengan tetap memerhatikan keadaan lingkungan. Serat alam yang diambil untuk menjadi penguat tidak bisa begitu saja dimasukkan ke dalam material, harus diberikan perlakuan agar serat dapat memenuhi karakteristik yang diperlukan untuk membuat suatu produk. Perlakuan dengan alkali ($KMnO_4$) diharapkan dapat berpengaruh terhadap komposit yang dihasilkan, karena fungsi alkali dapat menghilangkan lignin yang ada (Muiz, 2005). Hal tersebut dapat dilakukan dengan melakukan perendaman pada enzim papain yang mampu merubah mikrostruktur pada serat alam sehingga meningkatkan beberapa sifat mekanisnya.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh perendaman terhadap komposisi kimia serat alam menggunakan enzim papain dengan mengetahui kekuatan tarik pada serat bambu petung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Vacum infusion* dan kemudian di uji tarik menggunakan standar ASTM D638-01. Pengujian dilakukan untuk mencari sifat mekanik yang paling baik dari perendaman enzim papain terhadap serat bambu petung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan permasalahan yang akan di teliti yaitu pengaruh perendaman enzim papain pada serat bambu petung terhadap kekuatan tarik.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Saat pembuatan komposit serat bambu petung pada suhu ruang.
2. Kecepatan aliran resin pada *vacum infusion* dianggap konstan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perendaman enzim papain pada serat bambu petung terhadap kekuatan tariknya.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu:

1. Dapat menghasilkan komposit dengan serat alam bambu petung dan memiliki kekuatan tarik yang tinggi.
2. Menjadi perantara dan referensi untuk penelitian berikutnya yang berkaitan dengan pengaruh perendaman enzim papain terhadap serat alam.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Agustina S (2005), telah melakukan penelitian yang berjudul "Pegolahan Rami Secara Biologi" memberikan kesimpulan bahwa proses dekortikasi pada penelitian ini dengan menggunakan enzim papain yang digunakan sebagai media dikarenakan pada enzim tersebut mengandung mikro organisme yang mana akan menghasilkan enzim yang dapat melunakkan lignin.

Nakpathom M (2009), telah melakukan penelitian yang berjudul "*Papain Enzymatic Degumming of Thai Bombyx mori Silk Fibres*" memberikan kesimpulan bahwa proses degumming serat sutra dengan enzim papain 5% pada suhu 65-70^{o}C selama 1 jam menghasilkan penurunan maksimum dari beban putus serat sekitar 46%. Di sisi lain, beban putus maksimum serat sutra yang diberi perlakuan dengan enzim papain 10% pada suhu kamar selama 24 jam dan dengan alkali/sabun pada suhu 90-95^{o}C selama 45 menit masing-masing turun sekitar 28.4% dan 40.2%.

Sugiman (2019), telah melakukan penelitian yang berjudul "*Effects of Alkali Treatment of Bamboo Fibre Under Various Conditions on The Tensile and Flexural Properties of Bamboo Fibre/Polystyrene-Modified Unsaturated Polyester Composites*" memberikan kesimpulan bahwa di bawah perlakuan suhu kamar, modulus lentur terus meningkat hingga konsentrasi larutan alkali 4%, dan kemudian cenderung sedikit menurun hingga konsentrasi konsentrasi larutan alkali 12%. Pada konsentrasi alkali yang rendah, penghilangan sebagian hemiselulosa dan lignin meningkatkan kekuatan adhesi, sehingga meningkatkan kekakuan komposit. Menurut Kumar (2017) serat yang di alkalisasi dengan larutan NaOH 6% masih menampilkan kekuatan komposit *polyester* yang baik.

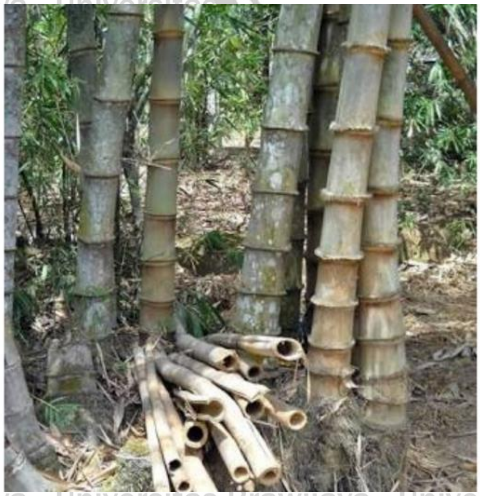
Rokbi (2011), telah melakukan penelitian yang berjudul "*Effect of Chemical treatment on Flexure Properties of Natural Fiber-reinforced Polyester Composite*" memberikan kesimpulan bahwa perlakuan menggunakan alkali sebanyak 1% dan 5% mengaibatkan penigkatan kekuatan lentur sebanyak 30% dan 12% dari kekuatan awal. Sedangkan perlakuan menggunakan alkali 10% selama 24 jam memiliki kekuatan lentur yang paling baik sebesar 57 MPa, pemrosesan serat Alfa 10% NaOH dalam 24 jam, kekuatan lentur dan modulus lentur meningkat sebesar 23 MPa menjadi 57MPa dan dari 1.16 menjadi 3.04 GPa.

Namun, sifat lentur komposit menurun setelah perlakuan menggunakan alkali dengan 5% NaOH selama 48 jam. Hal ini disebabkan oleh pengurangan lignin yang mengikat fibril selulosa secara bersamaan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa perlakuan enzim menggunakan perendamam memberikan pengaruh pada sifat mekanik dan karakteristik serat bambu petung. Semakin banyak konsentrasi enzim maka semakin rendah kekuatan Tarik serat karena lignin yang ada pada serat semakin melunak. Dalam hal ini peneliti ingin memberikan perlakuan pda serat bambu petung agar mencapai kekuatan maksimum menggunakan variasi konsentrasi 5%, 7%, dan 9% dengan waktu perendaman selama 1 jam di suhu ruangan.

2.2 Tanaman Bambu Petung

Tanaman bambu petung dalam Gambar 2.1 atau dalam basa ilmiahnya disebut *Dendrocalamus Asper* termasuk ke dalam suku rumput-rumputan. Bambu petung diperkirakan bersal dari wilayah asia tenggara. Bambu petung tumbuh baik pada tanah-tanah alluvial yang lembab dan subur, meskipun bambu ini juga mampu tumbuh di tempat-tempat kering di dataran tinggi maupun rendah. Ukurannya lebih besar dan lebih tinggi dari jenis bambu yang lain. Tinggi batang mencapai 20 m. Ruas bambu petung cukup panjang dan tebal. Bambu ini akan tumbuih baik bila tanahnya cukup subur, terutama bila di daerah yang beriklim tidak terlalu kering. Bambu petung sifatnya keras dan baik untuk bahan bangunan karena seratnya besar-besar serta ruasnya panjang. Dapat dimanfaatkan untuk saluran air, penampung air aren yang di sadap, dinding rumah yang di anyam (gedhek atau bilik) dan berbagai jenis barang kerajinan (Widjaja dkk., 1994).



Gambar 2.1 Bambu petung (*dendrocalamus asper*)

Daerah malang khususnya pada Kabupaten Malang merupakan salah satu tempat dimana bambu petung tumbuh subur. Di Desa Wagir merupakan salah satu tempat yang memanfaatkan bambu petung sebagai bahan baku untuk pembuatan tusuk sate dan bilah dupa. Di desa ini hampir sebagian warganya memanfaatkan tanaman bambu petung yang tumbuh sangat subur walaupun tidak di budidaya.

Kadar air merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi sifat mekanis bambu pada umumnya. Menurut Lise (1980) dalam Pathurahman (1988) kandungan air dalam batang bambu bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang. Hal itu tergantung dari umur, waktu penebangan dan jenis bambu. Pada umur satu tahun batang bambu mempunyai kandungan air yang relatif tinggi, yaitu kurang lebih 120% hingga 130%, baik pada pangkal maupun ujungnya. Pada bagian ruas, kandungan air lebih rendah daripada bagian nodia. Kadar air yang dinyatakan sebagai kandungan air yang berada dalam bambu. Sedangkan menurut Sharma dan Mehra (1970), kadar air pada bambu bervariasi menurut jenis, posisi dalam batang, umur batang dan musim. Kadar air cenderung bertambah dari bawah ke atas pada bambu yang berumur 1-3 tahun dan lebih banyak persentasenya saat musim penghujan dibandingkan musim kemarau. Menurut Pujirahayu (2012) juga menyatakan bahwa kandungan air dalam tiap jenis bambu berbeda tergantung dari banyak faktor. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah tebal bilah masing-masing bambu tersebut. Semakin tebal dinding/bilah bambu maka makin tinggi air yang dapat dikandung bambu tersebut. Bambu petung memiliki tebal bilah 10 – 25 mm.

Menurut Manuputty (2010) Serat alam (natural *fibre*) seperti bambu, *jute*, *straw*, *sisal* dan *coir* sedang mendapat perhatian sebagai bahan penguat polymer untuk digunakan material komposit. Hal ini disebabkan karena:

- Serat alam lebih murah dibandingkan dengan serat sintetik (*syntetic fibre*)
- Memiliki berat jenis rendah
- Memiliki kekuatan spesifik yang tinggi
- Mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat di olah kembali
- Kekuatan tarik dan modulus young rata-rata meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan *cellulose*

Seperti ditunjukan dalam Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 2.1
Jenis Serat Alam

Natural Fibre	***Density*** **(10^{-3} kg. M^{-3})**	***Cellulose*** **(%)**	**Lignin**	***Migro Fibrilla Angle*** **(º)**
Coir	1150	43	45	30-49

Natural Fibre	*Density* (10^{-3} kg. M^{-3})	*Cellulose* (%)	Lignin	*Migro Fibrilla Angle* (º)
Banana	1350	65	5	11
Sisal	1450	70	12	20-25
Jute	1450	63	11.7	8
Bambu	600-800	60.8	32.2	2-10

Sumber: Manuputty (2010)

Dari sifat-sifat fisik sejumlah serat alam yang ditunjukan pada Tabel 2.1, serat bambu menunjukan prosentase kandungan *cellulose*nya cukup tinggi (60%) dan sudut *microbillar*nya (2 - 10˚) dan persentase lignin (32%), serta densitas bambu lebih rendah dibandingkan serat alam lainnya. Dengan melihat sifat-sifat fisik bambu yang menggembirakan, tentu akan memempatkan bambu sebagai material yang mempunyai karakteristik mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan serat alam lainnya.

Menurut Irawati dan Saputra (2012), penelitian menggunakan bambu petung yang memiliki kadar air rata-rata 15.38% dan kerapatan 0.72 gram/cm^3 dengan usia bambu 3-5 tahun, melalui analisis statistik sifat mekanika bambu petung didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2
Sifat mekanik bambu petung

Sifat Mekanik	**MPa**
Kuat lentur	134,972
Kuat tarik sejajar serat	228
Kuat tekan sejajar serat	49,206
Kuat tekan tegak lurus serat	24,185
Kuat geser sejajar serat	9,505
Modulus elastisitas lentur	12888,477

Sumber: Irawati dan Saputra (2012)

2.3 Enzim Papain

Papain adalah enzim proteolitik yang dihasilkan dari lateks buah pepaya hijau. Ini memiliki kapasitas hidrolisis protein tinggi. Aplikasi utama dari enzim papain termasuk industri makanan, terutama untuk pemeriksaan kedinginan bir, pelunakan daging dan pembebasan protein makanan. Aplikasi lain dalam penyamakan kulit dan kulit, degumming sutra, pembuatan keju, farmasi, industri aroma dan parfum dan pengolahan limbah cair (Nakpathom, Somboon, dan Narumol, 2009). Proses pembuatan enzim papain meliputi masa panen dan pengeringan lateks. Papain diperoleh dengan membuat potongan vertikal sedalam 1 – 2 mm pada dasar buah pepaya yang belum matang dengan menggunakan pisau cukur stainless steel. Buah harus disadap dengan interval 4-7 hari. Sekitar 5 menit, aliran lateks berhenti. Lateks dikumpulkan dalam nampan stainless steel

dan disimpan di bawah naungan sehingga untuk mengurangi reaksi, menyebabkan hilangnya aktivitas enzimatik. Lateks susu yang diperoleh dilewatkan melalui saringan 50 mesh untuk menghilangkan kotoran dan serangga. Setelah pengumpulan lateks, lateks dicampur dengan Potassium meta-bisulphite (Kms) ($K_2S_2O_5$) dan dikeringkan dalam pengering terlindung vaksin pada suhu sekitar 55◦C selama 4-5 jam.(Meenakshi, 2014).

Enzim papain mengandung triad katalitik yang berfungsi untuk salah satu dari dua jenis reaksi: baik untuk membagi substrat (hidrolase) atau untuk mentransfer satu bagian substrat ke substrat kedua (transferases). Triad katalitiknya terdiri dari 3 asam amino - sistein-25, histidin-159, dan asparagin-158. Mekanisme di mana fungsi papain dimungkinkan adalah melalui bagian sistein-25 dari triad katalitik yang menyerang karbonil karbon di tulang punggung rantai peptida yang membebaskan bagian terminal amino. Karena ini terjadi di seluruh rantai peptida protein, protein itu pecah. Mekanisme pemecahan ikatan peptida melibatkan deprotonasi Cys-25 oleh His-159. Meskipun berjauhan dalam rantai, ketiga asam amino ini berada dalam jarak dekat karena struktur pelipatan. Meskipun ketiga asam amino ini bekerja bersama di situs aktif yang menyediakan enzim ini dengan fungsi uniknya. Cys-25 kemudian melakukan serangan nukleofilik pada karbon karbonil dari tulang punggung peptida (Menard et al., 1990; Tsuge et al., 1999). Lignin terkait silang dengan hemiselulosa melalui protein dinding sel yang disebut ekstensin.

Papain merupakan protease sulfhidril dari getah buah pepaya. Molekulnya terdiri dari satu rantai polipeptida dengan 212 residu asam amino. Rantai dilipat menjadi dua domain dengan situs aktif di alur antara domain. Papain menunjukkan aktivitas proteolitik yang luas terhadap protein, peptida rantai pendek, ester asam amino dan tautan amida serta diterapkan secara luas di bidang makanan dan obat-obatan (Uhlig, 1998). Hal ini menjadi istimewa dengan memotong ikatan peptida yang melibatkan asam amino basa, terutama arginin, lisin dan residu berikut fenilalanin (Menard et al., 1990). Struktur unik dari papain memberikan fungsinya yang membantu untuk memahami bagaimana enzim proteolitik ini bekerja dan berguna untuk berbagai tujuan. Tinjauan ini membahas fitur struktural enzim, kepentingan biologis dan proses di mana papain memiliki potensi untuk peluang pasar produksi.

Papain memiliki spesifisitas yang luas, mampu membelah ikatan peptida asam amino basa, leusin atau glisin. Ini juga menghidrolisis ester dan asam amino. Berat molekul papain adalah 23.406 Da dan mengandung PH 6.0-7.0.

Gambar 2.2 Struktur kimia Asam Amino Papain
Sumber: Meenakshi (2014)

2.4 Komposit

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya. Secara umum terdapat dua kategori material penyusun komposit yaitu matriks dan *reinforcement* (Maryanti, 2011).

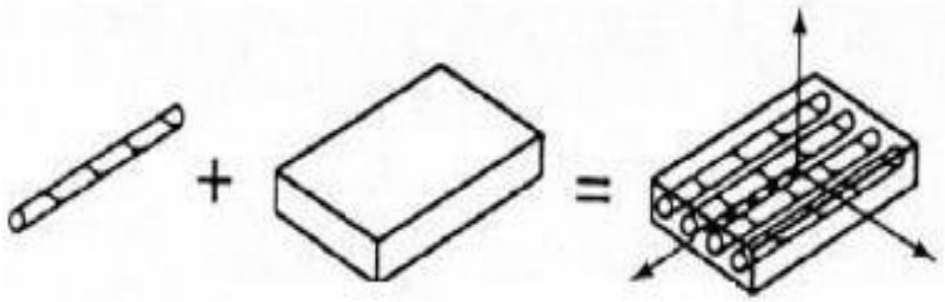
Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda yaitu:

1. Matriks, memiliki sifat *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah. Matriks merupakan fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut.
   a. Mentransfer tegangan ke serat
   b. Membentuk ikatan koheren, permukaan matriks/serat
   c. Melindungi serat
   d. Memisahkan serat
   e. Melepas ikatan
   f. Tetap stabil setelah proses manufaktur

   Sifat matriks yang ideal adalah tangguh, ulet, dan cukup kuat. Matriks berfungsi untuk mengikat serat, meneruskan beban dan mencegah propagasi perpadatan serat ke seluruh komposit. Temperatur cair matriks yang rendah membatasi penggunaan komposit pada temperatur tinggi.
2. *Reinforcement* (serat penguat), mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih rigid serta lebih kuat. Syarat terbentuknya komposit adanya ikatan permukaan antara matriks dan *filler*. Ikatan antar permukaan ini terjadi karena adanya gaya adesi dan kohesi. Dalam material komposit gaya adhesi-kohesi terjadi melalui 3 cara utama pada Gambar 2.2:
   a. *Interlocking* antar permukaan → ikatan yang terjadi karena kekasaran bentuk permukaan partikel.

b. Gaya elektrostatis → ikatan yang terjadi karena adanya gaya tarik-menarik antara atom yang bermuatan (ion).

c. Gaya *van der walls* → ikatan yang terjadi karena adanya pengutupan antar partikel.



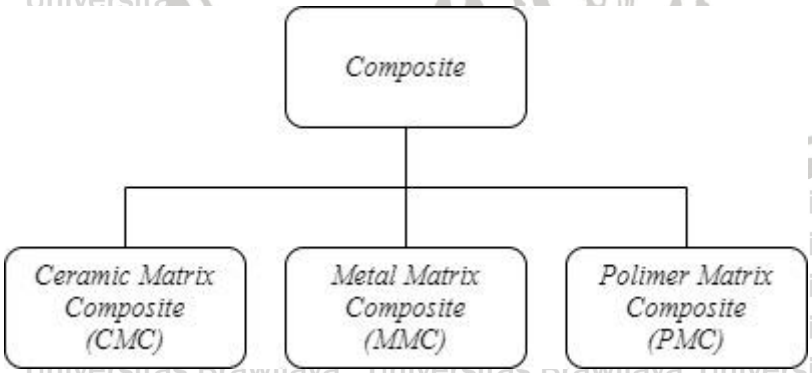
Gambar 2.3 Komposisi komposit
Sumber: K. Van Rijswijk (2001)

Pengembangan komposit dilakukan agar ditemukan suatu material dengan karakteristik yang diinginkan sesuai dengan tujuan pembentukan komposit tersebut. Dengan karakteristik pembentuknya yang berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Secara umum, sifat-sifat komposit ditentukan oleh:

1. Sifat-sifat dari penguat (reinforcement).
2. Rasio perbandingan penguat dengan matriks.
3. Geometri dan orientasi penguat pada komposit.

2.4.1 Klasifikasi Komposit

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dapat di klasifikasikan seperti Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.4 Klasifikasi komposit
Sumber: Nayiroh (2013)

1. PMC (*Polymer Matrix Composite*)

PMC merupakan komposit yang menggunakan polimer sebagai matriksnya. Jenis polimer yang banyak di gunakan terbagi dua yaitu termoplastik dan thermoset. Termoplastik adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. Termoplastik merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan. Termoplastik meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (*reversibel*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Sedangkan termoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali.

Komposit PMC ini memiliki sifat:

a. Biaya pembuatan yang rendah
b. Ketangguhan baik
c. Tahan simpan yang cukup lama
d. Siklus pabrikasi dapat dipersingkat
e. Kemampuan mengikuti bentuk (luwes)
f. Ringan

2. MMC (*Metal Matrix Composite*)

Komposit jenis ini menggunakan logam yang ulet sebagai matriksnya. Material ini dimanfaatkan pada temperatur yang lebih tinggi. Beberapa keuntungannya dibanding PMC yaitu temperatur operasinya yang lebih tinggi, *nonflammable*, dan juga lebih tahan akan degradasi oleh fluida organik.

Komposit MMC ini bersifat:

a. Transfer tegangan dan regangan yang baik.
b. Ketahanan terhadap temperature tinggi.
c. Tidak menyerap kelembaban.
d. Tidak mudah terbakar.
e. Kekuatan tekan dan geser yang baik.
f. Ketahanan aus dan muai termal yang baik.

Matriks pada MMC bersifat:

a. Mempunyai keuletan yang tinggi
b. Mempunyai titik lebur yang rendah
c. Mempunyai densitas yang rendah

3. CMC (*Ceramic Matrix Composite*)

Komposit jenis ini menggunakan keramik sebagai matriksnya. Secara inheren

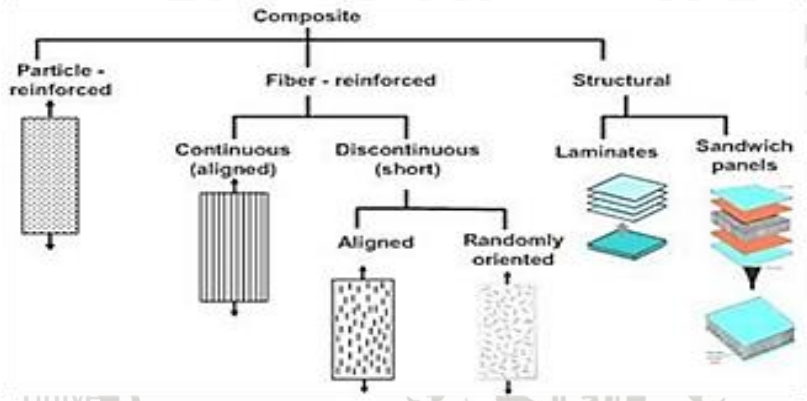
tahan terhadap oksidasi dan juga kerusakan pada temperatur tinggi. Jenis komposit ini sangat cocok untuk digunakan pada temperatur tinggi dan juga untuk aplikasi seperti komponen mobil dan juga turbin gas.

Komposit CMC ini bersifat:

a. Sangat tangguh bahkan hampir sama dengan ketangguhan dari *cast* iron.
b. Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus.
c. Unsur kimianya stabil pada temperature tinggi.
d. Tahan pada temperatur tinggi (*creep*).
e. Kekuatan dan ketahanan korosi yang tinggi .

Matriks yang sering digunakan pada CMC adalah gelas anorganik, keramik gelas, alumina, dan silikon nitrida

Sedangkan berdasarkan penguatnya, komposit juga dibagi menjadi tiga, yaitu :



Gambar 2.5 Pembagian komposit berdasarkan jenis penguatnya
Sumber: Deborah (2009)

1. *Particle Reinforced Composite*

Komposit partikel yaitu komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan didistribusikan secara merata dalam matriks. Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding bahan komposit serat. Bahan komposit partikel mempunyai keunggulan, seperti ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak dan mempunyai daya pengikat dengan matriks yang baik.

2. *Fibre Reinforced Composite*

Merupakan komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapis dan dan biasanya berpenguat serat. *Fibre* yang digunakan bisa berupa *glass fibres, carbon fibres, aramid fibres*, dan sebagainya. Pada *Fibre reinforced composite* terbagi lagi menjadi tiga yaitu:

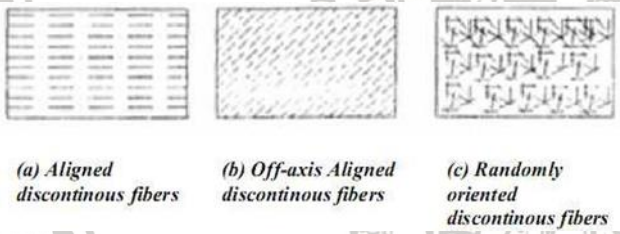
a. *Continous Fibre Composite*

Continuous fibre composite dalam Gambar 2.5 mempunyai serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling sering digunakan tetapi pada tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.

Gambar 2.6 Continous fibre composite
Sumber: Nayiroh (2013)

b. *Discontinous Fibre Composite*

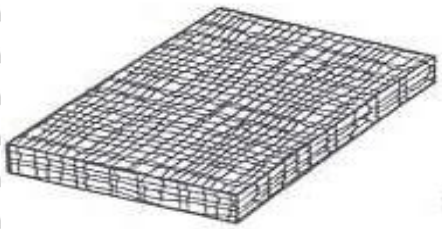
Komposit ini adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 (Gibson, 1994:157) dalam Gambbar 2.6 adalah *Aligned discontinuous fibre*, *Off-axis aligned discontinuous fibre*, dan *Randomly oriented discontinuous fibre*.



Gambar 2.7 Discontinous fibre composite
Sumber: Nayiroh (2013)

c. *Woven Fibre Composite*

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat serat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.



Gambar 2.8 Woven fibre composite
Sumber: Nayiroh (2013)

d. *Hybrid Fibre Composite*

Hybrid Fibre Composite dalam Gambar 2.8 merupakan komposit gabungan antara serat tipe serat lurus dengan serat acak. Tip ini digunakan supaya dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihannya.

Gambar 2.9 Hybrid fibre composite
Sumber: Nayiroh (2013)

3. *Structural Composite*

Terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna.

2.4.2 Keuntungan Material Komposit

Material komposit banyak sekali memiliki keuntungan daripada material lainnya, diantaranya:

1. Tahan terhadap korosi.
2. Material komposit memiliki densitas yang jauh lebih rendah dari bahan konvensional lainnya.
3. Sifat *fatique* dan keuletan dari material komposit lebih baik daripada material logam.
4. Mempunyai kelebihan lebih efektif sesuai produk yang di inginkan dengan mengubah matrik dan penguatnya.

2.5 Perlakuan Fisika dan Kimia

2.5.1 Perlakuan Fisika

Perlakuan fisika biasanya berupa *plasma*, *corona*, dan *heat treatment*. Perlakuan tersebut berfungsi untuk memodifikasi serat dan matrik polimer. Pada dasarnya serat alam memiliki kelemahan dalam *wettability* atau kemampuan matriks membasahi serat (Yudhanto, 2016). Perlakuan secara fisika digunakan untuk memperbaiki permukaan dari serat (Mohammed, 2018).

Perlakuan *heat treatment* lebih banyak digunakan karena lebih praktis dan telah banyak berkembang. *Heat treatment* yang banyak digunakan yaitu menggunakan *oven* dan *microwave*. Pada oven elektrik yang biasa digunakan, pemanasan menggunakan dua *heating coils*, terletak pada bagian *chamber* oven. Ketika *coil* dipanaskan, udara didalam *chamber* juga ikut dipanaskan melalui konduksi dan natural konveksi. Kemudian panas dialirkan ke makanan atau material yang ada di dalam *chamber* menggunakan kipas. Proses perpindahan panas pada oven dimulai pada sisi permukaan benda sehingga memiliki waktu yang lebih lama.

Penggunaan *microwave* semakin banyak menggantikan *oven* konvensional karen memiliki keunggulan menghasilkan panas dengan waktu yang relatif lebih cepat, bersih, dan selektif karena *microwave* biasanya memiliki *range* frekuensi antara 0,3 hingga 300 GHz antara *infrared* dan gelombang radio.

2.5.2 Perlakuan Kimia

Perlakuan kimia pada serat alam merupakan metode yang digunakan untuk menghasilkan serat sesuai kualifikasi yang diinginkan. Alkalisasi merupakan salah satu metode modifikasi permukaan serat yang dilakukan untuk memperoleh ikatan yang baik antara permukaan matriks dan serat dilakukan modifikasi permukaan serat. Modifikasi permukaan dilakukan untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat alam dengan matrik. Alkalisasi pada serat dalah metode yang telah digunakan untuk menghasilkan serat berkualitas tinggi .Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat ke dalam alkali basa. Proses ini menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka ,yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. dengan berkurangnya hemiselulosa,lignin atau pektin,wetability serat oleh matrik akan semakin baik .dan menghasilkan mechanical interlocking yang baik (Maryanti, 2011). Proses alkalisasi biasanya menggunakan NaOH, KOH, dan berbagai jenis enzim seperti enzim bromelin, *xylanase*, dan juga papain.

Natrium hidroksida (NaOH) merupakan zat kimia yang bersifat basa kuat. NaOH dapat merusak struktur lignin pada bagian kristalin dan amorf pada serat alam serta memisahkan sebagian hemiselulosa. Pada penelitian ini menggunakan zat enzim papain yang fungsinya hampir sama dengan NaOH yaitu melunakkan atau merusak struktur lignin pada serat alam. Salah satu keuntungan menggunakan enzim papain yaitu limbah yang dihasilkan lebih ramah lingkungan karena zat yang berupa enzim hasil dari ekstraksi buah.

2.6 Matriks

Matriks dalam material komposit biasanya menggunakan bahan polimer atau logam. Matriks dalam komposit berfungsi mengikat serat agar serat dapat bekerja dengan baik karena matriks meneruskan beban kepada serat yang mengenai komposit. Persyaratan di bawah ini perlu dipenuhi sebagai bahan matriks untuk pencetakan bahan komposit (Surdia, 1999):

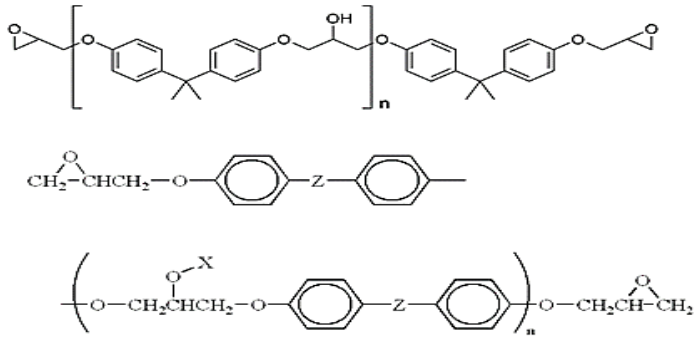
1. Resin yang dipakai perlu memiliki viskositas rendah, dapat sesuai dengan bahan penguat dan *permeable*.
2. Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan.
3. Dapat diukur pada temperatur kamar yang optimal.
4. Memiliki kelengketan yang baik dengan bahan penguat (*fibre*).
5. Mempunyai sifat baik dari bahan yang di awetkan. Sebagai bahan penyusun utama dari komposit, matriks harus mengikat kuat serat secara optimal agar beban yang diterima dapat diteruskan secara optimal oleh serat secara maksimal, sehingga diperoleh kekuatan yang diinginkan.

Pada dasarnya matriks dalam komposit berfungsi untuk:

1. Melindungi dari pengaruh lingkungan yang merugikan.
2. Mencegah permukaan serat dari gesekan mekanis.
3. Memegang dan mempertahankan derat agar tetap dalam posisinya.
4. Mendistribusikan sifat-sifat tertentu bagi komposit, yaitu : keuletan, ketangguhan, dan ketahanan panas.

2.6.1 Epoksi

Resin epoksi terdiri dari 2 bagian yaitu berupa epoksi A resin dan epoksi B hardener. Resin epoksi berupa cairan yang sangat kental. Untuk dapat digunakan sebagai matriks dalam komposit, resin dan hardener harus dicampurkan untuk memicu reaksi sehingga menghasilkan polimer *crosslink*. Ketika terjadi reaksi tersebut resin epoksi akan mengeras. Rantai kimia dari resin epoksi A dan B bisa dilihat pada Gambar 2.9 beserta spesifikasi masing-masing resin epoksi pada Tabel 2.3 dan 2.4.



Gambar 2.10 Struktur kimia resin epoksi A dan B
Sumber: Clayton (1987)

Tabel 2.3
Spesifikasi resin epoksi

Sifat	Besaran	Satuan
Viskositas pada 25°C	16000-20000	mPa.s
Epolsi equivalen	184-204	g/equiv
Hydrolysable Cholirine Content	< 0.05	%
Colour According to the Gardner Scale	12-15	

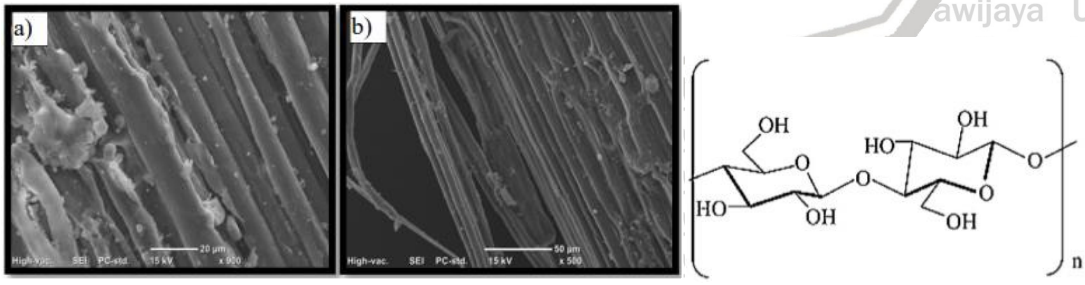
Sumber: PT. Justus Kimia Raya

Tabel 2.4
Spesifikas Hardener Epoksi

Sifat	Besaran	Satuan
Kekuatan Tarik	410	Kgf/cm^2
Kekuatan *Flexural*	810	Kgf/cm^2
Kekuatan Tekan	740	Kgf/cm^2
Kekuatan Geser Adhesif	160	Kgf/cm^2

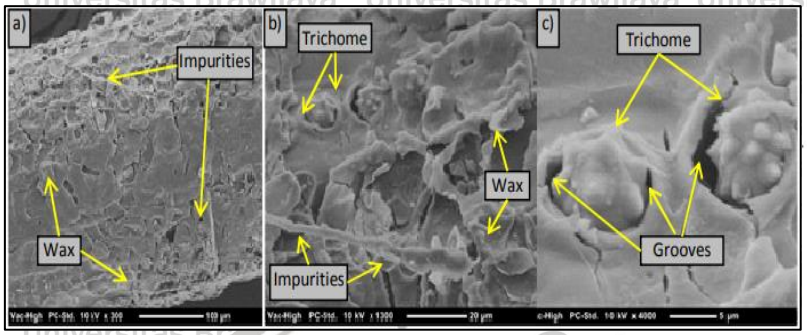
Sumber: PT. Justus Kimia Raya

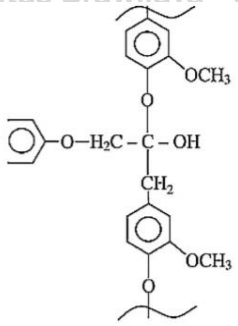
Serat yang berasal dari alam baik dalam golongan kayu atau bukan kayu memiliki kandungan selulosa dan lignin yang tergantung dari spesies dan ukuran tanaman. Pada gambar 2.10 merupakan foto SEM yang diambil dari penelitian Ziaulla dkk tentang *fracture behaviour of bamboo fibre reinforced composite*, terlihat selulosa berupa kumpulan serat halus yang membentuk suatu *microfibril*.



Gambar 2.11 Struktur selulosa
Sumber: Ziaullah & Suryanto (2017)

Komposisi lignin atau zat kayu di setiap jenis tumbuhan mempunyai jumlah yang berbeda tergantung jenis tumbuhannya. Lignin berfungsi untuk pengikat komponen lainnya dalam tumbuhan terutama pada batang. Pada gambar 2.11 terlihat lignin berupa gumpalan yang berada pada permukaan serat, lignin tersebut berupa *trichome* yang ada pada permukaan serat.





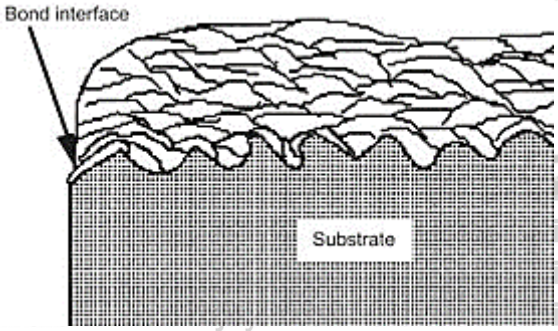
Gambar 2.12 Struktur lignin
Sumber: Shalwan & Suryanto (2014)

2.7 Teori Ikatan Matriks dan Serat Penguat

Ketika matriks melapisi dan mulai melekat pada serat yang menjadi penguat maka akan terjadi ikatan antara serat dan matriks. Ada beberapa macam ikatan yang mungkin terbentuk antara lain:

1. Ikatan Mekanik (*Mechanical Bonding*)

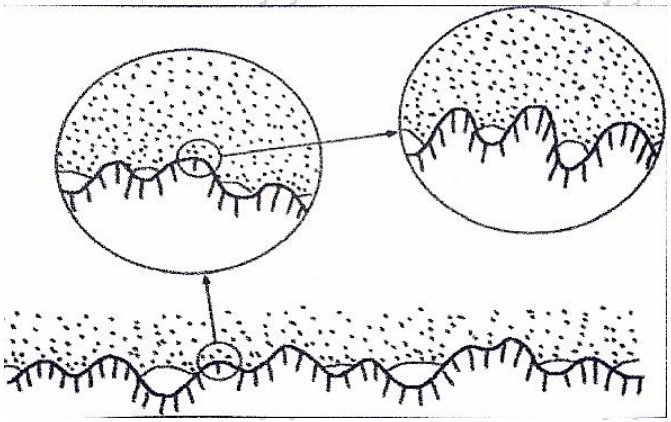
   Pada ikatan mekanik matriks cair dalam Gambar 2.12 akan menyebar ke seluruh permukaan serat penguat lalu mengisi di setiap lekuk dan perukaan serat penguat, serat permukaan yang kasar akan saling mengunci. Semakin kasar permukaan serat makai katan yang terjadi juga akan semakin kuat.



Gambar 2.13 Ikatan mekanik
Sumber: Matthew and Rawling (1994)

2. Ikatan Elektrostatik (*Electrostatic Bonding*)

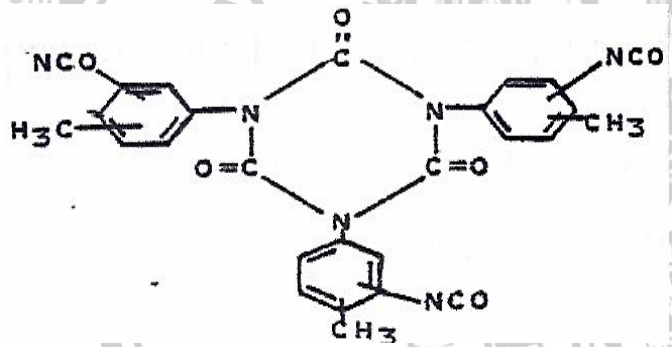
   Pada ikatan elektrostatik dalam Gambar 2.13 terjadi antara muatan matriks dan serat penguat ketika salah satu permukaan memiliki muatan positif dan permukaan lainnya memiliki ikatan negatif.



Gambar 2.14 Ikatan elektrostatik
Sumber: Matthew dan Rawling (1994)

3. Ikatan Reaksi (*Reaction Bonding*)

Pada ikatan reaksi atom dan molekul dalam Gambar 2.14 dari dua komponen dalam komposit bereaksi pada permukaan sehingga terjadi ikatan reaksi. Ikatan ini bisa terjadi karena adanya difusi atom-atom pada permukaan dari komponen komposit.

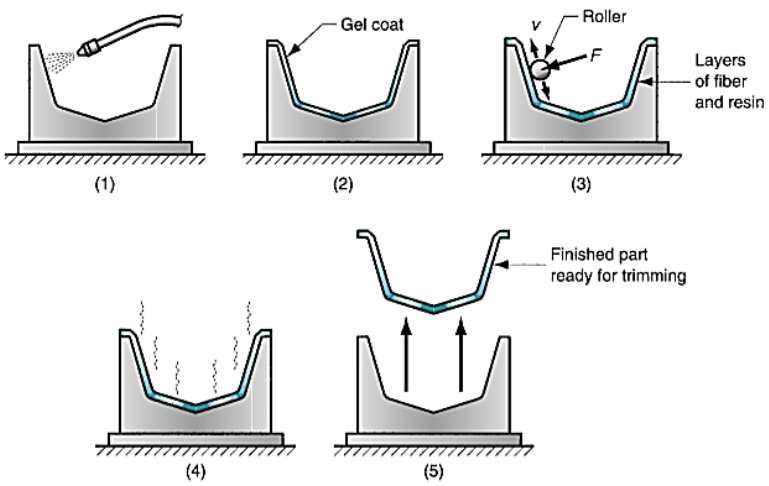


Gambar 2.15 Ikatan reaksi
Sumber: Matthew and Rawling (1994)

2.8 Metode Pembuatan Komposit

2.8.1 *Hand Lay-Up*

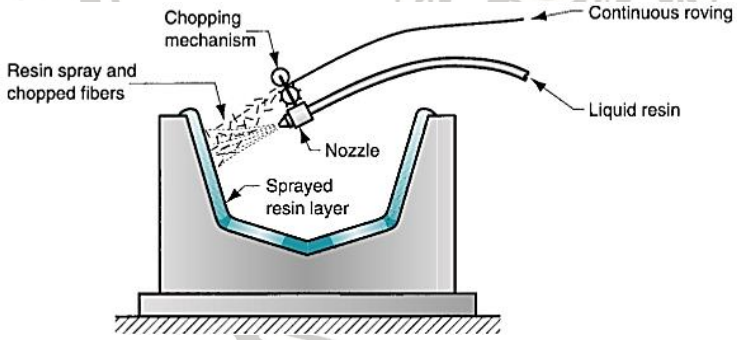
Proses pembuatan komposit *hand lay-up* pada Gambar 2.15 merupakan salah satu proses yang paling sederhana dibandingkan dengan yang lain karena pada proses ini menggunakan cetakan terbuka. Saat proses pembuatan material, resin dan penguat disusun secara berturut-turut sampai ketebalan yang diinginkan. Resin dituang langsung pada cetakan sehingga berkontak langsung dengan udara dan proses ini biasanya dilakukan pada suhu ruang.



Gambar 2.16 Hand lay-up
Sumber: Groover (2010)

2.8.2 *Spray-Up*

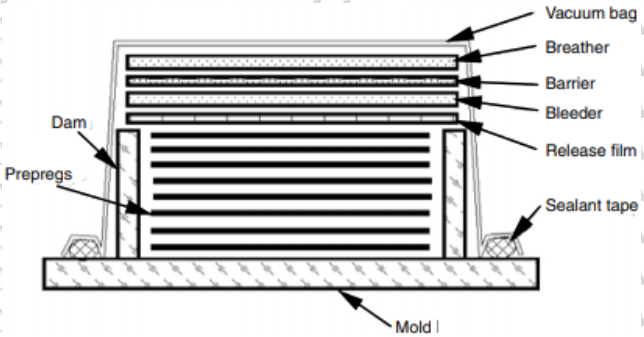
Proses pembuatan komposit *spray-up* pada Gambar 2.16 merupakan proses yang menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks dan lebih ekonomis dibandingkan *hand lay-up.* Proses ini dilakukan dengan cara penyemprotan serat yang telah melewati tempat pemotongan serta resin dan katalis yang sudah bercampur juga disemprotkan secara bersamaan. Wadah tempat proses spray-up telah disiapkan terlebih dahulu. Setelah selesai material dibiarkan mengeras pada suhu atmosfer.



Gambar 2.17 Spray-up
Sumber: Groover (2010)

2.8.3 *Vacum Bag*

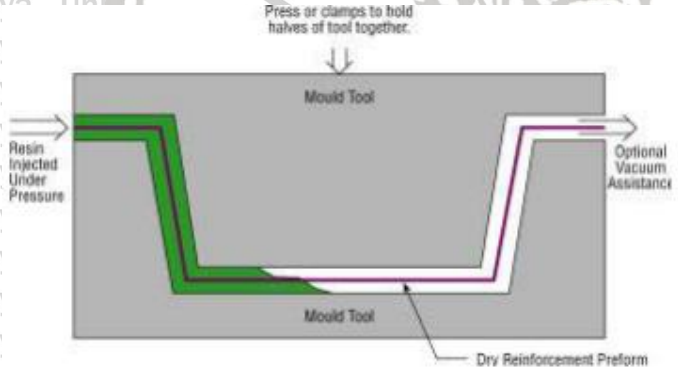
Proses pembuatan dengan cara *vacum bag* merupakan proses penyempurnaan dari proses *han lay-up* dimana pada proses ini digunakan *vacum* untuk menghilangka udara yang terperangkap atau juga saat kelebihan resin. Dengan dilakukan vakum pada proses pencetakan maka udara yang ada diluar wadah akan menekan ke dalam sehingga udara yang berada di dalam dapat lebih di minimalkan.



Gambar 2.18 Vacum bag
Sumber: Mazumdar (2002)

2.8.4 *Pressure Bag*

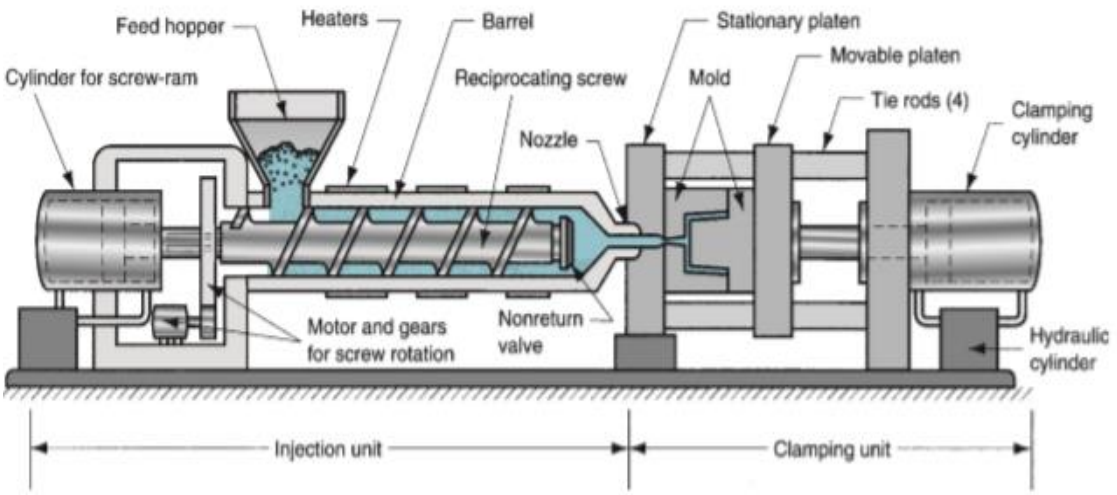
Proses pembuatan dengan cara *pressure bag* memiliki kemiripan dengan proses *vacum bag*. Perbedaannya terletak pada penggunaan alatnya yaitu pada proses ini digunaka udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu wadah. Wadah tersebut akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan proses. Tekanan yang diberikan pada proses ini biasanya berkisar 30 sampai 50 psi.



Gambar 2.19 Pressure bag
Sumber: R. Hari Setyanto (2012)

2.8.5 *Injection Molding*

Proses pembuatan dengan cara *injection molding* merupakan proses yang paling banyak di gunakan dalam pembuatan komposit dengan matriks polimer. Proses ini dilakukan dengan cara memberikan *injection pressure* pada material dengan tekanan tertenu pada polimer yang dipanaskan terlebih dahulu hingga mencair. Lalu di injeksikan ke dalam cetakan yang telah dibuat. Kelebihan dari *injection molding* yaitu dapat menggabungkan kelebihan dari teknologi, misalnya ketepatan pada proses pencetakan plastik, kebebasan pemilihan material, dan kemampuan pembentukan plastik.



Gambar 2.20 Injection molding
Sumber: Groover (2010)

2.9 Uji Tarik

Uji tarik diperlukan pada penelitian ini karena pada pengaplikasian komposit nantinya akan diperlukan spesifikasi khusus untuk material sesuai dengan kebutuhannya. Pada uji tarik akan diperoleh informasi berupa kekuatan bahan dan uji spesifikasi bahan. Bahan yang di uji tarik akan dibebani gaya tarik searah sumbu secara kontinyu. Kekuatan tarik sendiri merupakan kekuatan untuk menerima beban tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimum sebelum patah.

Kekuatan material sebelum patah sangat diperlukan di bidang industri saat ini karena dengan mengetahui kekuatan maksimal material dapat mengantisipasi material kelebihan beban yang dapat mengakibatkan kerusakan. Tegangan tarik adalah distribusi gaya tarik per satuan luas bahan yang dirumuskan:

$$\sigma_T = \frac{F}{A} \quad \text{(2-1)}$$

Dimana:

σ_T = Tegangan tarik (MPa)
F = Gaya tarik (N)
A = Luas penampang (mm^2)

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang dari spesimen dengan panjang awal spesimen yang dirumuskan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{(2-2)}$$

Dimana:

ε = Regangan (%)

Δl = Panjang awal (mm)

l_0 = Pertambahan panjang (mm)

Hampir semua logam yang dilakukan uji tarik pada beban atau gaya yang diberikan memiliki perbandingan lurus terhadap perubahan panjang benda tersebut yang biasa disebut daerah linier. Rasio tegangan dan regangan yang konstan sehingga hubungan antara tegangan dan regangan adalah :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{.....(2-3)}$$

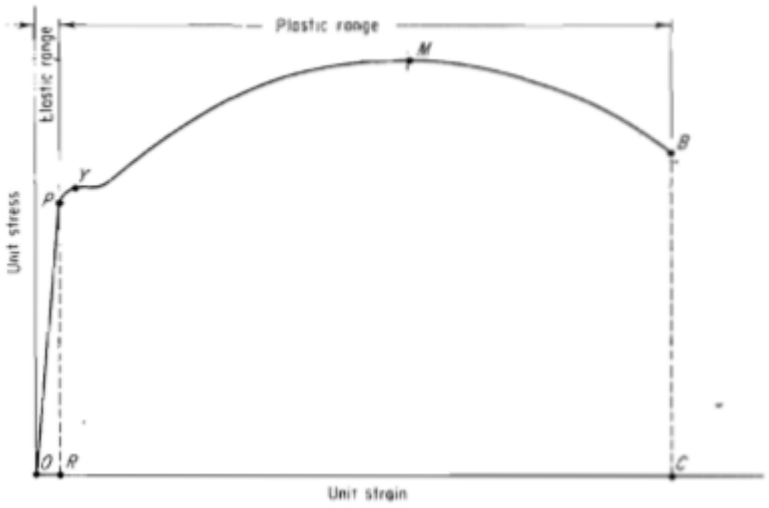
Dimana:

E = Modulus elastisitas (N/mm^2)

σ = Tegangan (N/mm^2)

ε = Regangan (%)

Hubungan antara tegangan dan regangan juga dapat diketahui pada grafik tegangan-regangan berdasarkan hasil uji tarik pada Gambar 2.20 sebagai berikut.



Gambar 2.21 Grafik tegangan-regangan
Sumber: Avner (1974)

Dari grafik diatas dapat diketahui:

1. Daerah elastis (O-P)

   Dari gambar di atas terlihat daerah plastis terjadi dari titik O sampai titik P (batas proporsional). Kenaikan tegangan memiliki perbandingan lurus dengan bertambahnya regangan pada material.

2. Batas proporsional (P)

Dari gambar diatas batas proporsional (P) berada pada batas elastis yang mana pada batas ini merupakan batas keseimbangan antara pertambahan tegangan dan pertambahan regangan.

3. Deformasi plastis (Y-B)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa deformasi plastis terjadi pada titik Y sampai titik B. deformasi plastis sendiri adalah perubahan bentuk pada material yang tidak kembali seperti keadaan semula.

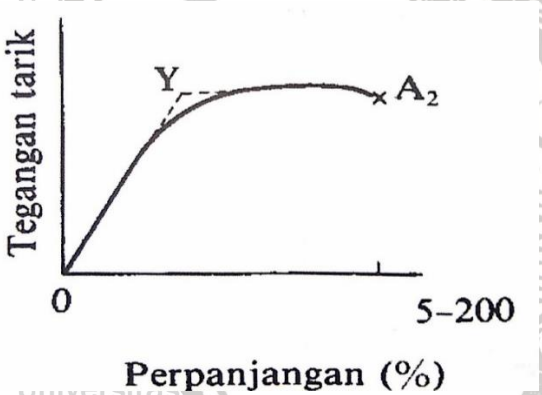
4. Tegangan tarik maksimum

Dari gambar diatas dapat dilihat tegangan maksimum yang didapatkan saat melakukan uji tarik pada material yaitu pada titik M.

5. Titik patah (B)

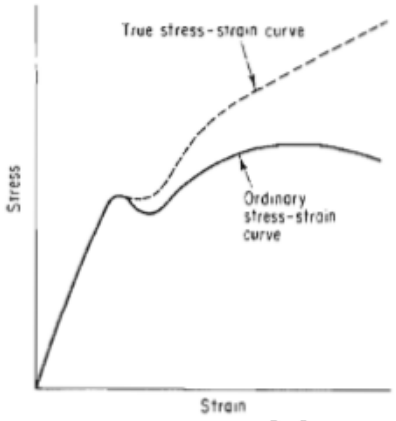
Dari gambar diatas terlihat titik patah (B) pada material. Titik patah merupakan keadaan material yang sudah tidak bisa mempertahankan kesatuannya sehingga patah atau terbagi menjadi dua bagian.

Hubungan tegangan dan regangan yang terjadi pada polimer sedikit berbeda dengan yang terjadi pada logam. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.21 di bawah.



Gambar 2.22 Grafik tegangan-regangan (Polimer)
Sumber: Surdia (2013)

Kurva tegangan-regangan pada Gambar 2.22 menunjukkan perbedaan antara tegangan regangan rekayasa dan tegangan regangan sejati. Tegangan regangan rekayasa didapat dari hasil pengukuran material yang di uji tarik. Sedangkan tegangan regangan sejati didapatkan dari menghitung gaya (F) dibagi dengan penampang awal benda kerja (A_0).



Gambar 2.23 Grafik tegangan-regangan rekayasa sejati
Sumber: Avner (1974)

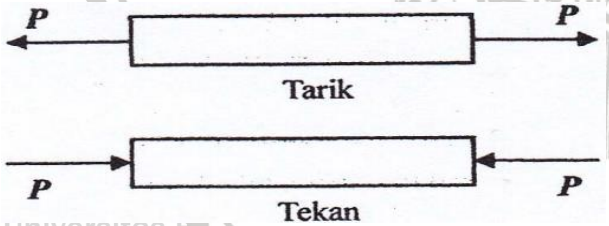
2.10 Konstruksi Rangka Batang

Rangka batang (*Truss*)

1. Konstruksi rangka batang dirancang untuk menumpu beban dan biasanya struktur yang dibelakang/disambung jepit penuh dan stasioner.
2. Rangka batang yang terdiri dari batang-batang lurus dan berhubungan pada titik-titik kumpul (simpul) yang terletak di setiap ujung batang.

Oleh karena itu batang-batang ini merupakan batang dengan dua gaya:

1. Batang yang mengalami dua gaya sama besar dan berlawanan arah.
2. Dua gaya tersebut adalah gaya aksial berupa gaya tarik atau gaya tekan.



Gambar 2.24 Pembebanan batang secara aksial
Sumber: Harris Bryan (1999)

Berlaku hukum 3 Newton yaitu AKSI = REAKSI

Pembahasan dibatasi pada statis tertentu atau rangka batang sederhana. Syarat rangka batang sederhana ada 4 yaitu:

1. Sumbu batang berhimpit dengan garis penghubung antara kedua penghujung sendi/simpul. Titik pertemuan disebut titik simpul. Garis yang menghubungkan semua simpul pada rangka batang disebut garis sistem.
2. Muatan atau beban yang bekerja pada rangka batang harus ditangkap atau diteruskan pada simpul.

3. Garis sistem dan gaya luar harus terletak pada satu bidang datar.
4. Rangka batang ini merupakan rangka batang statis tertentu, baik dari segi keseimbangan luar maupun dalam.

2.11 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka, maka muncul hipotesis dari permasalahan yang diamati adalah variasi konsentrasi enzim papain pada perendaman serat dengan 5%, 7%, dan 9%. Ketika konsentrasi enzim papain semakin tinggi maka kekuatan tarik serat tunggal akan semakin menurun. Menurunnya kekuatan tarik serat tunggal disebabkan melunaknya lignin pada serat yang membuat serat semakin kasar. Semakin kasar permukaan serat membuat ikatan antara matrik dan penguat akan semakin tinggi sehingga kekuatan tarik akan naik. Dari hal tersebut dapat diketahui pengaruh perendaman serat bambu petung menggunakan enzim papain.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah *True Experimental Research* penelitian eksperimental nyata, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh perendaman serat bambu petung menggunakan enzim papain. Untuk memperoleh informasi tambahan didapat melalui literatur dan jurnal-jurnal penelitian.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada September–Oktober 2019. Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pembuatan komposit : Laboratorium Pengecoran Logam FT UB
2. Uji tarik serat tunggal : Laboratorium Riset Material FMIPA UB
3. Uji tarik komposit : Laboratorium Metalurgi Politeknik Negri Malang
4. Foto makroskopik : Laboratorium Pengecoran Logam FT UB
5. Uji SEM : Laboratorium Sentral Mesin FT UB
6. Uji *Wettability* : Laboratorium Pengecoran Logam FT UB
7. Uji FTIR : Laboratorium Riset Kimia FMIPA UB

3.2 Variabel Penelitian

Terdapat tiga variabel pada penelitian yang dilakukan yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol.

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya dapat diubah-ubah sehingga variabel ini dapat mempengaruhi hasil dari penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi dari enzim papain yaitu 5%, 7%, dan 9%.

3.2.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai kekuatan tarik maksimum rata-rata material.

3.2.3 Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya harus di jaga konstan agar tidak mempengaruhi hasil dari variabel terikat. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah:

1. Material yang digunakan sebagai matriks adalah *epoxy* dengan 1 : 2 antara *hardener* dan resin.
2. Material serat bambu petung yang digunakan adalah 2 gram.
3. Serat bebrbentuk layer memanjang.
4. Fraksi berat serat bambu petung adalah 25%.
5. Material serat bambu petung yang digunakan usia sekitar ± 4 tahun.
6. Enzim papain yang digunakan untuk merendam serat pada temperatur kamar.
7. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *vacuum infusion*.
8. Waktu pengeringan menggunakan *oven* pada temperatur 110°C dengan waktu 15 menit.
9. Orientasi serat yang digunakan searah.

3.3 Bahan dan Alat yang digunakan

3.3.1 Bahan

1. Resin dan Katalis

Resin ini berbentuk cairan kental digunakan untuk penguat pada komposit atau serat. Sedangkan katalis adalah cairan yang berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan pada resin atau yang sering disebut dengan *hardener* atau pengeras. Resin yang digunakan adalah Epoxy Resin EPR 174 (Eposc A) dan katalis yang digunakan adalah *Hardener* EPH 555. Resin dan katalis ditunjukan oleh Gambar 3.1.

Gambar 3.1 Resin dan katalis

Tabel 3.1
Spesifikasi *Liquid Standart Epoxy Resin Based on Bisphenol-A*

Properties	Unit	Value
Viscosity at 25°C	MPa.s	13.000 ± 2.000
Epoxy Number	%	22,7 ± 0,6
Epoxy Equivalent	g/equiv.	189 ± 5
Epoxy value	equiv./100g	0,53 ± 0,01
Total Chlorine Content	%	< 0,2
Hydrolyzable Chlroine Content	%	< 0,05
Colour According to the Gardener Scale		<1
Density at 25°C	g/cm3	1,17 ± 0,01
Refractive Index at 25°C		1,572 ± 0,003
Volatile Content at 3 h, 140°C	%	< 0,2
Vapour Pressure at 80°C	mbar	< 0,1
Flash Point According to DIN 51584	°C	> 250

Sumber: PT. Justus Kimia Raya (2003)

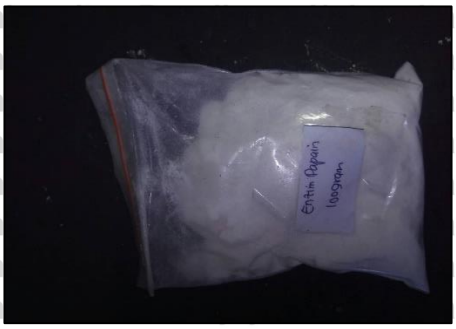
2. Serat Bambu Petung

Serat bambu petung yang digunakan berumur ± 4 tahun yang diambil di daerah Kecamatan Wagir Kabupaten Malang dan berfungsi sebagai penguat dari matriks yang bekerja pada komposit.

Gambar 3.2 Serat bambu petung

3. Enzim Papain

Enzim papain adalah larutan yang digunakan untuk membersihkan lignin, silica dan hemiselulosa. Untuk meningkatkan penyatuan agar mempunyai daya ikat *interfacial* serat dengan matriks.



Gambar 3.3 Enzim papain

3.3.2 Alat

1. Mesin Uji Tarik Serat Tunggal

Gambar 3.4 Mesin uji tarik serat tunggal dan *pull out*

Spesifikasi :

- Merek : IMADA
- Kapasitas : 50-60 N

2. Mesin Uji Tarik Komposit

Alat ini digunakan untuk memberikan beban tarik kepada spesimen yang akan di ukur kekuatan tariknya. Mesin uji tarik ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Spesifikasi alat:

- Produksi : Doggun Liyi Test Equipment Co., Ltd
- Model : LY-1066B
- Kapasitas : 1000 Kg
- Tingkat Akurasi : 5%
- Ruang Tarik Efektif : 1200mm
- Lebar Tes Efektif : 320mm
- Uji Kekuatan Resolusi : 1/150.000
- Tes Kecepatan : 50-500mm/min
- Motode Operasi : Kontrol Komputer
- Voltase : 220V, 50Hz

Gambar 3.5 Mesin uji tarik komposit
Sumber: Laboratorium Riset Material Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang

3. Jangka Sorong Digital

Digunakan untuk mengukur dimensi spesimen.

Gambar 3.6 Jangka sorong digital

4. Cetakan

Cetakan digunakan untuk meletakkan resin dan anyaman yang telah tercampur, dan dicetak sesuai dengan bentuk yang ditentukan sesuai dengan standar. Cetakan yang digunakan memiliki dimensi standar ASTM D638-03.

Gambar 3.7 Cetakan

5. Timbangan digital

Timbangan digital untuk mengukur atau menimbang berat dari anyaman, matrik, katalis dan promoter, serta untuk membuat larutan alkali.

Gambar 3.8 Timbangan digital

6. *Sealent tape*

Berfungsi Sebagai perekat dan mencegah kebocoran.

Gambar 3.9 Sealent tape

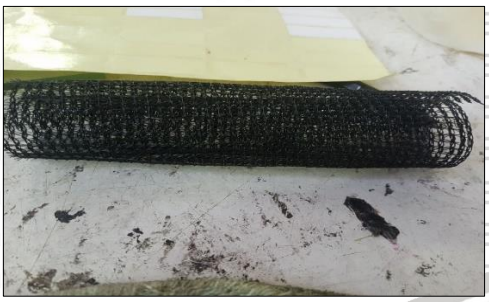
7. *Plastic bag*

Plastic bag berfungsi sebagai penutup cetakan supaya tidak ada udara yang masuk ke dalam cetakan.

Gambar 3.10 Plastic bag

8. *Mesh*

Mesh berfungsi sebagai jalan masuk resin agar aliran yang masuk dapat merata keseluruh bagian cetakan.



Gambar 3.11 Mesh

9. *C- clamp* atau pengunci

C-clamp atau pengunci digunakan untuk mengunci selang agar tidak ada aliran atau udara yang masuk ke dalam cetakan ketika selesai di *vacuum compressor*.

Gambar 3.12 C-clamp

10. *Mirror Glaze*

Mirror Glaze berfungsi untuk memudahkan proses pencabutan spesimen dari cetakan.

Gambar 3.13 Mirror-Glaze

11. *PE Tube* atau pipa

PE Tube atau pipa berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluida matriks dari gelas ke dalam cetakan hingga ke resin trap dengan ukuran pipa 6 x 8 mm yang ditunjukkan Gambar 3.14.

Gambar 3.14 PE Tube atau Pipa

12. Gelas Plastik

Gelas plastik berfungsi sebagai wadah timbangan resin, hardener, katalis dan menampung campuran resin dan hardener untuk aliran masuk dan keluar.

Gambar 3.15 Gelas plastik

13. *Vacuum compressor*

Berfungsi sebagai pemberi ruang hampa dengan menghisap udara yang ada pada tempat cetakan.

Gambar 3.16 Vacuum compressor

14. *Resin trap*

Berfungsi sebagai penampung resin agar tidak masuk terus sampai ke *Vacuum Compressor*.

Gambar 3.17 Resin trap

15. *Microwave oven*

Gambar 3.18 Microwave oven

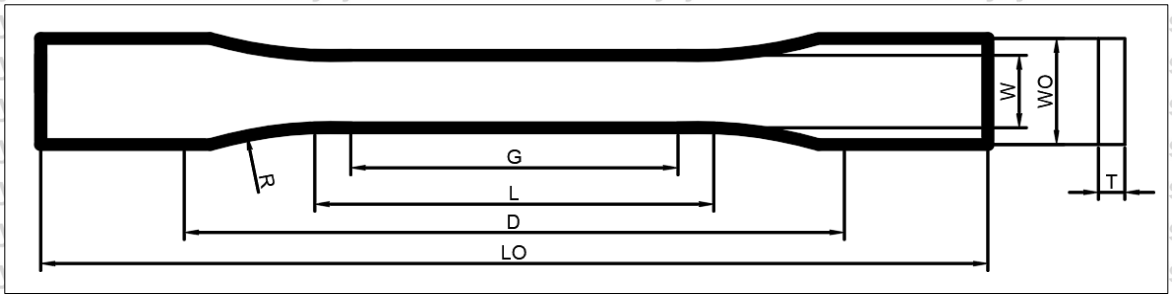
Microwave oven digunakan untuk proses pemanasan serat setelah dilakukan *boiling* yang ditunjukkan pada Gambar 3.18.

Spesifikasi alat :

- Merk : Panasonic
- *Model Number* : NN-CD675M
- Tipe : *Convection*
- Kapasitas : 27 L
- Temperatur : 110 °C
- Waktu : 15 menit

3.4 Uji Tarik Komposit

Spesimen uji tarik pada pengujian tarik ini menggunakan standar ASTM D638-01 ukuran spesimen sebagai berikut.



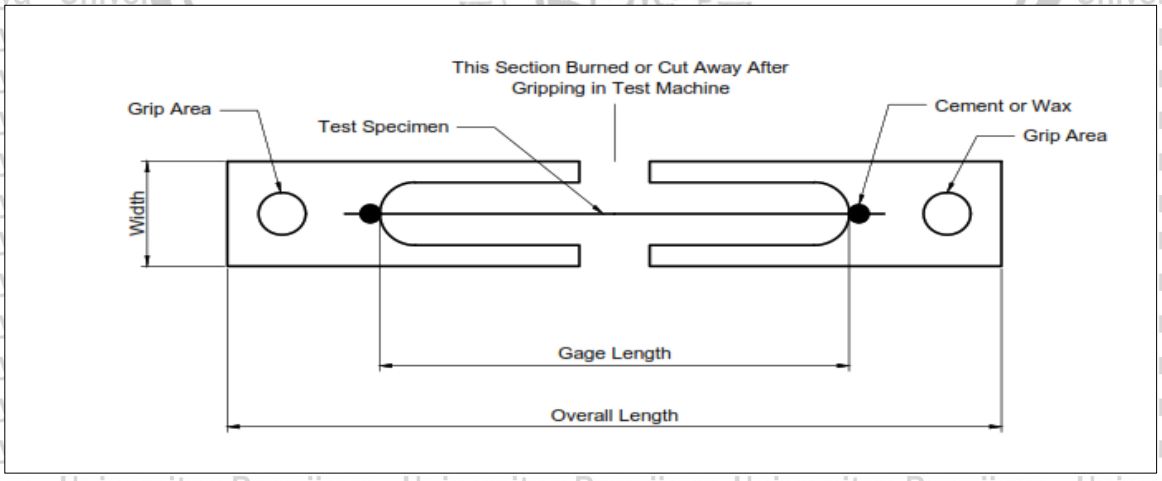
Gambar 3.19 Dimensi spesimen tarik berdasarkan ASTM D638-01
Sumber: ASTM D638-01, *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic*

Ukuran spesimen uji tarik berdasarkan standar ASTM dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2
Ukuran Spesimen Uji Tarik ASTM D638-01, T = 3.2 mm (0.12)

Dimension	**Value, mm (in)**
Thickness <7mm (0.28in), T	32 ± 0.4 (0.12 ± 0.02)
Width of narrow selection, W	13 (0.5)
Length of narrow selection, L	57 (2.25)
Width overall, WO	19 (0.75)
Length overall, LO	165 (6.5)
Gauge length, G	50 (2.00)
Distance between grips, D	115 (4.5)

Sumber: ASTM D638-01, *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic*



Gambar 3.20 Dimensi spesimen uji tarik tunggal berdasarkan ASTM D3379-75
Sumber: ASTM D3379-75, *Single Fibre Test Specimens*

3.5 Proses Pelaksanaan

3.5.1 Proses Pembuatan Serat Tunggal

Proses pembuatan serat tunggal dilakukan dengan beberapa tahapan, antara lain :

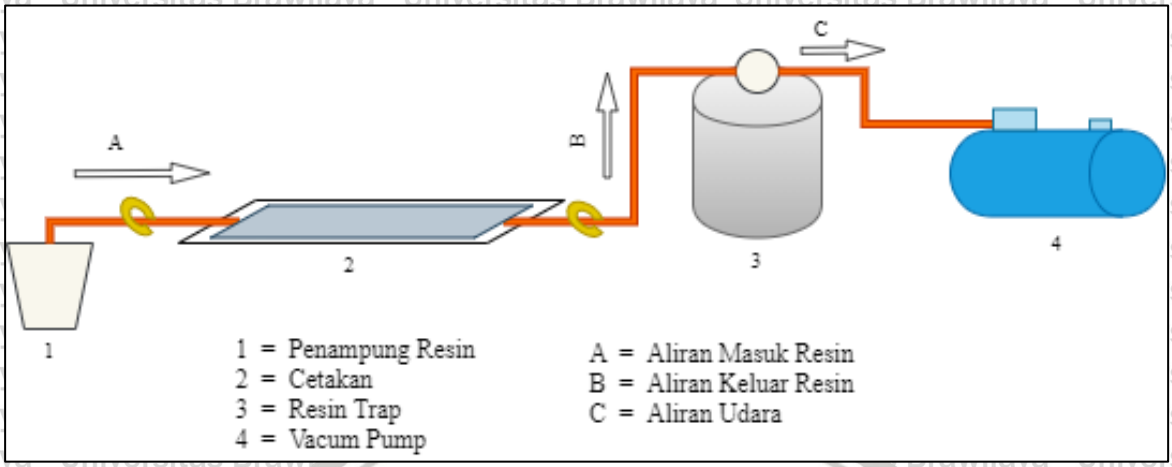
1. Mempersiapkan tanaman bambu yang akan digunakan.
2. Gunakan sisir paku untuk mendapatkan serat.
3. Serat bambu petung diberi perlakuan lama perendaman 1 jam pada larutan enzim papain 5%, 7%, dan 9% di suhu kamar.
4. Tanaman bambu petung yang sudah diberikan perlakuan,dibilas menggunakan air murni untuk mengurangi kadar ph dan dikeringkan dengan menggunakan *oven* pada temperatur 110 ℃ dengan waktu 15 menit.
5. Melakukan pengujian tarik pada serat tanpa perlakuan, 5%, 7%, dan 9% sesuai standar ASTM D3379-75.

3.5.2 Proses Perendaman Enzim Papain

Pada proses perendaman dilakukan beberapa tahapan-tahapan proses pengerjaan, antara lain :

1. Menyiapkan peralatan, antara lain : timbangan, gelas ukur, dan sendok pengaduk.
2. Menyiapkan bahan, antara lain : aquades, enzim papain dan serat bambu petung.
3. Menggunakan perlengkapan *safety*, antara lain : kaos tangan, masker.
4. Menghitung persentase enzim papain 5%, 7%, dan 9%.
5. Menimbang enzim papain sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilaksanakan
6. Menuangkan aquades kedalam gelas ukur sesuai dengan variasi.
7. Menuangkan enzim papain kedalam wadah yang telah dituangkan aquades.
8. Larutan enzim papain yang sudah diaduk menggunakan sendok pengaduk dan dituangkan ke wadah perendaman.
9. Membilas serat bambu petung menggunakan aquades setelah perendaman selama 1 jam.
10. Memasukan serat kedalam *oven* pada temperatur 110 ℃ dengan waktu 15 menit.

3.5.3 Proses *Vacuum Infusion Resin*



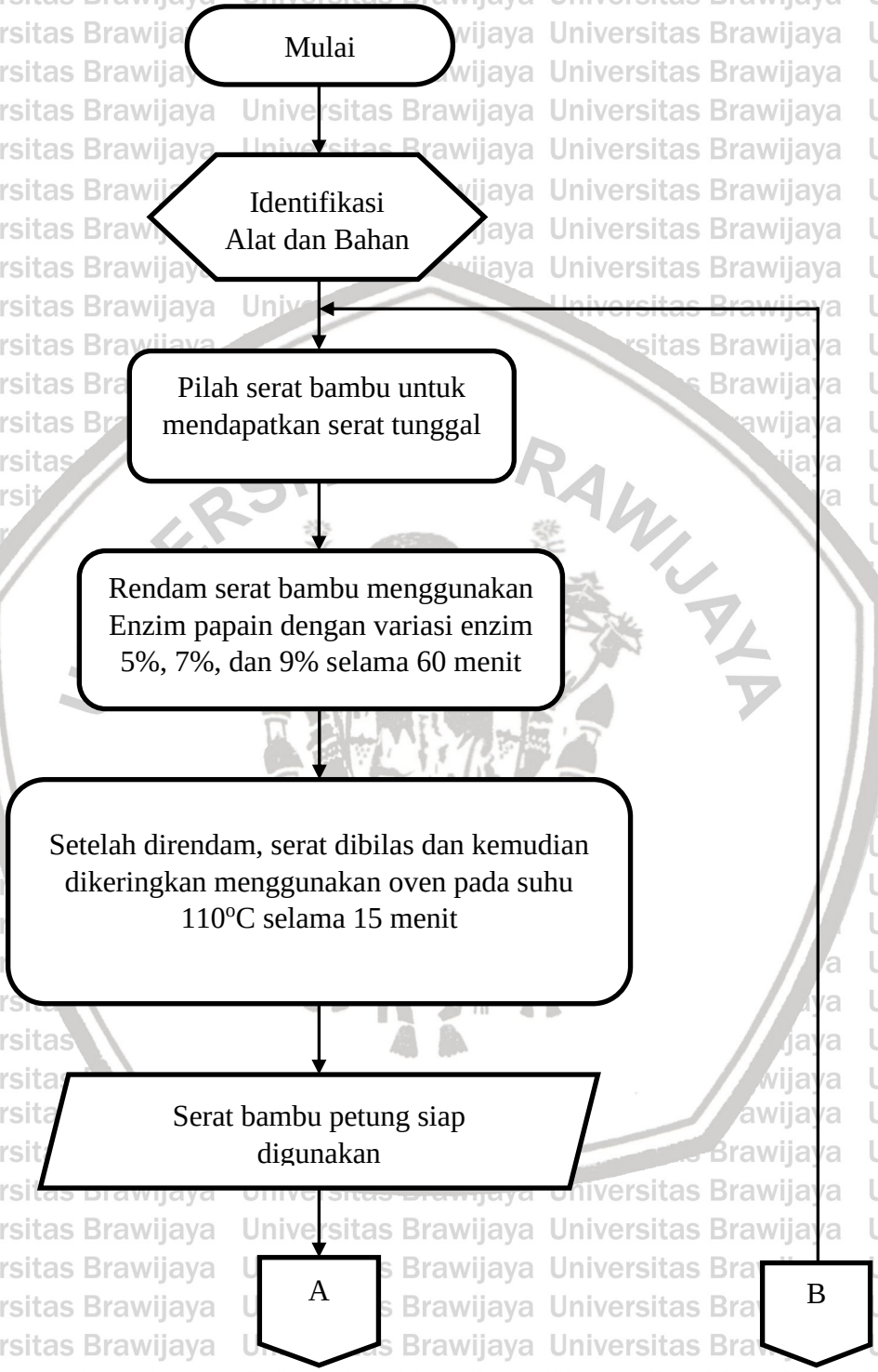
Gambar 3.21 Proses *vacum infusion resin*

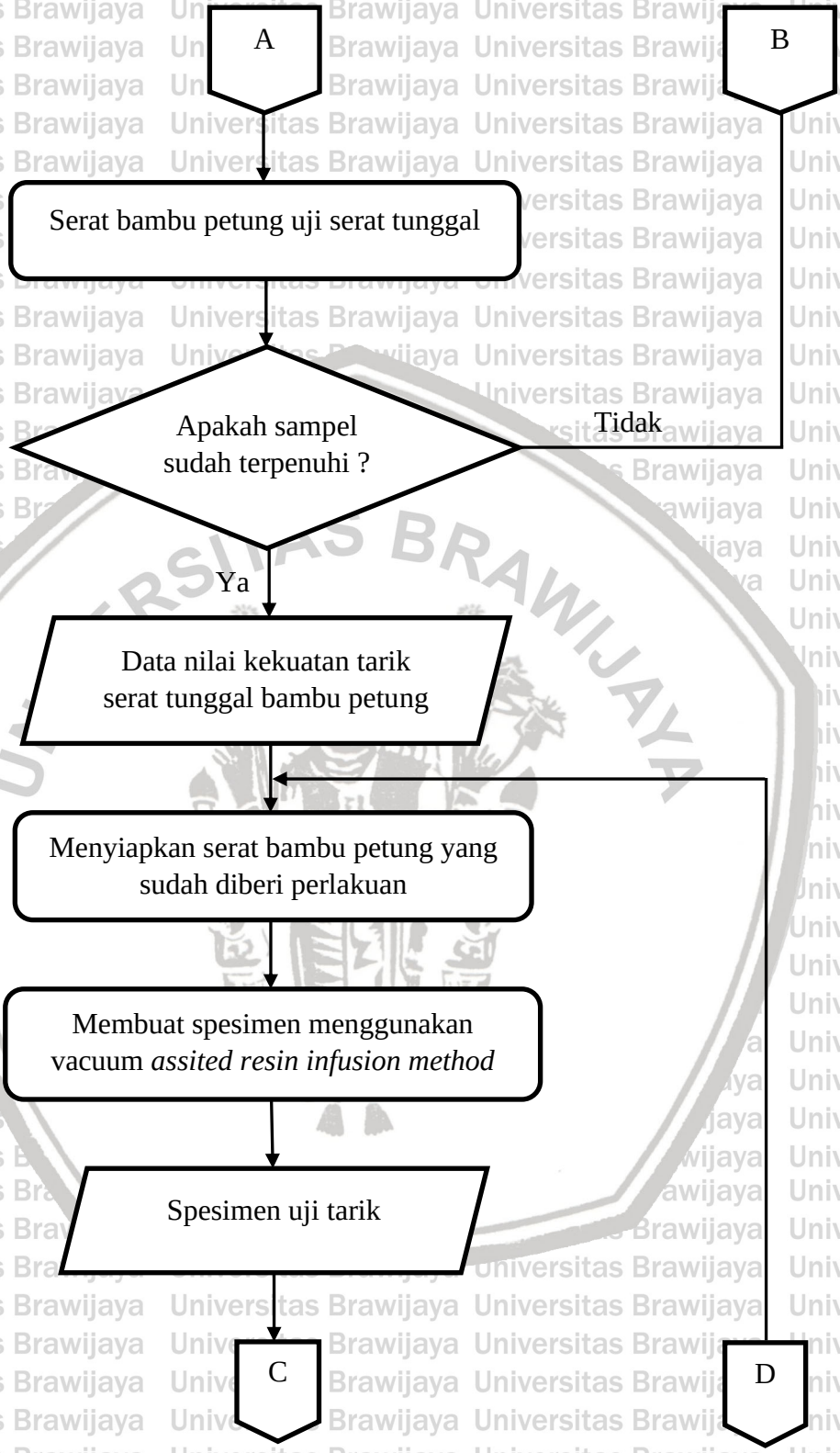
Tahapan dalam proses ini, antara lain :

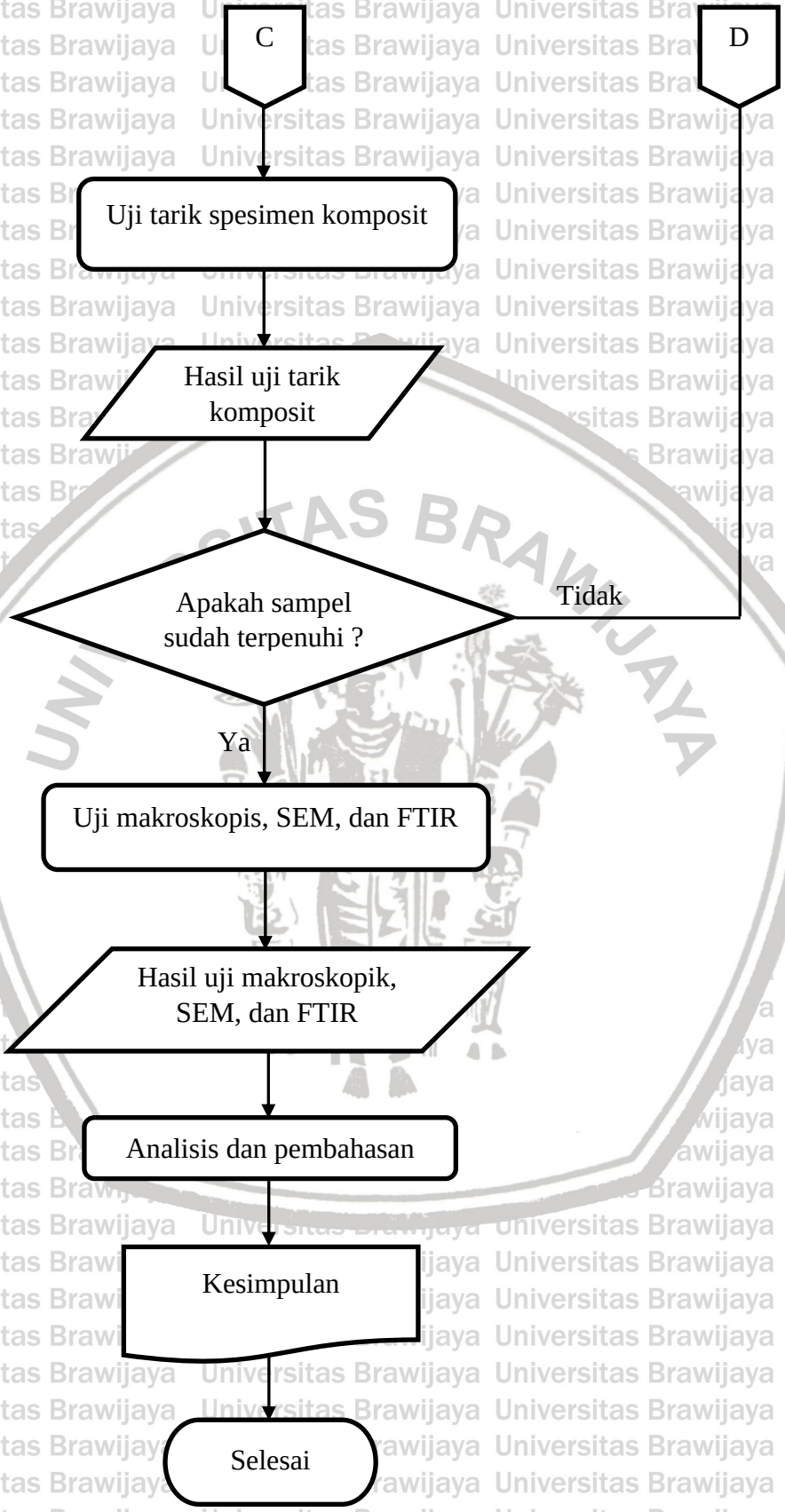
1. Mempersiapkan alat bahan.
2. Mempersiapkan serat bambu petung yang akan digunakan.
3. Memberi *mirror glaze* pada alat cetakan pola ke sisi yang ingin digunakan.
4. Meletakkan alas cetakan pola di atas meja.
5. Memberi *mirror glaze* pada cetakan pola ke semua sisi.
6. Meletakkan cetakan pola di atas alas cetakan pola.
7. Meletakkan kembali cetakan pola di atas alas.
8. Memasang *sealant tape* pada alas cetakan mengitari cetakan pola.
9. Mengukur dan potong *mesh* dan *plastic bag.*
10. Memasukkan serat pengisi pada cetakan pola sesuai dengan berat yang ditentukan.
11. Mengukur PE *tube* berukuran 6 x 8 mm sesuai panjang jarak dari wadah resin ke cetakan pola dan memotongnya.
12. Memasang *mesh* pada PE *tube* dari wadah resin ke cetakan pola, dan merekatkannya dengan *sealant tape.*
13. Mengukur PE *tube* sesuai panjang dari cetakan ke *resin trap* lalu memotong dan merekatkannya menggunakan *sealant tape.*
14. Menutup semua bagian yang ada di atas alas cetakan dengan *plastic bag*
15. Merekatkan *plastic bag* dengan *sealant tape* yang terpasang pada alas cetakan dan selang.
16. Menyumbat *PE-tube* arah masuk resin dari wadah ke cetakan dengan *c-clamp.*
17. Menyalakan *vacuum compressor.*

18. Menunggu sampai *pressure gauge* sudah tidak dapat naik (kondisi maksimal).
19. Mematikan *vacuum compressor* dan menunggu selama 15 menit untuk mengetahui kebocoran.
20. Jika tekanan stabil selama 15 menit, maka melakukan pencampuran resin dan katalis dengan volume yang sudah disesuaikan
21. Setelah resin dan katalis tecampur lalu menyambungkan *PE-tube* arah masuk cetakan kedalam wadah resin dan buka *clamp*.
22. Menunggu sesaat sampai resin mengalir ke cetakan dan masuk ke *resin trap* untuk memastikan semua resin masuk ke dalam cetakan.
23. Setelah resin telah mengisi sempurna lalu kunci kedua aliran sampai tidak ada udara yang masuk *PE-tube* dan keluar dengan c-*clamp* dan menunggu resin hingga mengering.

3.6 Diagram Alir Pelaksanaan



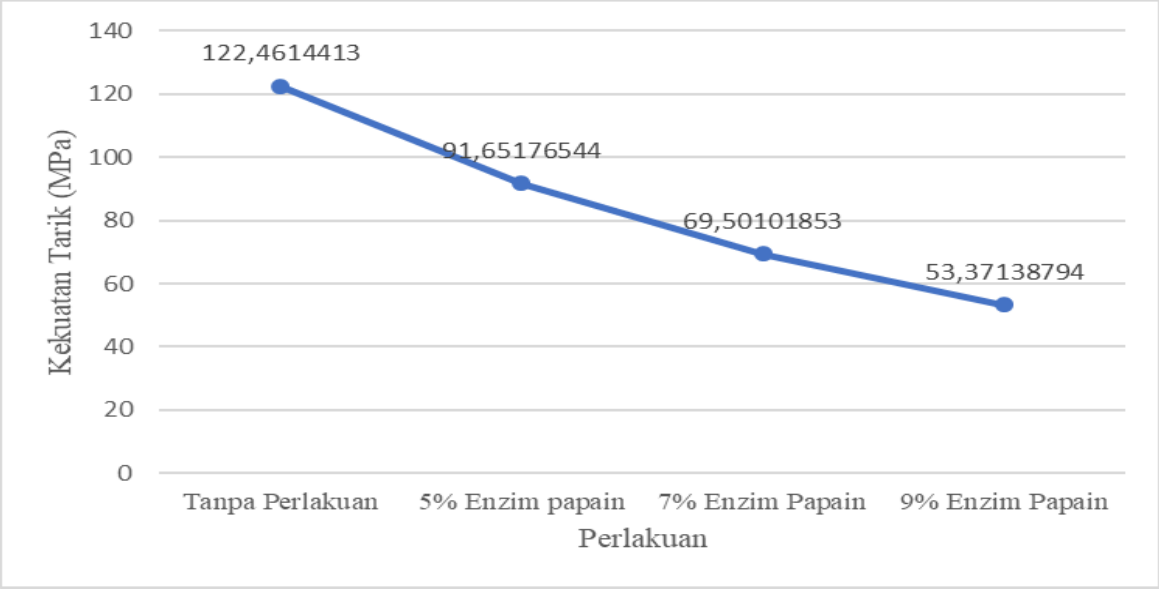

A
B
Serat bambu petung uji serat tunggal
Apakah sampel sudah terpenuhi ?
Tidak
Ya
Data nilai kekuatan tarik serat tunggal bambu petung
Menyiapkan serat bambu petung yang sudah diberi perlakuan
Membuat spesimen menggunakan vacuum *assited resin infusion method*
Spesimen uji tarik
C
D



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian Tarik Serat Tunggal Bambu Petung



Gambar 4.1 Hasil rata-rata pengujian tarik serat tunggal bambu petung

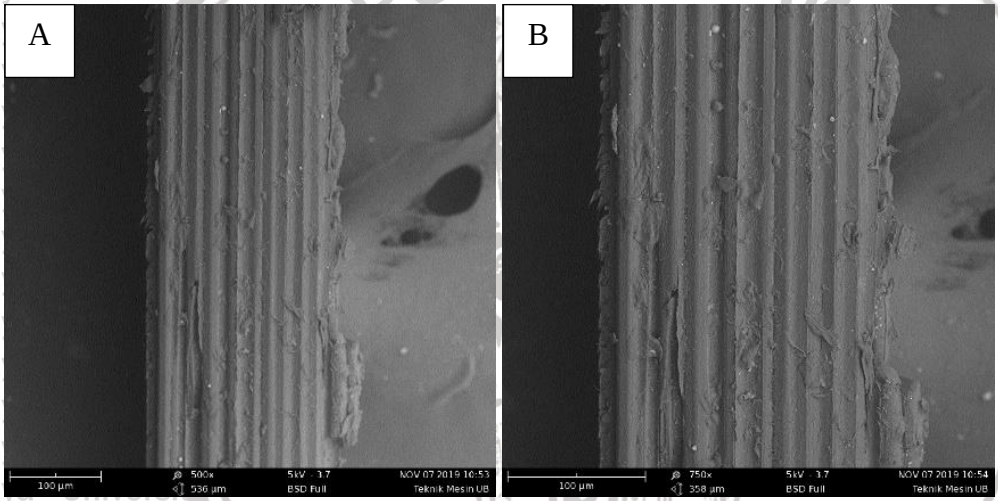
Gambar 4.1 menunjukan rata-rata kekuatan tarik serat tunggal bambu petung. Gambar tersebut menunjukan perbandingan dan kecenderungan kekuatan uji tarik serat tunggal bambu petung tanpa perlakuan dengan serat bambu petung yang diberi perlakuan perendaman pada larutan Enzim papain. Dapat dilihat bahwa kekuatan tarik rata-rata tertinggi terdapat pada serat bambu petung dengan tanpa perlakuan yaitu sebesar 122.4614413 MPa, dilanjutkan dengan kekuatan Tarik rata-rata serat bambu petung dengan konsentrasi perendaman enzim 5% sebesar 91.65176544 MPa, kemudian kekuatan Tarik rata-rata serat bambu petung dengan konsentrasi perendaman 7% menghasilkan kekuatan Tarik sebesar 69. 50101853 MPa dan pada konsentrasi perendaman 9% yaitu sebesar 53.37138794 MPa. Sehingga pada grafik pengujian serat tunggal bambu petung dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi enzim pada larutan perendam, maka kekuatan tarik rata-rata pada serat bambu petung akan semakin menurun.

Proses perendaman serat bambu petung menggunakan enzim papain menghilangkan kotoran-kotoran pada serat dan juga mendegradasi kandungan kimia pada serat bambu petung yaitu lilin, selulosa dan lignin sehingga merubah morfologi pada permukaan serat. Perendaman larutan enzim papain ini bertujuan untuk memisahkan zat lignin dari serat bambu petug yang membuat serat menjadi kasar dan digantikan dengan matrik epoksi pada

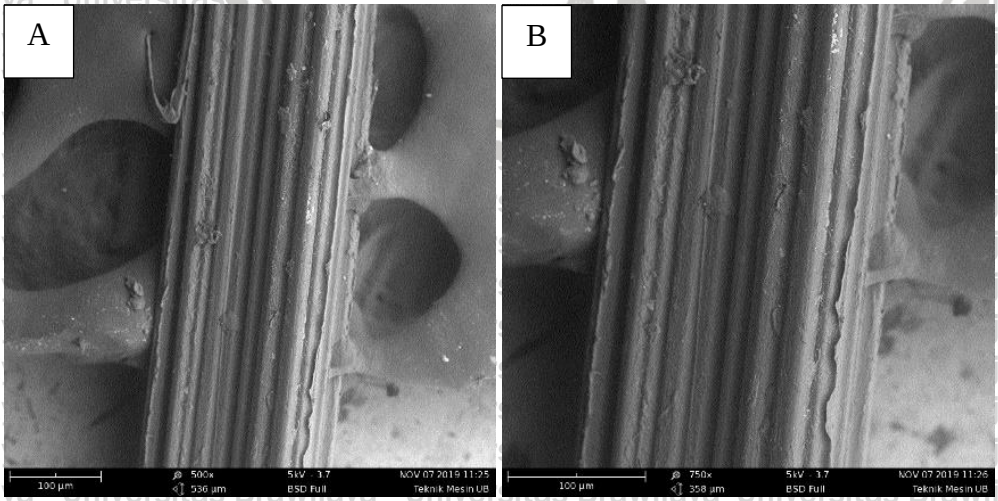
komposit agar menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matrik. Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa data yang didapat pada pengujian sesuai dengan dasar teori yang menyatakan bahwa kekuatan tarik akan berkurang seiring dengan perlakuan alkalisasi dikarenakan hilangnya kandungan lignin dan hemiselulosa yang membuat serat tersebut mengalami penurunan kekuatan tarik serat tunggal (Biljana,2016).

4.2 Morfologi Serat Tunggal Bambu Petung (SEM)

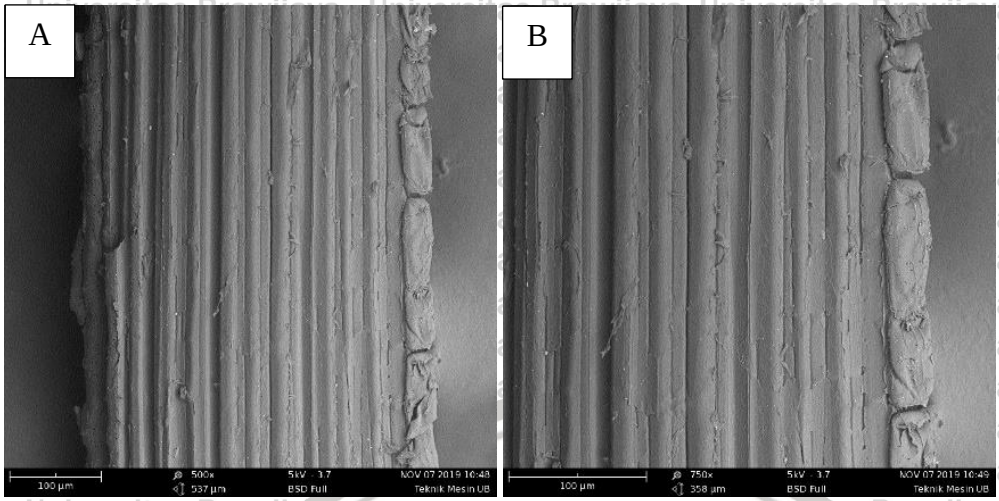
Morfologi serat bambu petung dapat dilihat dan diamati menggunakan alat uji foto SEM (*scanning electron microscope*) dengan perbesaran 500x dan 750x yang bertujuan untuk mengetahui jaringan struktur pada serat bambu petung. Morfologi yang diamati adalah penampang dari serat bambu petung dengan menggunakan variasi perendaman 5% enzim papain, 7% enzim papain, 9% enzim papain dan tanpa perlakuan. Hasil SEM yang didapat sebagai berikut.



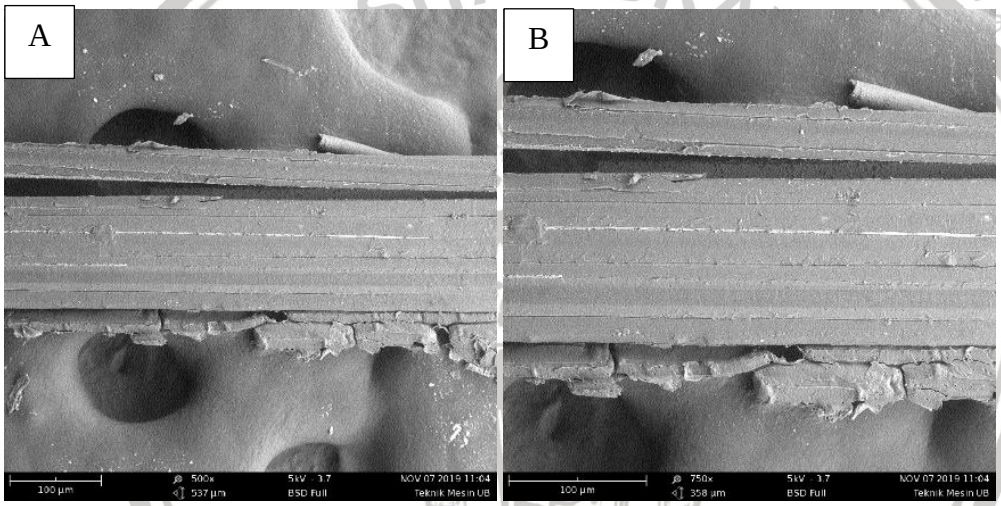
Gambar 4.2 Foto SEM serat bambu petung tanpa perlakuan dengan perbesaran (A) 500x dan (B) 750x



Gambar 4.3 Foto SEM serat bambu petung konsentrasi perendaman 5% enzim papain dengan perbesaran (A) 500x dan (B) 750x



Gambar 4.4 Foto SEM serat bambu petung konsentrasi perendaman 7% enzim papain dengan perbesaran (A) 500x dan (B) 750x



Gambar 4.5 Foto SEM serat bambu petung konsentrasi perendaman 9% enzim papain dengan perbesaran (A) 500x dan (B) 750x

Pada Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengujian SEM serat bambu petung tanpa perlakuan dengan perbesaran 500x dan 750x. Pada hasil pengujian SEM tersebut dapat dilihat bahwa permukaan serat bambu petung masih diselimuti lignin yang berfungsi sebagai matriks alami pada serat tersebut dan juga masih terdapat banyak kotoran pada permukaan serat. Kandungan lignin dapat menghambat atau mengurangi sifat adhesi antara matriks epoksi dengan permukaan serat bambu petung.

Pada Gambar 4.3 menunjukkan hasil pengujian SEM serat bambu petung dengan konsentrasi pereendama enzim papain sebesar 5% dengan perbesaran 500x dan 750x. Dari hasil pengujian SEM tersebut dapat dilihat bahwa lignin dan kotoran yang berada pada permukaan serat bambu petung tersebut mulai berkurang dan terkikis akibat perlakuan yang telah diberikan. Dapat dilihat juga pada permukaan serat bambu petung mulai menjadi kasar

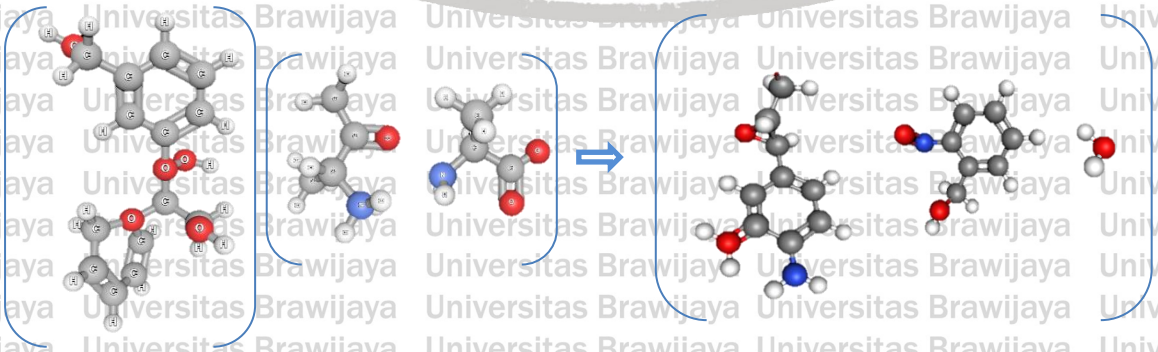
perlakuan perendaman juga mampu membersihkan serat dari matriks alaminya. Akan tetapi masih terlihat lignin yang menyelimuti selulosa sebagai matriks alami.

Pada Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengujian SEM serat bambu petung dengan konsentrasi perendaman enzim papain sebesar 7% dengan perbesaran 500x dan 750x. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa permukaan serat menjadi lebih kasar dan kotoran yang menempel pada permukaan serat juga mulai menghilang. Hal tersebut menyebabkan serat menjadi rapuh sehingga tidak mampu mendistribusikan tegangan dari matriks dengan secara baik. Namun dengan semakin kasarnya permukaan serat akan menyebabkan ikatan dengan resin *epoxy* semakin baik

Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa hasil pengujian SEM serat bambu petung dengan konsentrasi perendaman enzim papain sebesar 9% dengan perbesaran 500x dan 750x. Dari hasil tersebut dapat terlihat bahwa pada permukaan serat mengalami pengikisan lignin dan hilangnya kotoran pada permukaan membuat serat menjadi lebih kasar. Tetapi karena konsentrasi enzim perendaman semakin tinggi mengakibatkan permukaan serat menjadi semakin rapuh sehingga kekuatan serat juga semakin menurun.

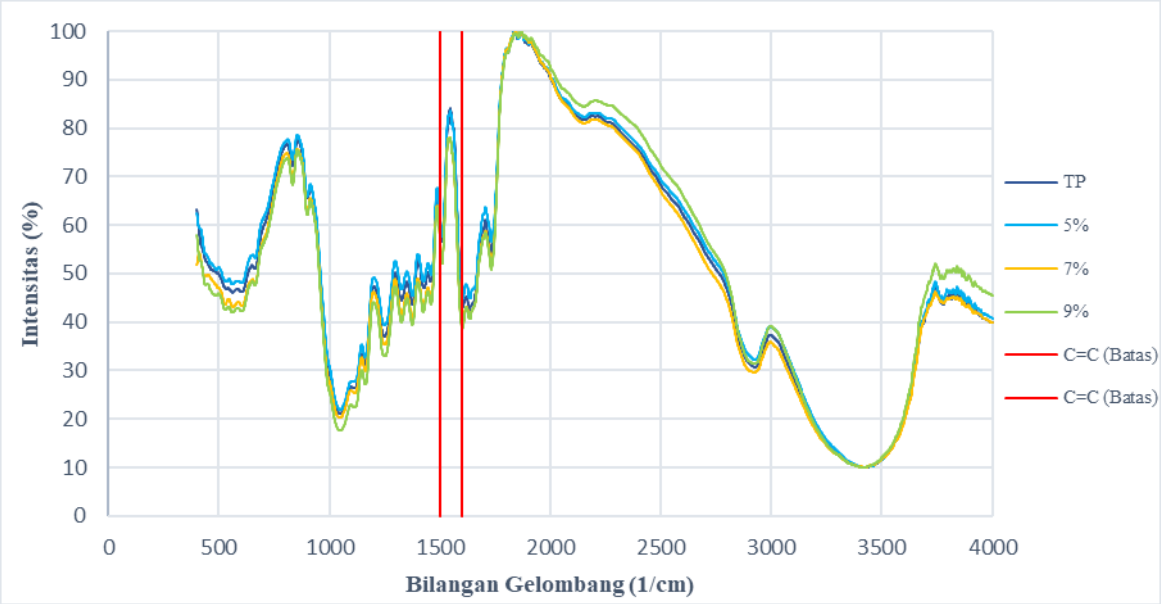
Dari foto hasil uji SEM dapat memberikan penjelasan bahwa kekuatan tarik serat tunggal bambu petung semakin berkurang seiring pertambahan konsentrasi perendaman dari enzim papain. Bahwa pada perendaman larutan papain menghasilkan proses hidrolase pada larutan papain dan membuat ion-ion pada papain terdiasosiasi menjadi HNO_2^- dan H_3NO^+ . Menurut Menard et al. (1990) Mekanisme di mana fungsi papain dimungkinkan adalah melalui bagian sistein-25 dari triad katalitik yang menyerang karbonil karbon di tulang punggung rantai peptida yang membebaskan bagian terminal amino. Karena ini terjadi di seluruh rantai peptida protein, protein itu pecah. Sehingga lignin yang terikat dalam protein dinding sel tersebut akan hilang jika dibilas menggunakan air.

Pada proses perendaman dalam larutan papain akan terjadi reaksi sebagai berikut :



Gambar 4.6. Skema pemutusan lignin akibat larutan enzim papain

Kandungan lignin yang berkurang dapat dibuktikan dari hasil uji FTIR pada Gambar 4.7 menunjukkan grafik hasil uji FTIR dan Tabel 4.1.



Gambar 4.7 Hasil uji FTIR serat bambu petung

Menurut Setiati (2017) mengatakan bahwa kandungan lignin mempunyai panjang gelombang yang ditunjukkan adanya peak yang besar pada rentang 1500 cm-1 – 1600 cm-1 dibatasi oleh garis merah pada Gambar 4.6 dengan gugus fungsi aromatik C = C. Pada garis 700 cm^{-1} - 900 cm^{-1} juga terdapat *peak* yang besar, hal ini terkait dengan ikatan C - H yang dijumpai pada gugus aromatik lignin. Lalu pada garis 1732 cm^{-1} – 1900 cm^{-1} terdapat *peak* yang sangat besar yang berhubungan dengan ikatan C = O dalam gugus keton untuk hemiselulose.

Tabel 4.1
Perbandingan kandungan cincin C = C aromatik

No.	Perlakuan	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Intensitas (%T)
1	Tanpa Perlakuan	1516.708	61.15999
2	5%	1516.708	60.12750
3	7%	1516.708	56.10335
4	9%	1516.708	55.91231

Berdasarkan data yang didapat dari hasil uji FTIR pada Gambar 4.6 dan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat kandungan lignin pada serat bambu petung tanpa perlakuan dan pada serat bambu petung dengan perendaman larutan papain dengan konsentrasi 5%, 7% dan 9%. Hal ini ditunjukkan dengan masih adanya bilangan gelombang cincin aromatik C = C diantara rentang 1500 cm^{-1} – 1600 cm^{-1}. Adanya pengurangan pada intensitas (persen transmitasi) dengan perlakuan perendaman larutan enzim papain. Hal ini dikarenakan pada serat bambu petung yang mengalami perlakuan, kandungan lignin mengalami ekstraksi yang

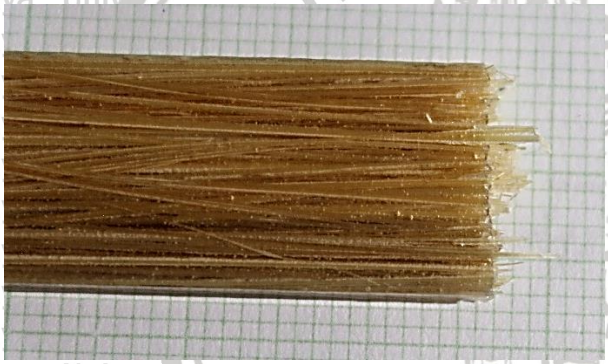
membuat kandungan lignin berkurang sehingga intensitas dari kandungan lignin akan menurun.

4.3 Analisis Foto Makroskopik Patahan Komposit

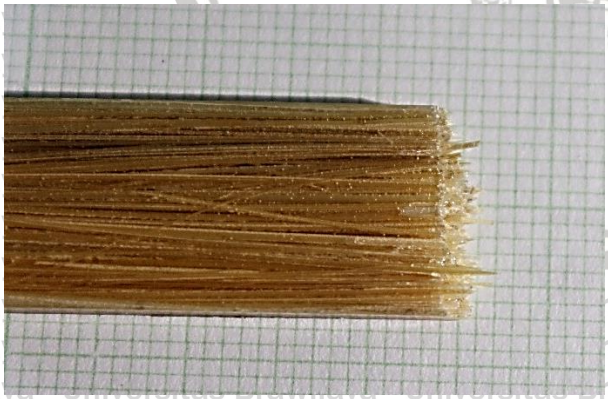
4.3.1 Analisis Patahan Komposit Tanpa Perlakuan

Hasil patahan pengujian tarik komposit serat bambu petung tanpa perlakuan ditunjukkan pada Gambar 4.8 yang dapat dilihat patahan yang terjadi di daerah *gage length*.

Gambar 4.8 Foto patahan spesimen komposit serat bambu petung tanpa perlakuan



Gambar 4.9 Foto makro patahan komposit tanpa perlakuan bagian A



Gambar 4.10 Foto makro patahan komposit tanpa perlakuan bagian B

Patahan secara umum dibedakan menjadi dua yaitu patahan ulet (*ductile fracture*) dan patahan getas (*brittle fracture*). Patah ulet secara makro ditandai dengan tepi penampang patahan membentuk sudut 45° dan bagian tengah berbentuk serabut. Namun pada patahan getas ditandai dengan bentuk patahan 90° dan kasar. Dan secara makro suatu patahan dapat

dikatakan patah getas, tetapi secara mikro patah getas dapat berupa *cleavage* atau *intergranular* (Candara,2015). Dalam hal ini patahan pada serat bambu petung tanpa perlakuan maupun perlakuan perendaman enzim papain disebut patahan getas yang ditunjukkan dengan foto macro tiap spesimen.

Patahan pada komposit serat bambu petung tanpa perlakuan ditunjukkan pada Gambar 4.8, Gambar 4.9, dan Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa terjadi kegagalan *pull-out* yang terjadi pada komposit tanpa perlakuan. *Pull-Out* adalah sebuah kegagalan serat tercabut dari matriksnya (Eduardo Braga,2017). Kandungan lignin dan hemiselulosa masih banyak dikarenakan tidak diberikan perlakuan pada serat sehingga adhesi antara permukaan serat dengan resin epoksi menghasilkan kemampubahasan yang kurang baik dalam menyerap cairan resin epoksi.

Kegagalan selain *pull-out* dapat disebabkan juga yaitu *debonding*. *Debonding* adalah suatu mekanisme lepasnya sebuah ikatan matriks dengan serat. *Debonding* menyebabkan matriks terlepas dari ikatan serat sebelum mentransfer gaya yang bekerja pada matriks dengan sempurna (Eduardo Braga,2017). Kekuatan Tarik rata-rata yang dihasilkan pada komposit serat bambu petung tanpa perlakuan ini sebesar 73,908 MPa.

4.3.2 Analisis Patahan Komposit Perlakuan Perendaman Enzim Papain 5%

Patahan hasil pengujian tarik komposit berpenguat serat bambu petung dengan perendaman enzim papain konsentrasi 5% ditunjukkan pada Gambar 4.11 dan patahan terjadi di *gage length*.

Gambar 4.11 Foto patahan spesimen komposit berpenguat serat bambu petung dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 5%

Gambar 4.12 Foto makro patahan pada komposit dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 5%

Gambar 4.13 Foto makro patahan pada komposit dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 5%

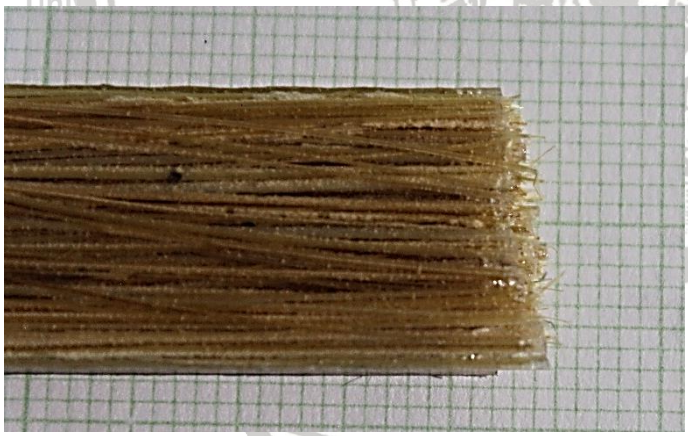
Patahan komposit berpenguat serat bambu petung dengan perlakuan perlakuan perendaman enzim papain konsentrasi 5% ditunjukkan pada Gambar 4.11, Gambar 4.12 dan Gambar 4.13. Bahwa pada perendaman enzim papain konsentrasi 5% membuat kandungan lignin dan hemiselulosa berkurang membuat sifat adhesi antara serat dan matriks epoksi semakin baik. Hal ini ditunjukkan dengan berkurangnya serat yang mengalami kegagalan *pull out*. Jumlah ini lebih sedikit apabila dibandingkan dengan komposit berpenguat serat bambu petung tanpa perlakuan perendaman enzim papain. Kemudian kegagalan juga disebebkan oleh *debonding* pada komposit ini yang mengakitbatkan lemahnya ikatan antar permukaan serat dengan matriks epoksi. Kekuatan tarik rata-rata yang dihasilkan pada komposit ini adalah 93.160 MPa.

4.3.3 Analisis Patahan Komposit Perlakuan Perendaman Enzim Papain 7%

Patahan hasil pengujian tarik komposit berpenguat serat bambu petung dengan perlakuan perendaman enzim papain konsentrasi 7% ditunjukkan pada Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa patahan terjadi di daerah *gage length*.

Gambar 4.14 Foto patahan spesimen komposit berpenguat serat bambu petung dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 7%

Gambar 4.15 Foto makro patahan pada komposit dengan dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 7%



Gambar 4.16 Foto makro patahan pada komposit dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 7%

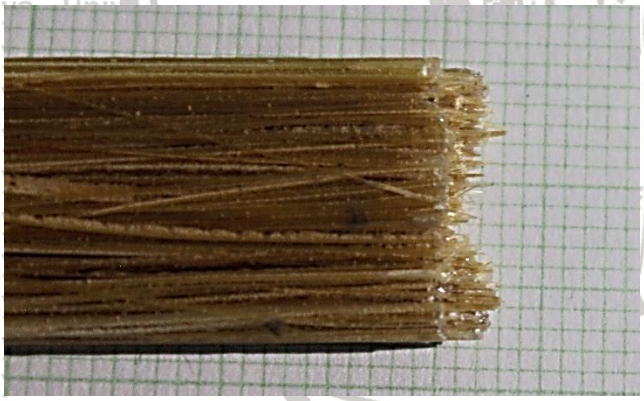
Patahan komposit berpenguat serat bambu petung dengan perlakuan perendaman enzim papain 7% ditunjukkan pada Gambar 4.14, Gambar 4.15 dan Gambar 4.16. Perendaman enzim papain konsentrasi 7% dapat menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa lebih banyak dibandingan dengan perendaman 5% dan tanpa perlakuan yang menghasilkan permukaan serat menjadi lebih kasar. Permukaan serat semakin kasar akan menghasilkan sifat adhesi yang lebih baik antara serat dan matriks resin epoksi (Eduardo Braga,2017). Dalam hal ini ditunjukkan dengan berkurangnya jumlah serat yang mengalami *pull-out* komposit berpenguat serat bambu petung dengan perlakuan perendaman 7% enzim lebih

sedikit daripada perlakuan perendaman 5% enzim. Namun kegagalan juga disebabkan oleh *debonding* semakin dikit antara ikatan dan serat. Kekuatan tarik maksimal yang dihasilkan sebesar 131,062 MPa.

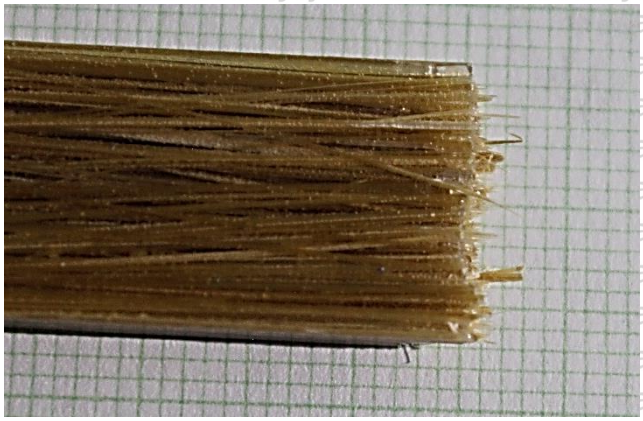
4.3.4 Analisis Patahan Komposit Perlakuan Perendaman Enzim Papain 9%

Patahan hasil pengujian tarik komposit berpenguat serat bambu petung dengan perlakuan perendaman enzim papain konsentrasi 9% ditunjukkan pada Gambar 4.17, Gambar 4.18 dan Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa patahan yang terjadi di daerah *gage length*.

Gambar 4.17 Foto patahan spesimen komposit berpenguat serat bambu petung dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 9%



Gambar 4.18 Foto makro patahan pada komposit dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 9%

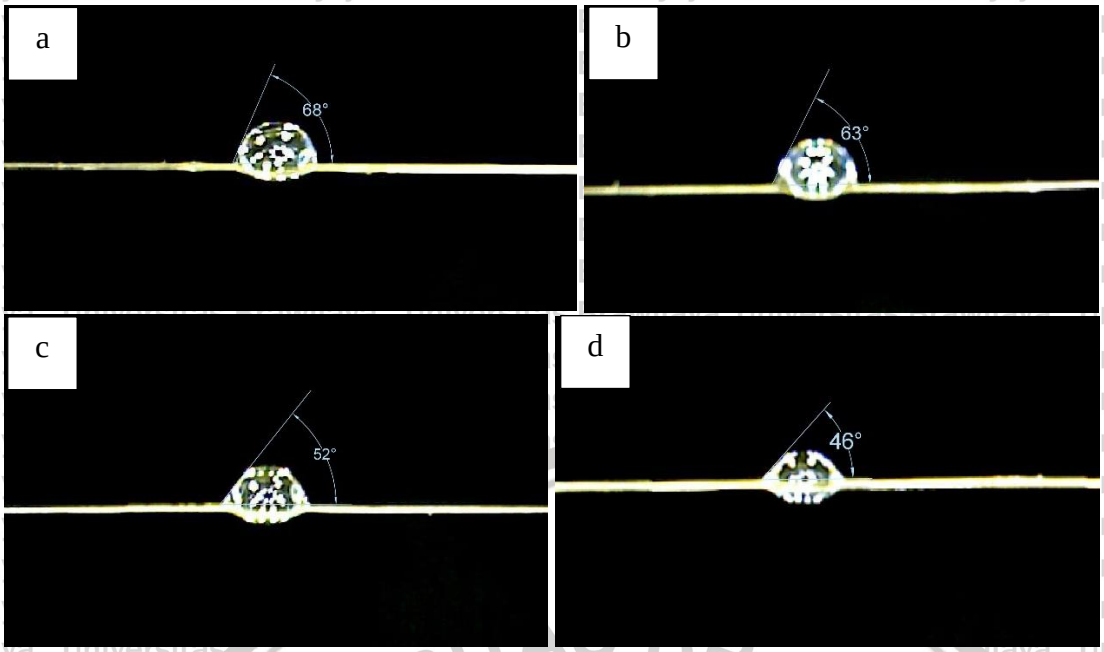


Gambar 4.19 Foto makro patahan pada komposit dengan perendaman larutan enzim papain konsentrasi 9%

Patahan komposit berpenguat serat bambu petung dengan perlakuan dengan perlakuan perendaman enzim papain konsentrasi 9% ditunjukkan pada Gambar 4.20. Bahwa perendaman enzim papain 9% akan menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa lebih banyak. Hal ini membuat pada perendaman 9% memiliki sifat adhesi yang lebih dibandingan perendaman 5%, 7% dan tanpa perlakuan. Kegagalan *pull out* yang dilihat dari Gambar 4.19 mengalami pengurangan yang lebih besar dibandingkan semua variasi. Pada kegagalan *debonding* tampak pada komposit ini lebih banyak daripada komposit perendaman 7% karena penguat semakin rapuh. Komposit ini menghasilkan nilai kekuatan Tarik rata-rata sebesar 114,382 MPa.

4.4 Hasil Uji *Wettability* Serat Bambu Petung

Pengujian *wettability* berfungsi untuk melihat kemampubasahan dari resin *epoxy* untuk membasahi serat bambu petung tanpa perlakuan maupun serat bambu petung dengan perlakuan.



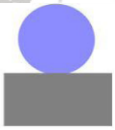
Gambar 4.20 Contact Angle antara serat bambu petung dengan droplet resin (a) tanpa perlakuan, (b) 5% enzim papain, (c) 7% enzim papan, dan (d) 9% enzim papain.

Gambar 4.20 menunjukkan bahwa sifat *wettability* dari serat tanpa perlakuan dan perlakuan menghasilkan sudut yang berbeda-beda terhadap tetesan resin epoksi diatas permukaan serat bambu petung. Pada pengujian ini volume dari resin epoksi yang ditetesakan pada permukaan serat memiliki volume sama dan juga waktu pengambilan gambar dari pengujian wettability ini 1 menit dari waktu penetesan. Dari hasil (a) menunjukkan bahwa *angle* yang dihasilkan sebesar 68° bahwa masih banyak kotoran yang menempel di permukaan serat sehingga menghalangi mampu basah serat tersebut. Pada Gambar (b) memperlihatkan hasil yang lebih kecil *angle contact* daripada serat tanpa perlakuan sebesar 63°. Hal ini dikarenakan perendaman enzim papain konsentrasi 5% memberikan dampak yang lebih baik sifat adhesi yang dimiliki pada serat, sehingga sudut kontak dari tetesan resin epoksi yang dihasilkan semakin kecil. Sedangkan pada Gambar (c) *contact angle* yang dihasilkan lebih kecil daripada (a) dan (b) yaitu 52° memperlihatkan bahwa perendaman enzim papain 7% membuat mampu basah serat semakin tinggi. Dan pada konsentrasi perendaman 9% pada gambar (d) terlihat bahwa sudut kontaknya lebih kecil lagi yaitu sebesar 46^{o}. dalam hal ini semakin kecil sudut kontak *wettability* maka semakin baik sehingga matriks sebagai media perekat serat akan mengikat serat lebih baik. Hal ini dikarenakan kotoran dan kandungan lignin, hemiselulosa mengalami pengikisan. Bahwa dapat disimpulkan semakin tinggi konsentrasi perendaman enzim papain pada serat, maka sudut kontak yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini disebabkan permukaan serat kasar, kaku dan berpori yang membuat sifat adhesi serat terhadap cairan droplet semakin besar.

Meningkatnya sifat adhesi yang ditunjukkan dari kelandaian sudut kontak akan membuat ikatan antar matriks dan serat menjadi lebih baik (Bakri,2017).

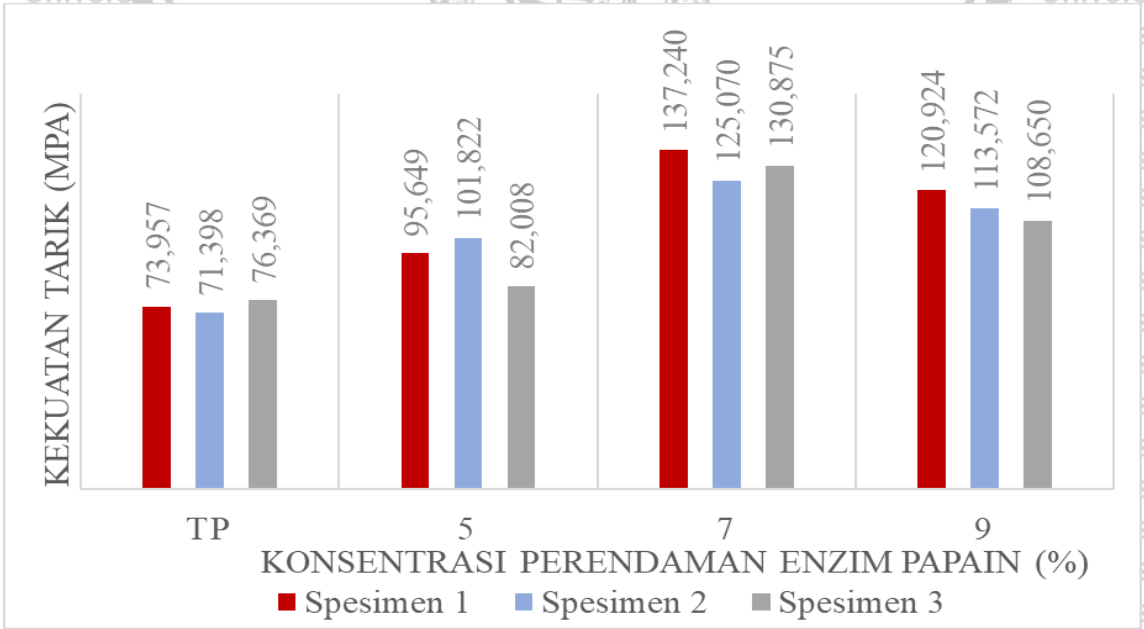
Berdasarkan penjelasan di atas seluruh serat memiliki kemampubasahan yang baik karena sudut kontak yang dihasilkan dalam range $0^o \leq \theta \leq 90^o$. Tetapi semakin tinggi konsentrasi perendaman enzim maka kemampubasahan semakin meningkat ditunjukkan dengan menurunnya sudut kontak antara droplet resin dengan serat.

Tabel 4.2
Skema sudut kontak pada droplet pada permukaan serat

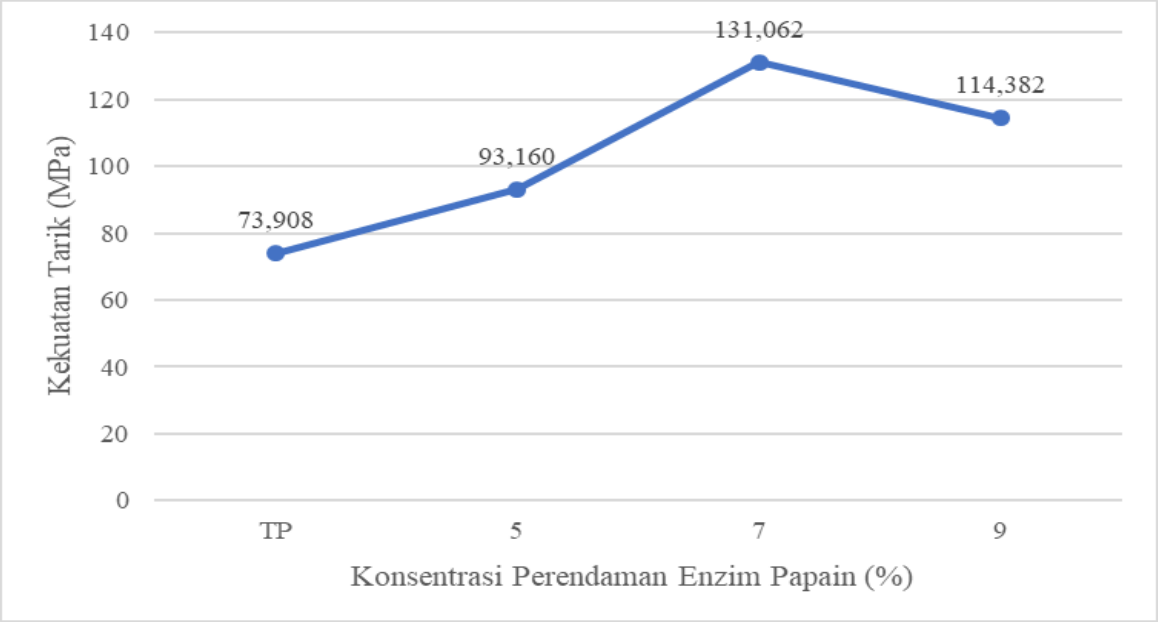
Sudut Kontak	Representasi Optik	Hasil
$0^o \leq \theta \leq 90^o$		Kemampubasahan baik
$\theta = 0^o$		Kemampubasahan sempurna
$90^o \leq \theta \leq 180^o$		Kemampubasahan rendah
$\theta = 180^o$		Tanpa pembasahan

Sumber : Rupp (2014,p.2898)

4.5 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Serat Bambu petung



Gambar 4.21 Grafik kekuatan tarik komposit berpenguat serat bambu petung



Gambar 4.22 Grafik kekuatan tarik rata-rata komposit berpenguat serat bambu petung

Gambar 4.22 diatas menunjukkan perbandingan kekuatan tarik rata-rata komposit terhadap variasi konsentrasi perendaman enzim papain. Dari penelitian yang telah dilakukan, serat bambu petung digunakan sebagai penguat dari komposit serat alam. Penggunaan serat bambu petung sebagai penguat bertujuan untuk menyalurkan tegangan yang diperoleh dari matriks epoksi. Dan juga dalam penelitian ini serat bambu petung berperan sebagai penguat dalam komposit dikarenakan nilai kekuatan tarik tanpa perlakuan yang dihasilkan melebihi kekuatan tarik dari pengikatnya yaitu epoksi.

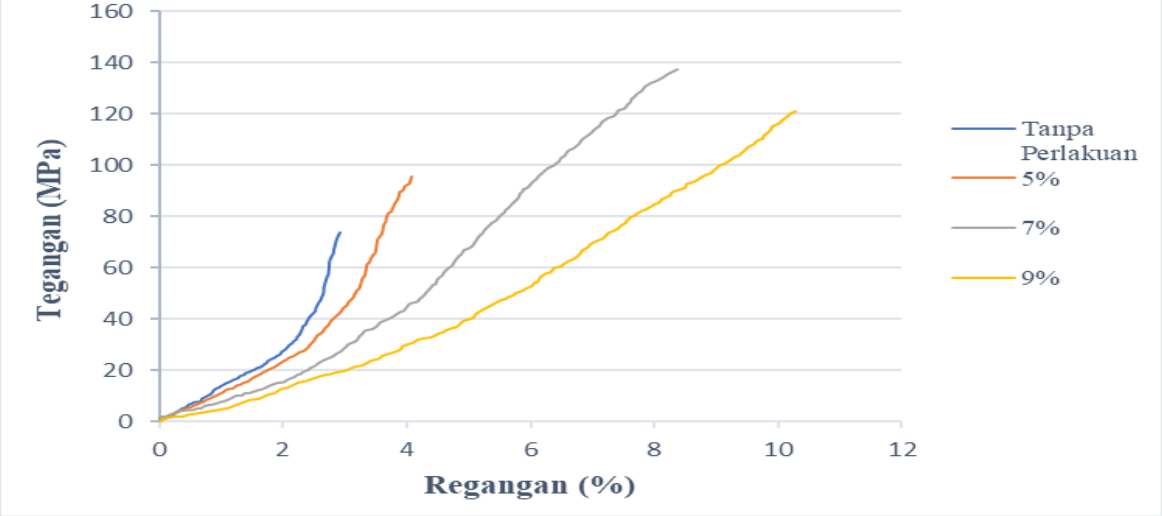
Pada Gambar 4.22 juga dapat dilihat bahwa kekuatan tarik rata-rata komposit berpenguat serat bambu petung mengalami kenaikan di setiap perlakuan pada perendaman 5%, 7%, dan 9%. Kekuatan tarik rata-rata komposit tanpa perlakuan menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 73,908 MPa. Kemudian dengan perlakuan perendaman 5% enzim papain menghasilkan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 93,160 Mpa. Perlakuan dengan menggunakan 7% enzim papain menghasilkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 131,062 MPa serta dengan perlakuan 9% enzim papain menghasilkan kekuatan tarik rata-rata sebesar 114,382 MPa.

Pada serat bambu petung tanpa perlakuan masih memiliki kandungan lignin dan hemiselulosa tinggi serta terdapat kotoran pada permukaan serat dan pada ikatan antar serat. Hal ini akan menyebabkan resin epoksi tidak bisa mengikat dan meresap keseluruh bagian serat bambu petung. Pada serat yang telah melalui proses perlakuan memiliki permukaan serat menjadi lebih kasar dan kaku. Hal ini disebabkan oleh kandungan lignin dan

hemiselulosa yang mulai terdegradasi membuat permukaan serat menjadi lebih kasar. Kekasaran permukaan yang disempurnakan dan peningkatan situs reaktif yang terpapar pada permukaan serat akan menyebabkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dan adhesi dengan matriks, keduanya sangat berpengaruh atas kekuatan *interface* komposit (Ouajai,2005).

Hal ini ditunjukkan dengan nilai kekuatan tarik komposit rata-rata berpenguat serat bambu petung dengan perlakuan konsentrasi perendaman 5% dan 7% menghasilkan kekuatan Tarik yang semakin tinggi. Selanjutnya pada perlakuan perendaman dengan 9% enzim papain menghasilkan kekuatan tarik yang sedikit lebih rendah dari 7% karena permukaan serat yang semakin rapuh sehingga kekuatan tarik komposit rata-ratanya menurun.

4.6 Data Hasil Tegangan – Regangan Uji Tarik Komposit



Gambar 4.23 Grafik hubungan tegangan – regangan uji tarik komposit

Pada Gambar 4.23 menunjukkan grafik tegangan regangan dari hasil uji tarik komposit. Kekuatan tarik komposit tertinggi dengan penguat serat bambu petung dengan perlakuan 7% enzim papain menghasilkan kekuatan tarik sebesar 137,240 MPa. Dilanjutkan komposit dengan perlakuan 9% enzim papain menghasilkan kekuatan tarik sebesar 120,024 MPa, kemudian kekuatan tarik komposit dengan perlakuan 5% enzim papain menghasilkan kekuatan tarik sebesar 95,649 MPa dan kekuatan tarik komposit paling lemah didapatkan pada komposit serat bambu petung tanpa perlakuan dengan kekuatan tarik sebesar 73,957 MPa.

Pada komposit serat bambu petung tanpa perlakuan memiliki kekuatan tarik sebesar 73,957 MPa dan memiliki nilai regangan sebesar 2,914%. Maka menghasilkan nilai

modulus elastisitas sebesar 2,538 GPa. Komposit serat bambu petung pada perlakuan perendaman 5% enzim papain memiliki nilai tegangan sebesar 95,649 MPa dan memiliki nilai regangan sebesar 4,072%. Maka menghasilkan nilai modulus elastisitas sebesar 2,349 GPa. selanjutnya pada komposit serat bambu petung pada perlakuan perendaman 7% enzim papain menghasilkan tegangan sebesar 137,240 MPa dan regangan sebesar 8,382 %. Maka menghasilkan modulus elastisitas sebesar 1,637 GPa. Kemudian pada komposit serat bambu petung pada perlakuan perendaman 9% enzim papain memiliki tegangan sebesar 120,024 MPa dan regangan sebesar 10,274 %. Maka menghasilkan modulus elastisitas sebesar 1,176 GPa. Nilai tegangan yang semakin tinggi dan diikuti regangan yang cukup besar menunjukkan matrik mampu menyalurkan tegangan yang diterima oleh komposit kepada serat lebih merata, dan meningkatkan kekuatannya.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa kekuatan tarik rata-rata komposit serat bambu petung apabila di urutkan dari terendah hingga tertinggi yaitu : komposit berpenguat serat bambu petung dengan tanpa perlakuan perendaman NaOH sebesar 73,908 MPa ; perlakuan perendaman 5% enzim papain sebesar 93,160 MPa ; perlakuan perendaman 9% enzim papain sebesar 114,382 MPa ; dan perlakuan perendaman 7% enzim papain sebesar 131,062 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi enzim papain pada perendaman , maka kekuatan tarik komposit akan semakin tinggi dikarenakan enzim papain dapat merubah topografi permukaan serat menjadi lebih kasar yang membuat *mechanical interlocking* antara serat dan matriks resin epoksi menjadi lebih baik dan sifat adhesi yang lebih baik antara permukaan serat dalam menyerap resin epoksi pada permukaan serat secara optimal. Pada konsentrasi 9% kekuatan tarik cenderung menurun karena permukaan serat yang semakin kasar sehingga *mechanical interlocking*nya semakin baik tetapi distribusi tegangannya kurang maksimal sehingga kekuatan tarik maksimalnya menurun.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi untuk melihat kekuatan tarik maksimum pada komposit serat bambu petung dengan berbagai macam jenis perlakuan.
2. Meningkatkan ketelitian pada pembuatan komposit menggunakan metode *vacuum infusion* untuk meningkatkan kualitas spesimen komposit yang dihasilkan dan mengurangi kemungkinan cacat pada komposit.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, S., (2005). Pengolahan Rami Secara Biologi. Balai Besar Kimia dan Kemasan.

Ashby, M. F. (1999). Materials Selection in Mechanical Design.

ASTM International. (2003). *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic*. Pensylvenia, West Conshohocken.

Avner, H. (1974). *Introduction to Physical Metallurgy*.

B Bakri, S Chandrabakty, I Renreng, H Arsyad, YT Allo, AA Mochtar, AEE Putra. (2017). *Mechanical Properties and Water Absorption of Coir and Angustifolia Haw Agave Fibers Reinforced Hybrid Polyester Composite*. International Journal of Engineering and Science Applications.

Biljana D, Svjetlana, Tatjana R., Mirjana M. (2016). *Effect of chemical treatments on the chemical composition and properties of flax fibers.* Serbia : University of Belgrade.

Candra, D.P.(2015). *Analisis kekuatan tarik dan laju regangan baja st41 dengan takikkan akibat perubahan suhu tempering.* Malang : Universitas Negeri Malang.

Clayton, A. (1994). *Epoxy Resin : Chemistry and Technology (Second es.)*. New York : Marcel Dekker Inc. p. 794. ISBN 0-8247-7690-9.

Deborah. (2009). Composites Materials. State University of New York, Buffalo Dept. Mechanical & Aerospace. Engineering : USA.

Eduardo Braga,all.(2017). *Effect of Alkaline and Hot Water Treatments on the Structure and Morphology of Piassava Fibers. Brazil: Universidade Federal da Paraiba.*

Harris Bryan. (1999*). Engineering Composites. London* : The Institue of Materials

Irawati, I. S. dan Saputra, A. (2012). 'Analisis Statistik Sifat Mekanika Bambu Petung, prosiding Simposium Nasional Rekayasa dan Budidaya Bambu I 2012, Rekayasa Bambu sebagai solusi pelestarian lingkungan'. JTSL FT UGM, Yogyakarta.

Judawisastra, H., Wibowo, A. U., Putratama, A., (2016) ' Karakteristik Sifat Tarik Serat Bambu Petung (Dendocalamus Asper)', Seminar Nasional Metalurgi dan Material IX 2016,Cilegon.

K. van Rijswijk, M.Sc. et.al. (2001). *Natural Fiber Composites Structure and Materials*. Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delfi University of Technology.

Liese, W. (1980). *Preservation of Bamboo. In Lessard, G & Chouinard, A (eds). Bamboo Research in Asia. IDRC Canada*.

Manuputty, M. & Pieter, T. B., (2010). Pemanfaatan Material Bambu Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Pengganti Material Kayu Untuk Armada Kapal Rakyat Yang Beroperasi Di Daerah Maluku.

Maryanti, B. (2011). Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.2, No.2 Tahun 2011.

Mathews F. L. & R. D. Rawling. (1994). *Composite Material Engineering Science Technology and Medicine*. London : Chopman & Hall

Mazumdar, S. K. (2002). *Comosite manufacturing : materials, product, and process engineering*.

Meenakshih, N. (2014). *Studies on Enzymatic Action, Manufacturing Process, and Purification of Papain Enzymes. Department of Biotechnology, V.M.K.V.Engineering College, Vinayaka Missions University, Salem-6363 08(Tamil Nadu),India.*

Menard, R., H.E. Khouri, C. Plouffe, R. Dupras and D. Ripoll et al., 1990. *A protein engineering study of the role of aspartate 158 in the catalytic mechanism of papain. Biochemistry*, 29: 6706-6713.

Muiz, A., (2005). Pemanfaatan Batang Pisang (Musa sp) Sebagai Bahan Baku Papan Serat. Skripsi, Fakultas Kehutanan. Bogor : Institut Pertanian Bogor

Nakpathom, M., Buppa, S., Nootsara, N. (2009). *Papain Enzymatic Degumming of Thai Bombyx mori Silk Fibres*. Journal of Microscopy Society of Thailand.

Nayiroh, Nurul. (2013). Klasifikasi Komposit – *Metal Matrix Composite*. Teknologi Material Komposit: Indonesia.

Nuriyatin, N. (2000). Studi Analisa Sifat-Sifat Dasar Bambu pada Beberapa Tujuan. Institut Pertanian Bogor.

Ouajai S, Shanks RA. (2005). *Composition, structure and thermal degradation of hemp cellulose after chemical treatments*. Polym Degrad Stab 2005;89(2):327-335

Pathurahman. (1998). Aplikasi Bambu pada Struktur Gable Frame. Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.

PT. Justus Sakti Raya. (2003). Jakarta : Spesifikasi Resin Hardener Epoxy.

Pujirahayu, N., (2012). ' Kajian Sifat Fisik Beberapa Jenis Bambu Di Kecamatan Tonggauna Kabupaten Konawe'.

Putro, D. S., Jumari., Murningsih., (2014) 'Keaneka Ragaman Jenis Dan Pemanfaatan Bamboo Di Desa Lokpaikat Kabupaten Semarang Jawa Tengah (species diversity and utility of bamboo at lokpaikat village semarang regency central of java) '.

Rokbi, M., Hocine, O., Abdellatif, I., Noureddine, B., (2011). *Effect of Chemical treatment on Flexure Properties of Natural Fiber-reinforced Polyester Composite. Université de M'sila, B.P 166 Echbilia 28000, Algérie.*

Setiati, R., Wahyuningrum, D. & Kasmungin, S. (2016). *Analisa Spektrum Infra Red Pada Proses Sintesa Lignin Ampas Tebu Menjadi Surfaktan Lignosulfonat*. Seminar Nasional Cendekiawan: 20.1 – 20.9.

Setyanto, R. H. (2012). Review : Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya. Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126, Indonesia.

Shalwan, A., & Yousif, B. F. (2014). *Investigation on interfacial adhesion of date palm/epoxy using fragmentation technique*. Materials & Design, 53, 928–937.

Sharma, S.N.; Mehra, M.I. (1970). *Variation of specific gravity and tangential shrinkage in the wall thickness of bamboo and its possible influence on trend of the shrinkage-moisture content characteristics. Indian Forest Bulletin 259,7*

Sugiman., Prayitno, D. A., Buan, A., (2019). *Effects Of Alkali Treatment Of Bamboo Fibre Under Various Conditions On The Tensile And Flexural Properties Of Bamboo Fibre/Polystyrene-Modified Unsaturated Polyester Composites. University of Mataram.*

Sulaiman, M. & Muhammad, H. M. (2018). Kajian Potensi Pengembangan Material Komposit Polimer Dengan Serat Alam Untuk Produk Otomotif.

Surdia, T. & Shinroku, S. (1999). Pengetahuan Bahan Teknik.

Suryanto, H. (2016). Review Serat Alam : Komposisi, Struktur, Dan Sifat Mekanis. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang Jl. Semarang 5 Malang.

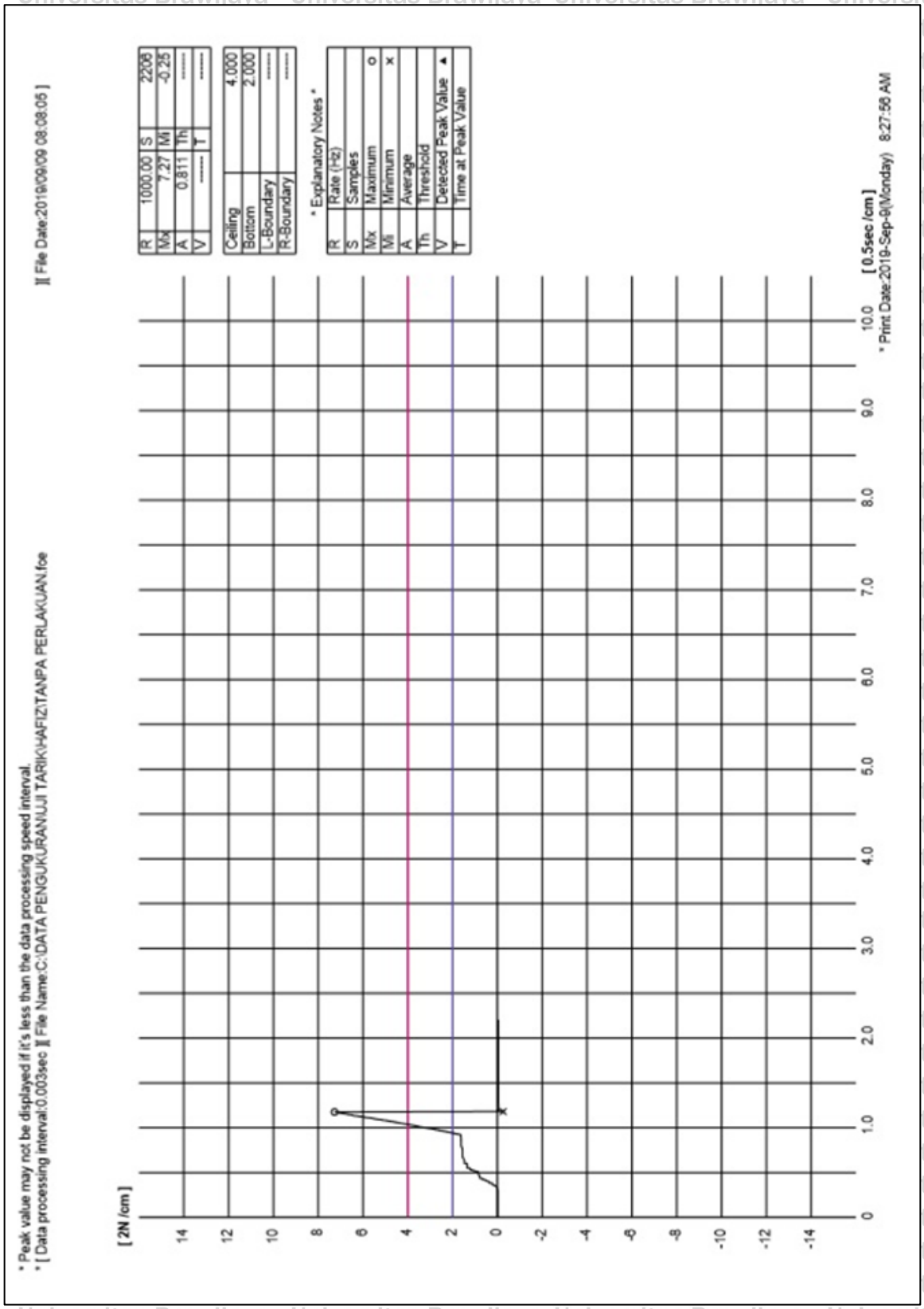
Tsuge, H., T. Nishimura, Y. Tada, T. Asao and D. Turk et al., 1999. *Inhibition mechanism of cathepsin L-specific inhibitors based on the crystal structure of papain CLIK148 complex. Biochem. Biophys. Res. Commun.*

Uhlig, H., 1998. *Industrial Enzymes and their Applications. 1st Edn., John Wiley and Sons*, New York, ISBN-10: 0471196606, pp: 454.

Widjaja., Mien, A.R., Bambang,S., Dodi, N. (1994). Strategi Penelitian Bambu Indonesia. Yayasan Bambu Lingkungan Lestari Bogor.

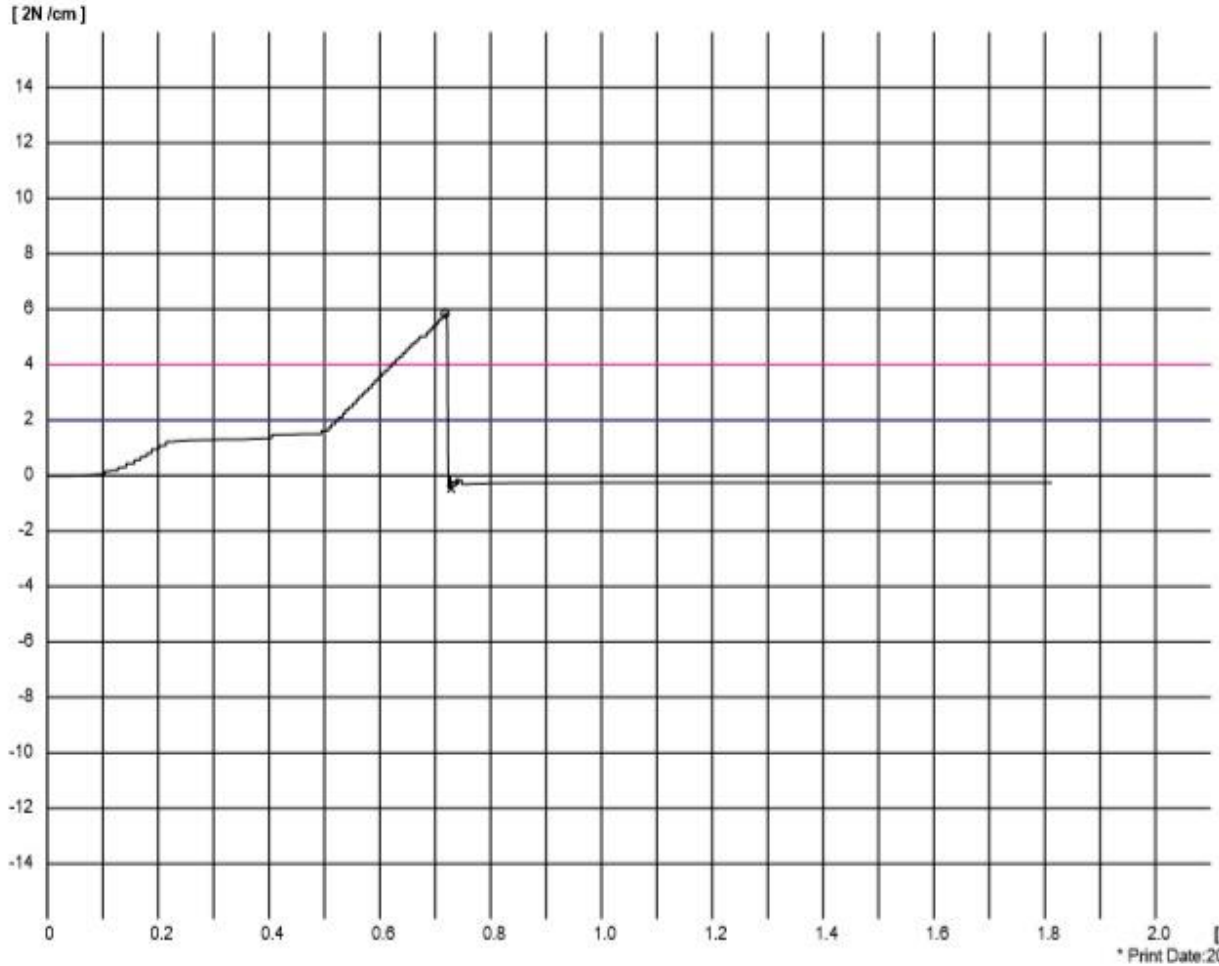
Ziaullah, K., Yousif, B. F., & Islam, M. (2017). *Fracture behaviour of bamboo fiber reinforced epoxy composites. Composites Part B: Engineering, 116, 186–199.*

Lampiran 1 Pengujian Tarik Serat tunggal Bambu Petung



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
repository.ub.a

* Peak value may not be displayed if it's less than the data processing speed interval.
* [Data processing interval:0.001sec][File Name:C:\DATA PENGUKURAN\UJI TARIK\HAFIZ\5% 2.foe][File Date:2019/09/09 08:12:02]



R	1000.00	S	1814
Mx	5.85	Mi	-0.47
A	0.548	Th	------
V	------	T	------

Ceiling	4.000
Bottom	2.000
L-Boundary	------
R-Boundary	------

* Explanatory Notes *

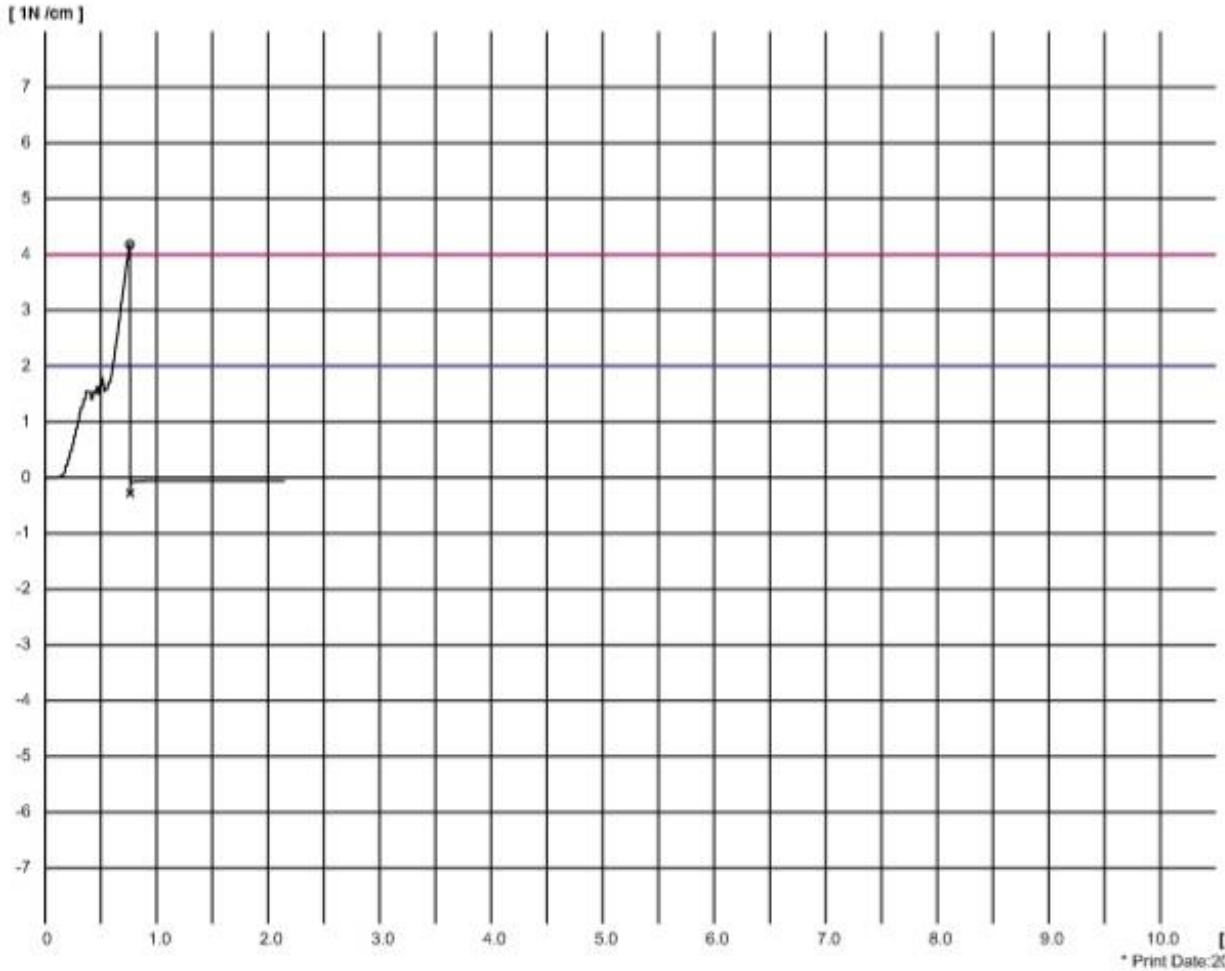
R	Rate (Hz)	
S	Samples	
Mx	Maximum	o
Mi	Minimum	x
A	Average	
Th	Threshold	
V	Detected Peak Value	▲
T	Time at Peak Value	

* Print Date:2019-Sep-9(Monday) 8:28:46 AM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
repository.ub.a

* Peak value may not be displayed if it's less than the data processing speed interval.
* [Data processing interval:0.003sec][File Name:C:\DATA PENGUKURAN\UJI TARIK\HAFIZ\7% 1.fce

[File Date:2019/09/09 08:16:37]



R	1000.00	S	2153
Mx	4.18	Mi	-0.28
A	0.435	Th	------
V	------	T	------

Ceiling	4.000
Bottom	2.000
L-Boundary	------
R-Boundary	------

* Explanatory Notes *

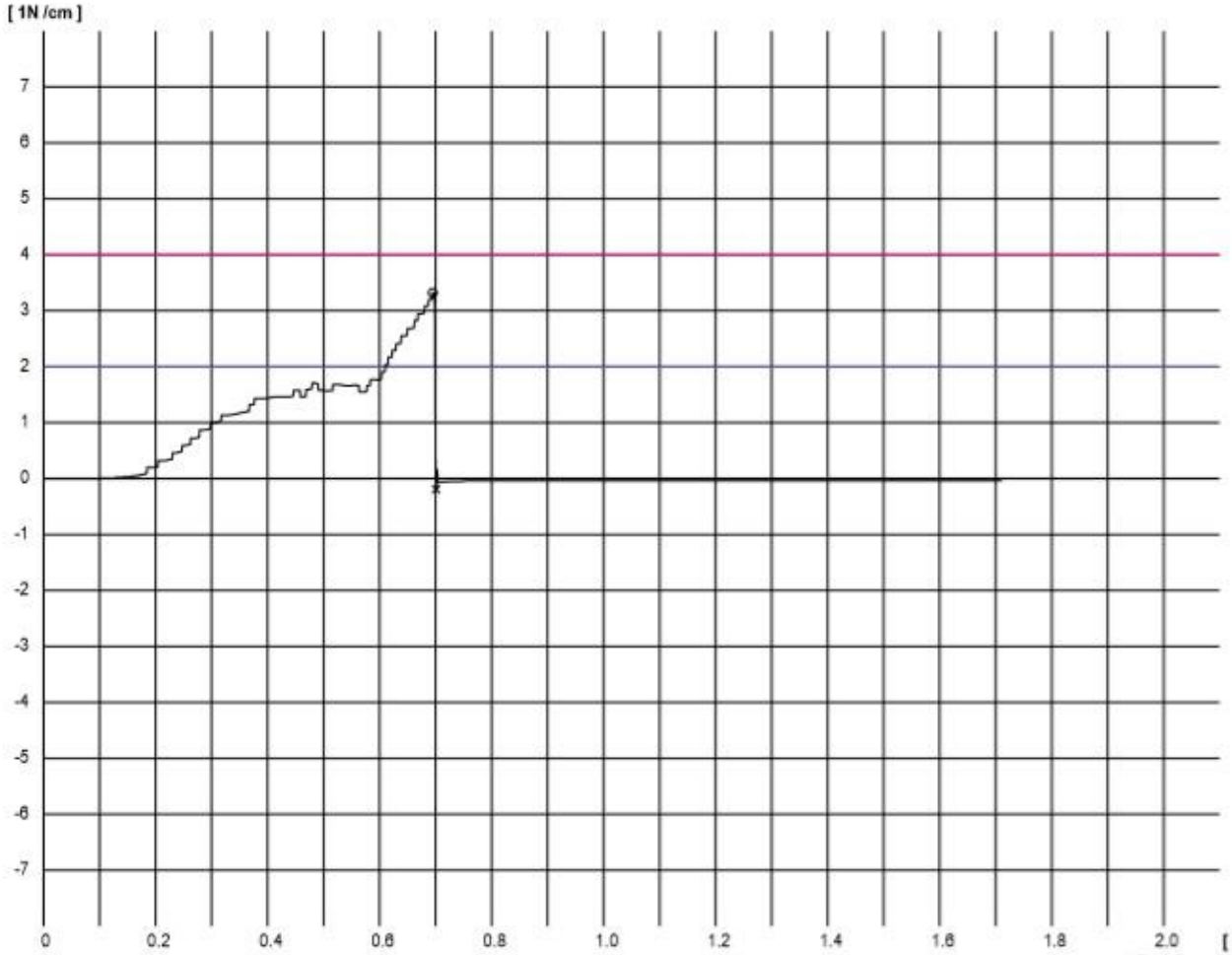
R	Rate (Hz)	
S	Samples	
Mx	Maximum	o
Mi	Minimum	×
A	Average	
Th	Threshold	
V	Detected Peak Value	▲
T	Time at Peak Value	

* Print Date:2019-Sep-9(Monday) 8:29:06 AM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
repository.ub.a

* Peak value may not be displayed if it's less than the data processing speed interval.
* [Data processing interval:0.001sec][File Name:C:\DATA PENGUKURAN\UJI TARIK\HAFIZ\9% 1.fce

][File Date:2019/09/09 08:22:22]



R	1000.00	S	1712
Mx	3.32	Mi	-0.19
A	0.420	Th	------
V	------	T	------

Ceiling	4.000
Bottom	2.000
L-Boundary	------
R-Boundary	------

* Explanatory Notes *

R	Rate (Hz)	
S	Samples	
Mx	Maximum	o
Mi	Minimum	x
A	Average	
Th	Threshold	
V	Detected Peak Value	▲
T	Time at Peak Value	

* Print Date:2019-Sep-9(Monday) 8:29:36 AM