

**PENGARUH PENYERAPAN LOGAM Mg DAN Zn
TERHADAP SIFAT MEKANIK SERAT BATANG ECENG
GONDOK (*Eichornia crassipes* [Matr.] Solms)**

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana sains dalam bidang fisika**

**Oleh
NUR CHABIBAH
0310930040-93**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENYERAPAN LOGAM Mg DAN Zn TERHADAP
SIFAT MEKANIK SERAT BATANG ECENG GONDOK
(*Eichornia crassipes [Matr.] Solms*)

Oleh
NUR CHABIBAH
0310930040-93

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I,

Istiroyah, S.Si.,M.T.
NIP. 132 232 181

Pembimbing II,

Ir.D.J.Djoko H. S.,M.Phill.,PhD.
NIP. 131 879 032

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya,

Dr. Adi Susilo, PhD.
NIP. 131 960 447

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nur Chabibah
NIM : 0310930040 – 93
Jurusan : Fisika
Penulis Skripsi berjudul : Pengaruh Penyerapan Logam Mg dan Zn terhadap Sifat Mekanik Serat Batang Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* [Mart.] Solm).

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam daftar pustaka skripsi ini semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila di kemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Januari 2009

Yang menyatakan,

(Nur Chabibah)

NIM. 0310930040-93

**PENGARUH PENYERAPAN LOGAM Mg DAN Zn
TERHADAP SIFAT MEKANIK SERAT BATANG ECENG
GONDOK (*Eichornia crassipes* [Matr.] Solms)**

ABSTRAK

Kata kunci: Penyerapan, Logam Mg dan Zn, Eceng Gondok, Sifat Mekanik

Eceng gondok merupakan gulma perairan yang dapat menyerap logam pencemar Mg dan Zn. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kemampuan eceng gondok menyerap dan mengakumulasi logam serta pengaruhnya terhadap sifat mekanik serat batang eceng gondok.

Sampel perlakuan ditambah logam Mg dan Zn sedangkan sampel kontrol tidak ditambahkan. Sampel tersebut di uji AAS (*Atomic Absorbtion Spectroscopy*) untuk mengukur besarnya penyerapan dan akumulasi. Kemudian uji tarik digunakan untuk mengukur kuat tarik, regangan dan modulus young.

Hasil penelitian didapatkan kuat tarik pada sampel kontrol berkisar antara ($652,29 \pm 62,78$ - $1139,18 \pm 77,81$ MPa), regangan ($2,5 \pm 0,3$ - $5,0 \pm 0,7$). Pada sampel perlakuan ($505,405 \pm 78,48$ - $878,14 \pm 37,89$ MPa), regangan ($3,6 \pm 0,5$ - $2,2 \pm 0,5$). Keakuratan nilai modulus young masih kurang sehingga tidak dirata-rata. Besarnya simpangan modulus young pada sampel perlakuan ($0,032$ - $0,046$ MPa), ralat 24-48 % sedangkan sampel kontrol simpangannya ($0,027$ - $0,037$ MPa), ralat 15-22%. Pada sampel kontrol kuat tarik dan regangan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah akumulasi. Sedangkan pada sampel perlakuan, kuat tarik meningkat namun nilainya dibawah kontrol dan regangannya menurun. Penurunan regangan lebih dipengaruhi oleh banyaknya konsentrasi logam Mg dan Zn yang terakumulasi pada serat.

**THE EFFECT OF Mg AND Zn ABSORPTION TO
MECHANICAL PROPERTIES OF WATER HYACINTH
(*Eichornia crassipes* [Matr.] Solms FIBER STALK.**

ABSTRACT

Key Word : Absorption, Mg and Zn, Water Hyacinth, Mechanical Properties

Water hyacinth which is water weed, can absorb metallic elements such as Mg and Zn. The aim of this research is to identify the ability of water hyacinth to absorb and accumulate Mg and Zn and its effect to mechanical properties of water hyacinth fiber stalk.

Treated sample which is sum with Mg and Zn and control sample is sample without Mg and Zn. AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) was used to measure the quantity of Mg and Zn absorption and accumulation. Then tensile strength, strain, and young modulus measured with tensile test.

The control sample tensile strength is between $(652,29 \pm 62,78)$ until $1139,18 \pm 77,81$ MPa) and the strain is $(2,5 \pm 0,3 - 5,0 \pm 0,7)$. The treated tensile strength is $(505,405 \pm 78,48)$ until $878,14 \pm 37,89$ MPa) and the strain is $(3,6 \pm 0,5 - 2,2 \pm 0,5)$. The poor accuracy in young modulus data make it can't be average. The treated sample young modulus is $(0,032-0,046$ MPa), with error 24-48%. For the control sample young modulus is between $(0,027-0,037$ MPa) with error 15-22%. Absorption and accumulation increase with the age of growth. In control sample, tensile strength and strain increased with the increase of Mg and Zn accumulation. The increase of tensile strength and strain in the treated sample less than control sample and the strain decrease. The decrease in strain is caused by the content of Mg and Zn metallic element which accumulate at the fiber.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillahirobbil ‘Alamin penulis dapat menyelesaikan skripsinya yang berjudul “**Pengaruh Penyerapan Logam Mg dan Zn Terhadap Sifat Mekanik Serat Batang Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* [Mart.]Solm**”.

Penulis menyadari bahwa selesainya laporan ini berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Adi Susilo, PhD., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.
2. Ibu Istiroyah S.Si., M.T. selaku pembimbing I dan Bapak Ir. D.J.Djoko H.S. M.Phill. PhD. selaku pembimbing II, atas waktu dan bimbingannya.
3. Ibu Sri Herwieningsih S.Si., yang telah memberikan kepercayaan dan kesempatan membatu mengerjakan proyeknya.
4. Ibu Dra.S.J. Iswarin, M.Si., Apt., Alm Bapak Drs. Heru Budiono, M.Sc., Bapak Drs. Achmad Agus Dardiri, M.Si., selaku dosen penguji
5. Keluargaku, bapak, ibu, kakak dan adikku tersayang atas dukungan, semangat, nasehat, materi dan doa yang telah diberikan. Kalian adalah anugrah terindah dalam hidupku
6. Bapak, Ibu Dosen yang telah mengajar selama ini, Seluruh Karyawan dan Laboran Jurusan Fisika F.MIPA Universitas Brawijaya Malang.
7. Temen-temen fisika, khususnya angkatan 2003, temen kost BS7 atas semangat dan kekompakannya.
8. Sudar sekeluarga, Fitri, Iim, Rika, Fafa, Sinichi, Tom, Lely, Mb.Narsih, Mb.Rosi, Siswo, Fikri, Kuni, Nur, Ugi, Catur, Pooh, Bimbie dan orang tersayang atas bantuan dan semangatnya.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, kritik dan saran penulis harapkan demi kesempurnaan laporan . Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Januari 2009

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL -----	i
LEMBAR PENGESAHAN -----	ii
LEMBAR PERNYATAAN -----	iii
ABSTRAK/ABSTRACT -----	iv
KATA PENGANTAR -----	vi
DAFTAR ISI -----	vii
DAFTAR GAMBAR -----	ix
DAFTAR TABEL -----	x
DAFTAR LAMPIRAN -----	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang -----	1
1.2. Rumusan Masalah -----	3
1.3. Batasan Masalah -----	3
1.3. Tujuan Penelitian -----	3
1.4. Manfaat Penelitian -----	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solm) -----	5
2.2. Penyerapan Logam Mg dan Zn Oleh Eceng Gondok -----	6
2.3. Serat Alami -----	7
2.4. Nutrisi Tumbuhan -----	8
2.4.1. Magnesium -----	9
2.4.2. Zinc -----	9
2.5. Karakteristik Mekanik -----	10
2.5.1. Kuat Tarik -----	10
2.5.2. Regangan -----	11
2.5.3. Deformasi -----	12
2.5.4. Modulus Young -----	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian -----	15
3.2. Alat dan Bahan Penelitian -----	15
3.3. Tahapan Penelitian -----	15
3.3.1. Persiapan -----	17

3.3.2. Penumbuhan Eceng Gondok Pada Media BSM -----	18
3.3.3. Penumbuhan Eceng Gondok Pada Media yang Ditambah Mg dan Zn-----	18
3.3.3. Penambahan Nutrisi Eceng Gondok -----	19
3.3.5. Panen -----	19
3.3.6. Pengeringan, Perendaman dan Pengambilan Serat Batang Eceng Gondok -----	19
3.3.7. Pengujian -----	20
3.3.7.1. Uji Penyerapan -----	20
3.3.7.2. Sifat Mekanik -----	20
3.4. Kendala -----	22
3.5. Analisa Data -----	22
3.5.1. Penyerapan Logam Mg dan Zn Oleh Eceng Gondok	22
3.5.2. Kuat Tarik, Regangan, dan Modulus Elastis -----	23
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Penyerapan Logam Mg dan Zn Oleh Eceng Gondok -----	25
4.2. Akumulasi Logam Mg dan Zn Oleh Eceng Gondok -----	27
4.3. Sifat Mekanik Serat Batang Eceng Gondok -----	29
 BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan -----	51
5.2. Saran -----	51
 DAFTAR PUSTAKA -----	
LAMPIRAN -----	
	53
	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Tanaman Eceng Gondok ----- 5
Gambar 2.2	Penampang Melintang Batang Dikotil dan Monokotil ----- 7
Gambar 2.3	Komposisi Fiber ----- 8
Gambar 2.4	Pertambahan Panjang Bahan Akibat Gaya Tarik yang Diberikan ----- 12
Gambar 2.5	Kurva Tegangan-Regangan ----- 12
Gambar 3.2	Alat Uji Tarik ZP Recorder 50N Merk Imada -- 21
Gambar 4.1	Grafik Konsentrasi Logam Mg yang Tersisa Pada Media Tumbuh E.Gondok (mg/ltr) ----- 25
Gambar 4.2	Grafik Konsentrasi Logam Zn yang Tersisa Pada Media Tumbuh E.Gondok (mg/ltr) ----- 26
Gambar 4.3	Grafik Konsentrasi Logam Mg yang Terakumulasi Pada Batang E. Gondok(mg/ltr) 28
Gambar 4.4	Grafik Konsentrasi Logam Zn yang Terakumulasi Pada Batang E.Gondok(mg/ltr) -- 28
Gambar 4.5	Logam Mg yang Bersenyawa dengan Unsur Lain dalam Molekul ----- 30
Gambar 4.6	Grafik Kuat Tarik Serat Batang E.Gondok ----- 31
Gambar 4.7	Penampang Melintang Serat E. Gondok ----- 32
Gambar 4.8	Grafik Regangan Serat Batang Eceng Gondok -- 32
Gambar 4.9	Grafik Kuat Tarik-Regangan Serat Batang E. Gondok Sampel Perlakuan Ulangan 1(U-1) Usia 2 Minggu ----- 34
Gambar 4.10	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang E.Gondok Sampel Perlakuan Ulangan 1(U-1) Usia 4 Minggu ----- 35
Gambar 4.11	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Perlakuan Ulangan 1 (U-1) Usia 6 Minggu ----- 36
Gambar 4.12	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang E.Gondok Sampel Perlakuan Ulangan 1(U-1) Usia 8 Minggu ----- 37

Gambar 4.13	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Perlakuan Ulangan 1 (U-1) Usia 10 Minggu -----	38
Gambar 4.14	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Perlakuan Ulangan 2 (U-2) Usia 2 Minggu -----	39
Gambar 4.15	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Perlakuan Ulangan 2 (U-2) Usia 4 Minggu -----	40
Gambar 4.16	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Perlakuan Ulangan 2 (U-2) Usia 6 Minggu -----	41
Gambar 4.17	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Perlakuan Ulangan 2 (U-2) Usia 8 Minggu -----	42
Gambar 4.18	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Perlakuan Ulangan 2 (U-2) Usia 10 Minggu -----	43
Gambar 4.19	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Kontrol (C) Usia 2 Minggu -----	44
Gambar 4.20	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Kontrol (C) Usia 4 Minggu -----	45
Gambar 4.21	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Kontrol (C) Usia 6 Minggu -----	46
Gambar 4.22	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Kontrol (C) Usia 8 Minggu -----	47
Gambar 4.23	Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Kontrol (C) Usia 10 Minggu -----	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Karakteristik Logam Mg -----	9
Tabel 2.2. Karakteristik Logam Zn -----	10
Tabel 4.1. Konsentrasi Logam Mg dan Zn yang Tersisa Pada Media Tumbuh Eceng Gondok -----	25
Tabel 4.2. Konsentrasi Logam Mg dan Zn yang Terakumulasi Pada Batang Eceng Gondok -----	28
Tabel 4.3. Kuat Tarik Serat Batang Eceng Gondok -----	31
Tabel 4.4. Regangan Serat Batang Eceng Gondok -----	32
Tabel 4.5. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik- Regangan Sampel Perlakuan Ulangan 1 (U-1)Usia 2 Minggu -----	34
Tabel 4.6. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik- Regangan Sampel Perlakuan Ulangan 1 (U-1)Usia 4 Minggu -----	35
Tabel 4.7. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik- Regangan Sampel Perlakuan Ulangan 1 (U-1)Usia 6 Minggu -----	36
Tabel 4.8. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik- Regangan Sampel Perlakuan Ulangan 1 (U-1)Usia 8 Minggu -----	37
Tabel 4.9. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik- Regangan Sampel Perlakuan Ulangan 1 (U-1)Usia 10 Minggu -----	38
Tabel 4.10. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik- Regangan Sampel Perlakuan Ulangan 2 (U-2)Usia 2 Minggu -----	39
Tabel 4.11. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik- Regangan Sampel Perlakuan Ulangan 2 (U-2)Usia 4 Minggu -----	40
Tabel 4.12. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik- Regangan Sampel Perlakuan Ulangan 2 (U-2)Usia 6 Minggu -----	41
Tabel 4.13. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik- Regangan Sampel Perlakuan Ulangan 2 (U-2)Usia 8 Minggu -----	42

Tabel 4.14. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik-Regangan Sampel Perlakuan Ulangan 2 (U-2)Usia 10 Minggu -----	43
Tabel 4.15. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik-Regangan Sampel Kontrol Usia 2 Minggu -----	44
Tabel 4.16. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik-Regangan Sampel Kontrol Usia 4 Minggu -----	45
Tabel 4.17. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik-Regangan Sampel Kontrol Usia 6 Minggu -----	46
Tabel 4.18. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik-Regangan Sampel Kontrol Usia 8 Minggu -----	47
Tabel 4.19. Modulus Young dan R^2 Daerah Elastis Kuat Tarik-Regangan Sampel Kontrol Usia 10 Minggu -----	48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Pembuatan Larutan BSM Untuk Media Tumbuh -----	57
Lampiran 2. Perhitungan Pembuatan Larutan Mg dan Zn Untuk Media Tumbuh -----	58
Lampiran 3. Data Hasil Penelitian -----	59
Lampiran 4. Foto Eceng Gondok -----	61
Lampiran 5. Penanaman Eceng Gondok dan Faktor Yang Mempengaruhi Kegagalannya -----	62



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Eceng gondok (*Eichornia crassipes* [Mart.] Solm) merupakan tumbuhan yang hidup di perairan tawar seperti danau, sungai atau waduk. Eceng gondok dikenal sebagai gulma perairan yang sulit diberantas (Suarna,1990). Eceng gondok mempunyai kemampuan berkembang biak secara vegetatif /stolon dengan cepat dan daya tahan hidupnya tinggi. Perkembangbiakan eceng gondok yang tak terkendali dapat menyebabkan pendangkalan pada danau, sungai, waduk atau daerah perairan tawar lainnya (Supriyanto dan Sipon, 1999).

Menurut Hernowo, S. dan Sipon Muladi (1999) dari sisi hidrologi eceng gondok dapat menyebabkan habitat tumbuhnya kehilangan air permukaan sampai empat kali lipat jika dibandingkan dengan permukaan terbuka, dalam kurun waktu 3-4 bulan mampu menutupi lebih dari 70% permukaan danau, menyebabkan tertutupnya alur lalu lintas perairan, selain itu juga dapat menghalangi cahaya dan oksigen yang akan didistribusikan ke dalam perairan.

Eceng gondok selain mempunyai sisi negatif juga mempunyai sisi positif. Eceng gondok dapat berperan sebagai biofilter yang dapat mereduksi Na^+ dan Mg^{2+} pada buangan limbah, menurunkan kandungan logam berat seperti Hg, Pb dan Zn (Suriawiria, 2003). Selain itu eceng gondok dapat menyerap logam berat dalam jumlah yang besar. Logam berat yang dapat diserap adalah Besi (Fe), Timbal (Pb), Kadmiun (Cd), Merkury (Hg), Nikel (Ni) dan Chrom (Cr), magnesium (Mg) dan Zinc (Zn) (Dea, H.,2003). Logam Magnesium di serap oleh tumbuhan untuk mengaktifkan banyak enzim yang diperlukan dalam fotosintesis dan respirasi, sedangkan zinc dibutuhkan untuk pertumbuhan batang. Logam-logam yang terserap oleh tumbuhan akan dikonsentrsikan pada akar, batang dan daun(Bennett, 1993).

Beberapa metode telah dikembangkan untuk memberantas eceng gondok dan mengurangi limbah perairan (ion logam) diantaranya: *precipitation*, *electrodeposition*, *ultrafiltration*, pertukaran ion (ion exchange), absorpsi karbon aktif dan proses

biologi. Metode absorpsi dibandingkan dengan metode lain mempunyai keuntungan yang lebih efektif dan efisien (Shekinah, P., dkk. 2002). Menurut Hasim, D.(2003) pemberantasan eceng gondok dengan cara kimia (*reaksi chelating yaitu pemberian senyawa asam yang bisa mengikat logam berat sehingga terbentuk garam dan mengendap*) kurang efektif karena cara ini mahal dan logam berat masih tetap dalam perairan meskipun dalam keadaan terikat dengan unsur/senyawa lain. Cara yang efektif menurutnya adalah dengan memanfaatkan eceng gondok baik secara tradisional maupun secara modern.

Di Indonesia terdapat eceng gondok dalam jumlah yang melimpah, tetapi selama ini pemanfaatannya masih belum maksimal. Padahal eceng gondok mempunyai potensi yang sangat besar diantaranya merupakan lignoselulosa yang memiliki kadar serat yang sangat tinggi dapat dimanfaatkan menjadi pakan ternak, pupuk, bahan dasar kertas, karpet, asesoris, mebel, dan serat alaminya juga dapat digunakan untuk bahan biokomposit (Dea, H. 2003).

Pemanfaatan serat eceng gondok yang belum maksimal dikarenakan belum diketahui sifat kimia, fisis, mekanik, dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Sifat kimia serat mencakup kadar holloselulosa, sellulosa, lignin dan protein. Sedangkan sifat fisik mencakup dimensi serat yaitu rasio panjang, diameter serat, kuat tarik, serta struktur serat yang meliputi kerapatan, ketebalan dinding sel, panjang trakeid dan diameter. Menurut Rowell *et all* (2008), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik serat diantaranya adalah bagian mana serat diambil dan umur tanaman ketika serat dipanen. Faktor lingkungan juga memberi pengaruh terhadap karakteristik serat. Kemampuan eceng gondok menyerap dan mengakumulasi logam berat juga mempengaruhi sifat serat. Dari sisi mekanik, logam dapat berfungsi sebagai penguat.

Hasil penelitian Andi Catur P.(2006) menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan logam dalam serat dapat meningkatkan konduktivitas serat. Namun pengaruh kandungan logam Mg dan Zn pada serat batang eceng gondok belum diketahui secara pasti. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penyerapan logam Mg dan Zn terhadap sifat mekanik serat batang eceng gondok sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas masalah yang akan diteliti adalah:

1. Bagaimana kemampuan eceng gondok menyerap logam Mg dan Zn?
2. Bagaimana pengaruh penyerapan logam Mg dan Zn terhadap sifat mekanik serat batang eceng gondok?

1.3 Batasan Masalah

1. Medium yang digunakan untuk penumbuhan eceng gondok berasal dari medium asli tempat eceng gondok tumbuh. Untuk selanjutnya di tambahkan Basal Salt Medium (BSM).
2. Bibit eceng gondok yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari perkembangbiakan secara vegetatif(stolon) dengan karakteristik usia kira-kira 2 minggu, jumlah batang dan jumlah daun 8 buah, diameter gelembung kira-kira 6 cm dan kondisi awal dianggap sama.
3. Diameter serat yang di uji tarik dari ujung hingga pangkal di anggap sama.
4. Eceng gondok yang ditanam dianggap mempunyai kemampuan yang sama dalam menyerap logam.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui bagaimana kemampuan eceng gondok menyerap logam Mg dan Zn
2. Mengetahui pengaruh penyerapan logam Mg dan Zn terhadap sifat mekanik serat batang eceng gondok.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mendukung pengembangan pengendalian limbah perairan
2. Mendukung pengembangan pemanfaatan tanaman eceng gondok sebagai salah satu sumber serat alami untuk bahan biokomposit.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dkosongkan)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)

Eceng gondok (*Eichornia crassipes* [Mart.] Solm) merupakan tumbuhan air tawar yang berasal dari Brazil. Di Indonesia eceng gondok pada mulanya diperkenalkan oleh Kebun Raya Bogor pada tahun 1894. Eceng gondok kemudian berkembang biak secara pesat di Sungai Ciliwung dan dikenal sebagai gulma perairan.

Eceng gondok tumbuh di perairan tawar, kadang-kadang berakar dalam tanah. Tumbuh pada daerah dengan ketinggian tempat berkisar antara 0 – 1600 m di atas permukaan laut, iklim tropis atau sub tropis, tidak dapat tumbuh pada daerah yang beriklim dingin. Eceng gondok dapat berkembangbiak secara generatif dan vegetatif. Perkembangbiakan secara vegetatif dengan menggunakan stolon dan memegang peranan penting dalam pembentukan koloni (Brij dan Sarman, 1981; dalam Supriyanto dan Sipon, 1999).



Menurut Moenandir (1990), secara botani eceng gondok mempunyai klasifikasi sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisio	: <i>Magnoliophyta</i>
Sub divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Klas	: <i>Liliopsida</i>
Ordo	: <i>Liliales</i>
Familia	: <i>Pontederiaceae</i>
Genus	: <i>Eichornia</i> Kunth
Jenis	: <i>Eichornia crassipes</i> (Mart.) Solms.

Gambar 2.1 Tanaman eceng gondok (*eichornia crassipes* Mart.] solm)
(Sumber: Anonymous, 2005^a).

Secara fisiologis tumbuhan eceng gondok mempunyai tinggi kira-kira 0,4–0,8 meter, mempunyai batang, ujung dan pangkal tangkai daun menggelembung, daunnya tunggal berbentuk oval, ujung dan pangkal daunnya meruncing, permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Bijinya berbentuk bulat dan

berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Mempunyai akar serabut, pada akar serabut terdapat xylem dan floem yang kecil dimana xylem dan floem tersebut mampu menyerap logam dalam perairan terutama perairan yang tercemar limbah.

2.2 Penyerapan Logam Mg dan Zn Oleh Eceng Gondok

Dalam istilah biologi biosorpsi/ penyerapan diartikan sebagai proses pengambilan atau perpindahan suatu zat dari luar sistem menuju ke dalam sistem oleh material biologi. Material biologi dapat berupa alga, mikroorganisme, atau tumbuhan. Mekanisme pengikatan logam oleh material biologi dapat dibedakan menjadi dua yaitu pengambilan secara pasif (*passive uptake*) dan pengambilan secara aktif (*active uptake*).

Pengambilan secara pasif berlangsung cepat, bersifat bolak-balik, dapat terjadi pada sel hidup maupun sel mati dan tidak tergantung pada metabolisme sel. Pengambilan secara pasif dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis dan konsentrasi logam, biomassa, jenis dan konsentrasi awal larutan, suhu, PH penyerapan, dan keberadaan ion logam lain dalam larutan (Tam dan Wong,2000).

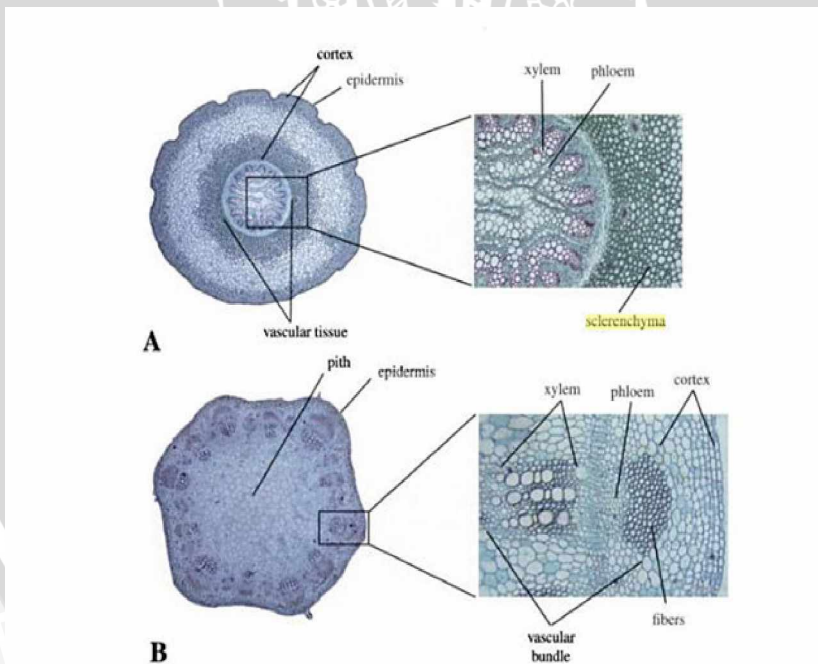
Pengambilan secara aktif berlangsung lebih lambat, melibatkan aktivitas metabolisme sel dan tidak bersifat bolak-balik. Logam yang diambil akan diakumulasi pada organ sel melalui serangkaian reaksi biokimia. Proses ini dikenal dengan bioakumulasi. Bioakumulasi dipengaruhi oleh sifat fisiologis sel dan hanya terjadi pada sel hidup (Ford dan Mitchell,1992).

Eceng gondok merupakan tumbuhan yang dapat menyerap logam berat yang terlarut pada media tumbuh dalam jumlah besar. Kadar logam berat dalam tubuh eceng gondok meningkat dan dalam media cair menurun (Muers,1980; dalam Moenandir, J. dan S.Hidayat. 2006). Eceng gondok menyerap logam secara aktif dan pasif. Penyerapan pasif ditandai logam hanya diserap saja sedang penyerapan aktif logam yang diserap diakumulasi dalam organnya. Logam yang diserap tidak semuanya diakumulasi karena digunakan untuk metabolisme tubuh sedangkan sisanya diakumulasi dalam akar, batang dan daun. Logam yang diakumulasi pada akar lebih besar jika dibandingkan pada batang dan daun karena akar merupakan pusat penyerapan. Logam yang dikumulasi pada batang sebagian akan diakumulasi pada seratnya.

2.3 Serat Alami

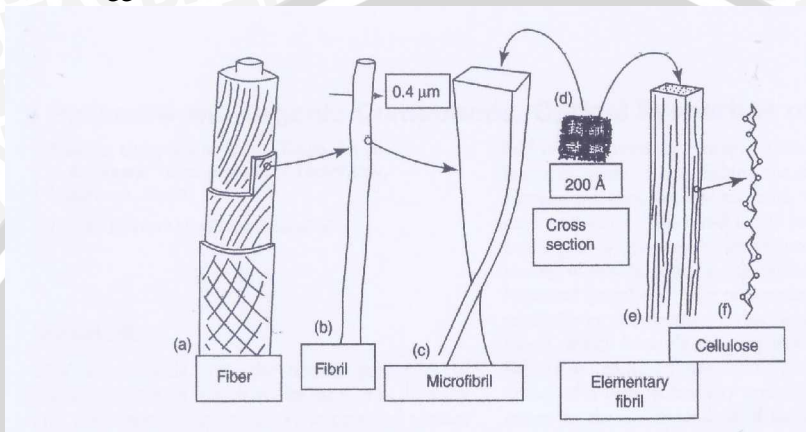
Serat (*Fiber*) merupakan komponen dari jaringan sklerenkim yang mati pada saat dewasa. Jaringan Sklerenkim terbentuk dari penebalan dinding sel skunder, umumnya diperkuat oleh lignin. Berfungsi sebagai jaringan penyokong pada tumbuhan. Sel sklerenkim dewasa tidak mempunyai protoplas saat kematangan fungsional. Sel sklerenkim terdiri dari serat (*fiber*) dan sklereid. Serat umumnya terdapat pada jaringan vaskuler dan jaringan dasar (meristem).

Berdasarkan letaknya pada tumbuhan serat dibedakan menjadi dua tipe dasar yaitu serat pada xylem dan ekstraxylem. Serat xylem merupakan bagian terpadu pada xylem dan berkembang dari jaringan meristem yang sama. Serat ekstraxylem terdapat pada bagian diantara unsur xilem dikorteks atau disekitar unsur floem. (Fahn,1982). Berikut gambaran serat yang ada pada batang dikotil dan monokotil.



Gambar 2.2 Penampang melintang batang dikotil & monokotil (Rowell, et all, 2008).

Serat tunggal yang berasal dari tumbuhan terdiri dari bahan utama selulosa, hemiselulosa dan lignin, dengan sejumlah kecil gula, zat tepung, protein, enzim dan bahan inorganik. Berikut morfologi serat tunggal :



Gambar 2.3. Komposisi Fiber (Pethrick,2005)

Efektivitas pemanfaatan serat alami dipengaruhi sifat fisika dan sifat kimia serat. Sifat kimia serat berbeda antara tanaman yang satu dengan yang lain serta antara bagian yang satu dengan yang lain pada tanaman yang sama. Sifat kimia serat mencakup kadar holloseulosa, sellulosa, lignin dan protein, kadar gula, kandungan inorganik dan lainnya. Sedangkan sifat fisik serat mencakup dimensi serat, rasio panjang, diameter serat, kuat tarik, struktur serat. Struktur serat meliputi kerapatan, ketebalan dinding sel, panjang trakeid dan diameter. Faktor yang mempengaruhi sifat serat diantaranya dari bagian mana serat diambil, umur tanaman ketika serat dipanen. Sifat serat akar akan berbeda dengan sifat serat batang dan serat daun (Rowell et all,2008).

2.4 Nutrisi Tumbuhan

Tumbuhan mempertahankan ekosistemnya agar tetap hidup dengan cara mentransformasi senyawa anorganik menjadi senyawa organik dari media tumbuh dan lingkungan sekitarnya. Nutrisi mineral adalah unsur kimia esensial yang diserap dari media tumbuh dalam bentuk ion anorganik. Pada tumbuhan sekitar 15-20% terdiri dari unsur anorganik pembangun tubuh (Sallisbury, 1995).

Secara garis besar nutrisi untuk tumbuhan dibedakan menjadi dua yaitu nutrisi makro dan nutrisi mikro. Nutrisi makro merupakan unsur yang diperlukan tumbuhan dalam jumlah yang relatif besar. Nutrisi mikro merupakan unsur-unsur yang diperlukan tumbuhan dalam jumlah yang sangat sedikit. Contoh unsur makro pada tumbuhan adalah Magnesium sedangkan unsur mikro adalah Zinc (Bennett,1993).

2.4.1 Magnesium (Mg)

Magnesium oleh tumbuhan diserap dalam bentuk Mg^{2+} . Magnesium dalam susunan berkala terdapat dalam golongan alkali tanah (IIA), berwarna putih keperakan dan memiliki tingkat keelektronegatifan tinggi. Magnesium dalam bentuk serbuk mudah terbakar dengan nyala api warna putih. Karakteristik lain Magnesium adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Karakteristik Logam Mg

Sifat	Harga
Konfigurasi elektron	$[Ne] 3s^2$
Bilangan elektron	2, 8, 2
Titik lebur	923 ⁰ K (650 ⁰ C, 1202 ⁰ F)
Titik didih	1363 ⁰ K (1090 ⁰ C, 1994 ⁰ F)
Modulus Young	45 Gpa
Keelektronegatifan	1.31 (Skala pauling)

(Anonumous,2005^c)

Magnesium terdapat pada klorofil. Magnesium berfungsi mengaktifkan banyak enzim yang diperlukan dalam fotosintesis dan respirasi. Selain itu magnesium dapat bergabung dengan ATP menjadikan ATP berfungsi dalam berbagai reaksi misalnya pembentukan DNA dan RNA. Kekurangan magnesium dapat menyebabkan klorosis pada daun tua. Biasanya klorosis ini tampak diantara urat daun karena sel mesofil di dekat ikatan pembuluh mempertahankan klorofil lebih lama daripada sel parenkim diantaranya (Sallisbury, 1995).

2.4.2 Zinc (Zn)

Zinc diserap tumbuhan dalam bentuk Zn^{2+} . Zinc merupakan logam yang memiliki daya oksidasi yang tinggi. Berikut karakteristik logam Zn:

Tabel 2.2. Karakteristik Logam Zn

Sifat	Harga
Nomor atom	30
Rapat massa (density pada 25 ⁰ C)	7140 kg/m ³
Modulus elastisitas	7 x 10 ⁴ MN/m ²
Kuat tarik	28 MN/m ² (4,000 psi)
Viskosity, liquid (419.5 ⁰ C)	3.67 km/s

(Anonymous, 2005^d)

Dalam tumbuhan, unsur Zn dibutuhkan dalam pembentukan triptofan, merangsang sintesa sitokrom C dan berperan sebagai kofaktor enzim dehidrogenase. Kekurangan Zn dapat menyebabkan daun kerdil karena terhambatnya pertumbuhan daun muda dan ruas batang. Tepi daun sering tampak berkerut, klorosis di bagian antar urat daun. Gejala ini menunjukkan bahwa Zn ikut serta dalam pembentukan klorofil, mencegah perusakan klorofil dan lambatnya pertumbuhan batang (Sallisbury, 1995).

2.5 Karakteristik Mekanik

Sifat mekanik/ karakteristik mekanik suatu material adalah sifat material yang dipengaruhi oleh pemberian gaya dari luar, sifat mekanik menunjukkan respon material terhadap gaya atau beban yang mengenainya. Tiap material mempunyai sifat mekanik yang berbeda-beda meliputi kuat tarik, persen pemanjangan, kekerasan, kekuatan impak, kekakuan dan lain sebagainya. Sifat mekanik material dan respon material terhadap gaya yang diberikan tergantung pada ikatan atom-atom didalamnya, susunannya, cacat pada bahan tersebut. Sifat mekanik juga menentukan fungsi dan kegunaan material dalam berbagai aplikasi (Mercier, Zambelli, Wilfried, 2002).

2.5.1 Kuat Tarik

Kuat tarik (*stress*) dilambangkan σ . Kuat tarik merupakan kemampuan suatu bahan menahan besarnya gaya tarik maksimum yang diberikan terhadap luas penampang A selama pengukuran berlangsung (Giancoli, 2001). Menurut Stevens dan Sopyan (2001) kekuatan tarik diukur dengan menarik sampel dengan dimensi yang seragam.

Nilai *stress* (σ) dapat diketahui dengan memberikan gaya (F) dengan nilai tertentu, pada bahan uji pada luas penampang A . Persamaan yang menghubungkan kuat tarik, gaya yang diberikan dan luas penampang yang dikenai gaya dapat ditunjukkan oleh rumus berikut:

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

nilai kuat tarik dinyatakan dalam N/m^2 atau Pa (Mercier, dkk, 2002).

Apabila suatu bahan diberi gaya luar (F) maka akan terjadi perubahan bentuk dan ukuran. Selama pemberian gaya, bahan akan memberikan gaya reaksi terhadap tarikan yang diberikan. Tarikan tersebut akan tersebar merata pada luas penampang A . Jika gaya tersebut terus menerus diberikan maka bahan tersebut akan mengalami kerusakan (putus).

Uji tarik akan memberikan informasi tentang sifat elastis atau plastis bahan. Sifat elastis merupakan sifat dimana deformasi yang dialami oleh suatu bahan bersifat reversibel ketika gaya tarik dihilangkan. Sifat plastis merupakan sifat dimana deformasi bahan bersifat irreversibel.

2.5.2 Regangan

Bahan apabila dikarakterisasi dengan uji tarik akan mengalami tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*). Regangan akibat tarikan merupakan rasio antara pertambahan panjang dengan panjang awal. Regangan disimbolkan (ε), nilai regangan (ε) diperoleh dengan membagi nilai perubahan panjang (Δl) sampel setelah dikenai gaya dengan panjang mula-mula (l_0). Rumusan regangan dapat dinyatakan sebagai berikut (Mercier, Zambelli, Wilfried, 2002):

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.2)$$

Proses regangan adakalanya diiringi oleh pengurangan luasan penampang/ pemanjangan (*elongation*). Pemanjangan (*elongation*) dibedakan menjadi dua yaitu *Ultimate elongation* dan *elastic elongation*. *Ultimate elongation* merupakan pemanjangan

maksimum yang dapat dicapai material sesaat sebelum putus akibat gaya yang diberikan. *Elastic elongation* merupakan pemanjangan yang dapat dicapai oleh material tanpa disertai deformasi permanen. Apabila gaya tarik dihilangkan maka dimensi dan bentuk material akan kembali pada keadaan semula. Persen pemanjangan digunakan untuk mengetahui kekenyalan bahan. Gambar 2.3 berikut menunjukkan sampel yang mengalami pertambahan panjang akibat gaya tarik:

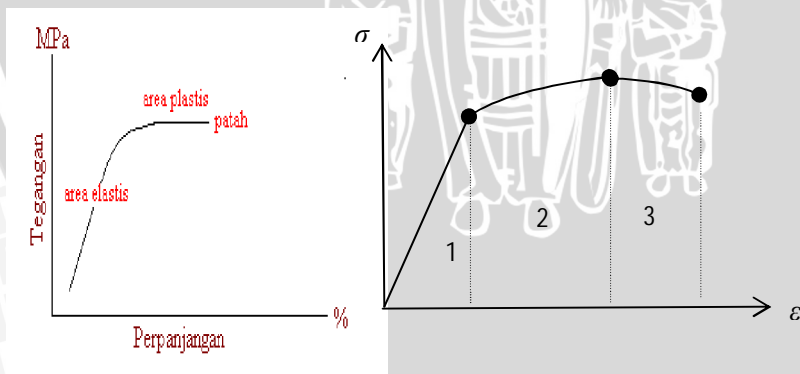


Gambar 2.4 Pertambahan Panjang Bahan Akibat Gaya Tarik

2.5.3 Deformasi

Deformasi terjadi akibat adanya gaya tarik luar yang lebih besar dibandingkan gaya ikat antar atom. Secara umum deformasi dibagi menjadi tiga tipe yaitu (Anonymous, 2008^o):

1. Deformasi Elastis
2. Deformasi Plastis
3. Deformasi Patahan



Gambar 2.5 Kurva Tegangan-Regangan

Bahan dikatakan mengalami deformasi elastis jika bahan tersebut dikenai gaya tarik bersifat *reversible* (segera kembali ke bentuk semula) ketika gaya yang mengenainya dihilangkan (Anonymous, 2008^e). Deformasi elastis terdapat pada bagian yang jika diberikan gaya tidak menimbulkan perpindahan atom secara permanen, sebab seiring dengan hilangnya gaya, atom-atom akan kembali pada kedudukan semula (Smith, 1985).

Deformasi plastis terjadi pada suatu bahan bila gaya dihilangkan akan meninggalkan deformasi secara permanen, bahkan bisa terjadi perpatahan karena pemutusan rantai ikatan pada area tertentu (Smith, 1985). Deformasi plastis ditandai dengan adanya regangan yang bersifat permanen (*irreversible*) tanpa disertai timbulnya retakan yang tampak pada material. Kerusakan permanen terjadi tetapi masih dalam skala mikroskopik (Anonymous, 2008^e).

Pada deformasi patahan, akan tampak adanya retakan pada bahan hingga bahan tersebut patah (Anonymous, 2008^e). Untuk material yang bersifat ulet, biasanya sebelum patah, terjadi *necking* dimana gaya terlokalisasi pada titik tertentu (Callister, 2003).

2.5.4 Modulus Young

Pada deformasi elastis, kuat tarik dan regangan membentuk kurva linear seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4. Kuat tarik dan regangan memiliki hubungan kesebandingan yang dikenal sebagai hukum Hooke. Hukum Hooke tentang kesebandingan kuat tarik dan regangan ditunjukkan oleh rumus berikut:

$$\sigma = E\varepsilon \quad (2.3)$$

E merupakan konstanta kesebandingan atau disebut juga Modulus Elastis/ Modulus Young. Modulus young atau biasa disebut modulus elastis menunjukkan seberapa besar tegangan bahan berubah mengikuti regangannya. Semakin tinggi modulus young suatu bahan, menunjukkan bahwa bahan tersebut semakin kaku atau elastisitasnya kecil. Sebaliknya semakin kecil nilai modulus Young, berarti sifatnya semakin elastis (Callister, 2003).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini Sengaja dikosongkan)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan April 2007–Oktober 2008 di Laboratorium Biofisika F.MIPA universitas Brawijaya Malang. Penelitian ini membutuhkan waktu yang lama karena mengalami beberapa kendala terutama sulitnya menumbuhkan eceng gondok. Eceng gondok yang diuji pada penelitian ini merupakan hasil penanaman yang ke enam. Kegagalan penanaman eceng gondok dan faktor-faktor yang mempengaruhi dapat dilihat pada lampiran.

Penumbuhan Eceng Gondok dilakukan di habitat asli tempat eceng gondok tumbuh yaitu di Desa Jeding Kecamatan Junrejo Kota Batu. Penumbuhan eceng gondok pada tempat ini bertujuan untuk mengadaptasikan eceng gondok dengan habitat aslinya.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

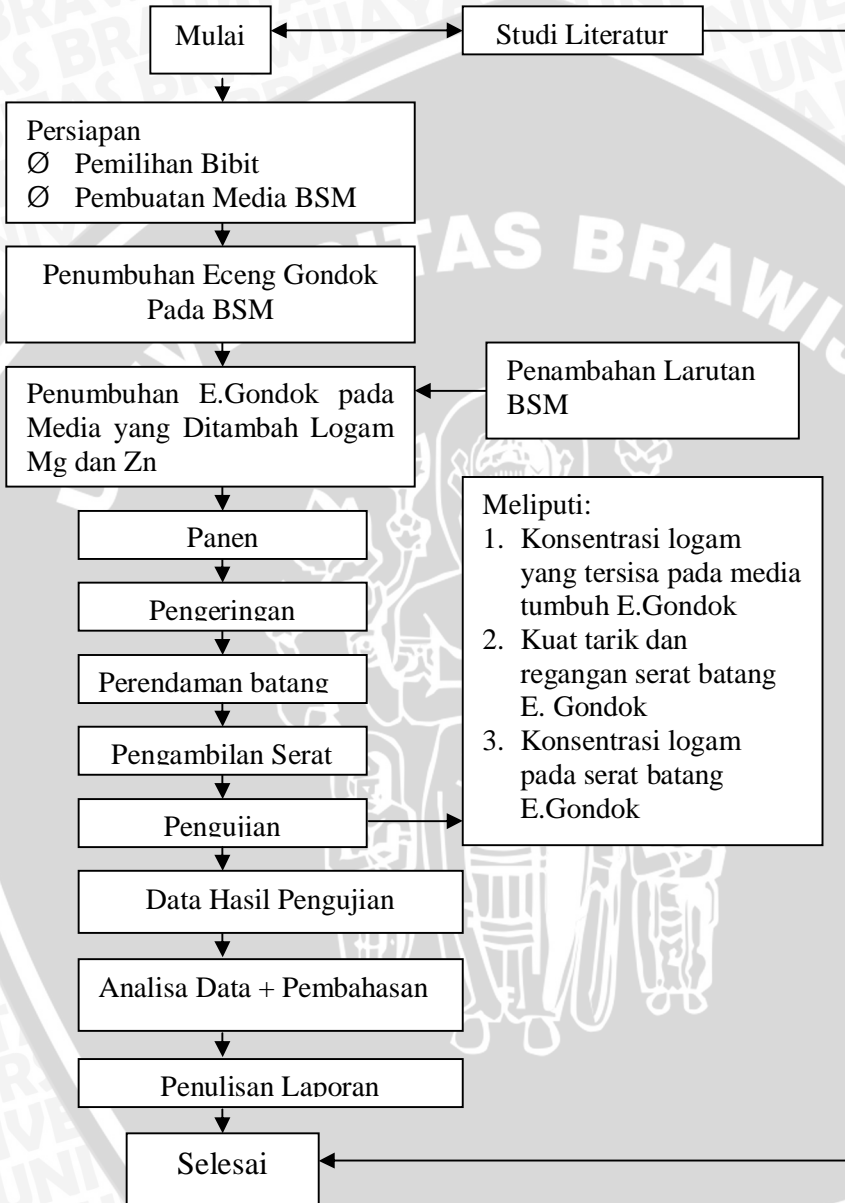
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: alat uji AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*), alat uji tarik, oven, blender, cobek dan ulekannya, timbangan digital, desikator, bak plastik, jurigen, jarum, gelas ukur, penggaris.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah $MgCl_2$, $ZnCl_2$, KCl, $CaCl_2$, NaCl, NaOH, HCl, Air Kolam (habitat asli eceng gondok yang diteliti), Aquades.

3.3 Tahapan Penelitian

Pada dasarnya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan logam Mg dan Zn terhadap pada eceng gondok terhadap sifat mekanik seratnya. Tahapan – tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat di lihat pada gambar 3.1

Diagram Alir Penelitian



3.3.1 Persiapan

Maksud persiapan pada penelitian ini adalah pemilihan bibit eceng gondok untuk diteliti dan pembuatan larutan BSM (*Basal Salt Medium*) untuk media tumbuh. Bibit yang akan ditanam diambil langsung dari kolam dengan kriteria berasal dari perkembangbiakan secara vegetatif/ stolon, usia ± 2 minggu, jumlah batang dan daun 8 buah, diameter gelembung ± 6 cm dan dianggap seragam kondisi awalnya.

Bibit yang ditumbuhkan berjumlah 15 buah, 5 buah kontrol (C) dan 10 buah untuk perlakuan (5 buah U-1 dan 5 buah U-2). Kontrol merupakan eceng gondok yang tidak ditambah logam Mg dan Zn, sedangkan U merupakan eceng gondok yang diberi perlakuan ditambah logam Mg dan Zn pada media tumbuhnya. U terdiri dari U-1 dan U-2, U-1 merupakan ulangan satu sedangkan U-2 merupakan ulangan dua.

Media BSM (*Basal Salt Medium*) berupa larutan 0.1 mM NaCl dengan pH 6. Media BSM yang dibuat terdiri dari CaCl_2 , KCl, NaCl, NaOH dan HCl. NaOH dan HCl digunakan untuk menambah larutan agar mempunyai pH sama dengan 6. Untuk membuat larutan BSM tersebut digunakan rumusan sebagai berikut (Elitania, Fransisca.2004):

Mol zat terlarut = Molaritas Larutan (mol/L) x V. Larutan (L)

$$\text{Berat zat terlarut (gram/mol)} = \frac{\text{MolZatTerlarut}}{\text{ZatTerlarut}} \times \text{BeratMolekul} \quad (3.1)$$

Untuk perhitungan pembuatan larutan BSM berdasarkan rumus di atas dapat dilihat pada lampiran 1.

Setelah berat masing-masing zat terlarut diketahui maka zat-zat terlarut tersebut dimasukkan ke dalam bak plastik yang sudah di isi aquades. Untuk mengetahui pH-nya diuji dengan menggunakan pH meter. Jika pH-nya belum standart (belum = 6) ditambahkan aquades dan ditambah NaOH atau HCl. Penambahan NaOH akan menjadikan larutan BSM semakin basa (menaikkan pH BSM) sedangkan penambahan HCl akan menjadikan larutan BSM semakin asam (menurunkan pH). Pada saat penambahan aquades dan NaOH atau KCl larutan diaduk agar dapat tercampur dengan homogen.

3.3.2 Penumbuhan Eceng Gondok Pada Media BSM

Bibit eceng gondok yang telah dipilih (yang diberi perlakuan maupun tidak diberi perlakuan) ditumbuhkan pada media BSM (*Basal Salt Medium*) selama satu minggu. Penumbuhan pada media BSM bertujuan untuk mengadaptasikan eceng gondok dengan larutan BSM sebelum ditumbuhkan pada media yang ditambah logam Mg dan Zn.

3.3.3 Penumbuhan Eceng Gondok Pada Media Yang Ditambah Logam Mg dan Zn

Eceng gondok setelah ditumbuhkan pada media BSM (*Basal Salt Medium*) selama satu minggu kemudian ditumbuhkan pada media yang ditambahkan logam Mg dan Zn dengan konsentrasi 10 ppm (mg/lt). Logam Mg dan Zn yang digunakan tidak dalam bentuk murni Mg dan Zn tetapi dalam bentuk garam yaitu $MgCl_2$ dan $ZnCl_2$. Untuk membuat media tumbuh eceng gondok yang ditambah logam dengan konsentrasi tertentu (dalam ppm) pada volume tertentu digunakan rumusan sebagai berikut (Catur, Andi, 2003):

$$ppm = \frac{MassaTerlarut}{Vpelarut} = \frac{mg}{L}$$

Massa Atom (Mg^{2+} atau Zn^{2+} Bentuk murni) = ppm (mg/L) x Vpel(L)

$$Ms.Atom(Mg^{2+} \text{ atau } Zn^{2+} \text{ Bentuk Garam}) = \frac{BM \cdot MgCl_2}{ArMg} \times Ms.At \text{ Murni}$$

(3.2)

Untuk perhitungan pembuatan larutan yang ditambah logam Mg dan Zn untuk media tumbuh eceng gondok berdasarkan rumus di atas dapat dilihat pada lampiran 2.

Mengacu hasil perhitungan pada lampiran, ambil dan ukur air kolam (habitat asli eceng gondok) sebanyak 300 liter, taruh pada bak plastik yang sebelumnya sudah dibersihkan. Masukkan $MgCl_2$ dan $ZnCl_2$ ke dalam bak tersebut aduk hingga merata. Ambil 10 timba kemudian masukkan larutan yang sudah ditambah logam Mg dan Zn kedalam timba. Untuk masing-masing timba sebanyak 20 liter. Sebagai kontrol ambil 5 buah timba, isi timba tersebut dengan air kolam masing-masing timba diisi dengan volume 20 liter.

3.3.4 Penambahan Nutrisi Eceng Gondok

Media tumbuh eceng gondok tiap satu minggu sekali ditambah larutan BSM (*Basal Salt Medium*). Larutan BSM (*Basal Salt Medium*) dan media BSM (*Basal Salt Medium*) mempunyai perbedaan, media BSM (*Basal Salt Medium*) merupakan media yang digunakan untuk mengadaptasikan eceng gondok sebelum ditumbuhkan pada media yang ditambah logam Mg dan Zn, sedangkan larutan BSM (*Basal Salt Medium*) merupakan larutan yang dibuat dan ditambahkan sebagai nutrisi eceng gondok dalam kelangsungan hidupnya sampai eceng gondok tersebut dipanen.

Penambahan larutan BSM (*Basal Salt Medium*) bertujuan untuk mencukupi nutrisi selama pertumbuhan dan menggantikan air yang terserap oleh eceng gondok atau yang telah menguap akibat respirasi. Larutan Basal Salt Medium dibuat mengandung 0,1 mM NaCl dengan PH 6. Pembuatan larutan BSM (*Basal Salt Medium*) sama seperti pada tahap persiapan hanya saja volume yang digunakan sebesar 250 ml.

3.3.5 Panen

Eceng gondok dipanen setelah berumur 2, 4, 6, 8, dan 10 minggu dari penanaman awal. Potong ujung batang eceng gondok yang berbatasan dengan daun dan pangkal eceng gondok yang berbatasan dengan akarnya secara vertikal. Pisahkan eceng gondok berdasarkan akar, batang dan daunnya untuk dikeringkan.

3.3.6 Pengeringan, Perendaman dan Pengambilan Serat Batang Eceng Gondok

Batang eceng gondok sebelum di oven di angin-anginkan dahulu selama 1 hari agar layu. Batang eceng gondok yang sudah layu dioven pada suhu 60°C sampai kering (± 3 hari). Batang eceng gondok yang sudah kering kemudian direndam.

Pada tahap perendaman, Batang eceng gondok yang di rendam hanya batang utama dan batang yang mempunyai kriteria panjangnya minimal 20 cm. Batang eceng gondok direndam dengan menggunakan aquades. Perendaman batang eceng gondok dilakukan sampai batang eceng gondok tersebut *nyunyut*. Perendaman eceng gondok membutuhkan waktu kurang lebih 1 minggu. Kemudian diambil seratnya.

Pada tahap pengambilan serat, batang eceng gondok yang telah nyunyut diambil seratnya dengan jarum perhelai kemudian di angin-anginkan dan disimpan untuk dilakukan pengujian selanjutnya.

3.3.7 Pengujian

Uji yang dilakukan pada penelitian ini adalah: penyerapan eceng gondok terhadap logam Mg dan Zn, Akumulasi logam Mg dan Zn pada batang eceng gondok dan sifat mekanik serat batang eceng gondok.

3.3.7.1 Uji Penyerapan Eceng Gondok

Tujuan uji penyerapan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah eceng gondok menyerap logam Mg dan Zn yang ditambahkan pada media tumbuhnya. Terjadinya penyerapan oleh eceng gondok diketahui dari besarnya konsentrasi awal dan konsentrasi yang tersisa pada media tumbuh dengan variasi usia (2,4,6,8 dan 10 minggu). Media tumbuh eceng gondok yang telah dipanen di uji dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Uji AAS media tumbuh dilakukan di Laboratorium Kimia Jurusan Kimia Universitas Negeri Malang.

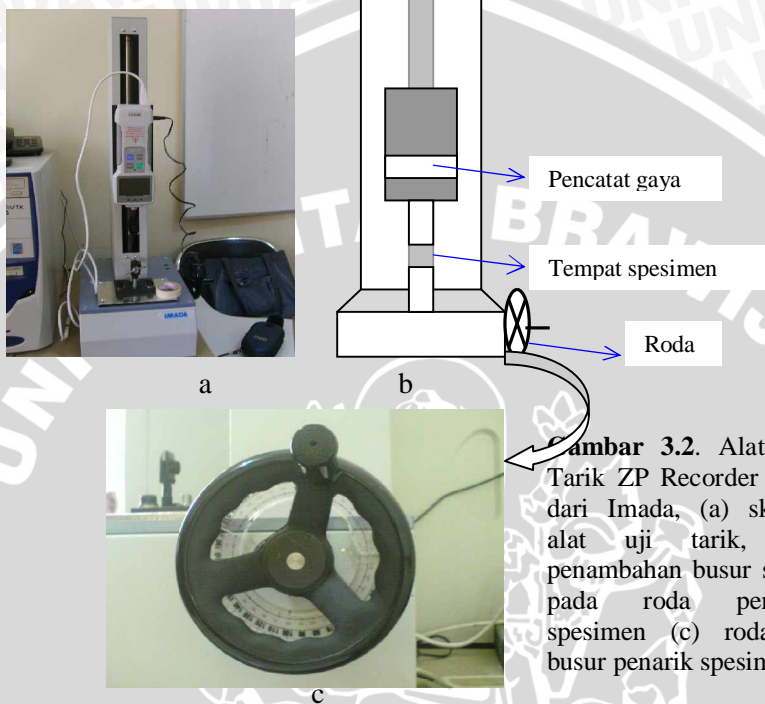
3.3.7.2 Uji Akumulasi Batang Eceng Gondok

Tujuan uji akumulasi pada penelitian ini untuk mengetahui besarnya konsentrasi logam Mg dan Zn yang terakumulasi pada serat batang eceng gondok setelah ditumbuhkan pada media tumbuh yang ditambah logam Mg dan Zn dengan variasi usia 2,4,6,8,dan 10 minggu. Serat batang eceng gondok yang telah diuji karakteristik mekaniknya diuji dengan alat AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Pengujian konsentrasi logam Mg dan Zn yang terakumulasi pada serat batang eceng gondok dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia F.MIPA Universitas Brawijaya Malang.

3.3.7.2 Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik serat dalam penelitian ini meliputi kuat tarik, regangan dan modulus young. Sifat mekanik dari serat di uji secara manual dengan menggunakan set alat uji tarik merk IMADA Push-Pull model HV 1000 N Serial Number 210460 dengan kapasitas 50 N. Alat tersebut ada di Laboratorium Fisika Material

Jurusan Fisika F.MIPA Universitas Brawijaya. Seperti yang terdapat pada gambar 3.1



Gambar 3.2. Alat Uji Tarik ZP Recorder 50N dari Imada, (a) skema alat uji tarik, (b) penambahan busur skala pada roda penarik spesimen (c) roda & busur penarik spesimen

Alat di atas hanya dapat mencatat gaya dan waktu selama uji tarik. Pengujian dilakukan dengan memutar roda untuk menarik sampel. Pemutaran roda dilakukan secara manual. Untuk memperoleh data regangan perlu adanya modifikasi. Pmodifikasian alat ini dilakukan oleh Julia,A.R.(2008) dengan menambahkan busur skala dan jarum pada roda penarik sampel.

Serat eceng gondok sebelum diuji tarik dipotong dengan panjang 10 cm pada kedua ujungnya kemudian diukur diameternya dengan menggunakan mikrometer sekrup. Penentuan karakteristik sampel uji tarik berdasarkan ASTM D3370, metode test standart uji tarik dan modulus young bahan filamen tunggal.

Pengujian dilakukan dengan cara menjepitkan kedua ujung sampel pada *holder* alat uji, kemudian menarik salah satu ujung sampel secara perlahan-lahan dengan besar gaya tertentu hingga sampel putus. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan

untuk masing-masing sampel. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur besar gaya maksimum yang dapat diterima serat selama pengukuran dan penambahan panjang serat karena gaya tarik yang telah diberikan sampai serat tersebut putus.

3.4. Kendala

Kendala yang dialami pada penelitian ini adalah:

1. Sulit mendapatkan bibit eceng gondok yang berasal dari perkembangbiakan secara generatif. secara teori memang ada tetapi secara praktiknya sulit. Penentuan usia dari eceng gondok hanya lewat perkiraan dengan melihat jumlah batang, daun, dan diameter gelembung.
2. Eceng gondok tidak dapat hidup pada media larutan logam Mg dan Zn saja tetapi harus ditambah nutrisi untuk mendukung kelangsungan hidup sehingga keberadaan unsur lain dan interaksi terhadap logam Mg dan Zn diabaikan.
3. Eceng gondok usia muda tidak dapat tumbuh jika tidak berkoloni dan berada pada tempat yang mempunyai kondisi lingkungan yang berbeda dengan habitat aslinya.

3.5. Analisa Data

3.5.1. Penyerapan Logam Mg dan Zn Oleh Eceng Gondok

Dari penelitian didapatkan data konsentrasi awal logam Mg dan Zn, Konsentrasi logam Mg dan Zn yang tersisa pada media tumbuh tiap 2 minggu, usia tanam eceng gondok. Dari data tersebut dibuat grafik hubungan antara besarnya konsentrasi logam Mg dan Zn yang tersisa pada media tumbuh terhadap usia tanamnya. Besarnya konsentrasi logam Mg dan Zn yang tersisa pada media tumbuh sebagai sumbu Y dan usia tanam sebagai sumbu X. Dari grafik tersebut diharapkan dapat menjelaskan penyerapan logam Mg dan Zn oleh eceng gondok terhadap usia tanamnya.

Selain itu didapatkan juga data besarnya konsentrasi logam Mg dan Zn yang terakumulasi pada batang eceng gondok terhadap usia tanamnya. Dari data tersebut dibuat grafik hubungan besarnya konsentrasi logam Mg dan Zn yang terakumulasi pada batang eceng gondok terhadap usia tanamnya. grafik tersebut diharapkan dapat menjelaskan penyerapan dan akumulasi logam Mg dan Zn pada batang eceng gondok terhadap usia tanamnya.

3.5.2. Kuat Tarik, Regangan Dan Modulus Elastis

Dari Penelitian, didapatkan data mentah diameter serat (d), gaya maksimum yang dapat diterima oleh sampel saat putus (F), panjang mula-mula (l_0), pertambahan panjang (Δl). Nilai d dapat digunakan untuk menghitung luas penampang serat (A) dimana serat mempunyai luas permukaan berbentuk lingkaran, dengan menggunakan persamaan: $A = 1/4\pi d^2$. Nilai A digunakan untuk menentukan kuat tarik dengan menggunakan persamaan persamaan $\sigma = F/A$. Sedangkan regangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan: $\varepsilon = \Delta L/L_0$. Data yang peroleh yang merupakan hasil pengukuran berulang, nilai yang dipakai adalah nilai rata-rata dengan menggunakan persamaan (Sanders dan Smitdt,2000):

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^k Y_i}{k}$$

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{k(k-1)}}$$

$$Y = \bar{Y} \pm S_{\bar{y}}$$

(3.3)

Data yang merupakan hasil pengukuran tidak langsung menggunakan ralat rambat seperti yang terdapat pada lampiran.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

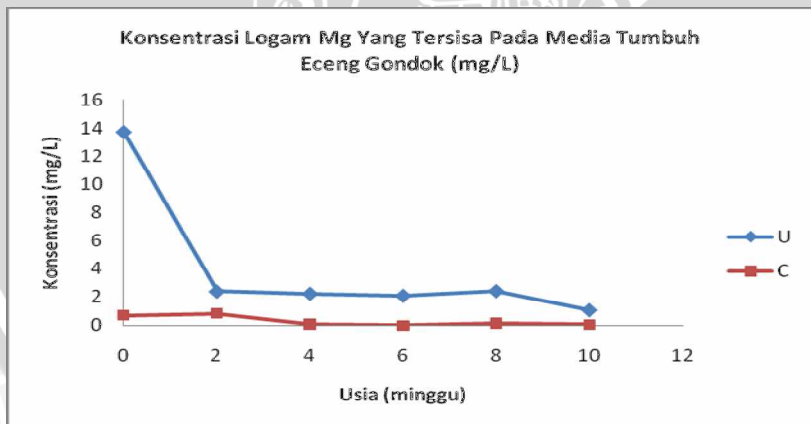
4.1 Penyerapan Logam Mg dan Zn Oleh Eceng Gondok

Besarnya penyerapan logam Mg dan Zn oleh eceng gondok pada media tumbuhnya dapat diketahui dengan mengukur seberapa besar konsentrasi logam (mg/ltr) yang tersisa pada media tumbuh setelah ditanami eceng gondok dalam kurun waktu tertentu. Tabel dan grafik 4.1 berikut menunjukkan hasil uji laboratorium tentang konsentrasi (mg/ltr) logam Mg dan Zn yang tersisa pada media tumbuh eceng gondok terhadap waktu penumbuhannya.

Tabel 4.1. Tabel Konsentrasi Logam Mg dan Zn Yang Tersisa Pada Media Tumbuh Eceng Gondok (mg/ltr)

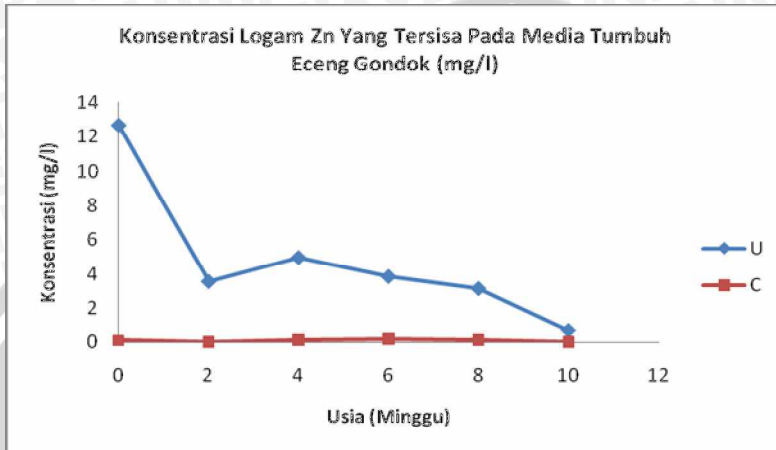
Usia (Minggu)	Konsentrasi Mg (mg/l)		Konsentrasi Zn (mg/l)	
	U	C	U	C
0	13,710	0,732	12,636	0,103
2	2,370	0,842	3,544	0,020
4	2,216	0,106	4,946	0,123
6	2,082	0,006	3,838	0,195
8	2,406	0,157	3,131	0,133
10	1,070	0,057	0,687	0,001

Konsentrasi Mg pada tabel 4.1 dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi Logam Mg Yang Tersisa Pada Media Tumbuh Eceng Gondok (mg/ltr)

Konsentrasi Zn pada tabel 4.1 dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik Konsentrasi Logam Zn Yang Tersisa Pada Media Tumbuh Eceng Gondok (mg/ltr)

Keterangan:

C : Sampel kontrol, sampel yang tidak ditambah logam Mg dan Zn

U : Sampel perlakuan, sampel yang ditambah logam Mg dan Zn.

U merupakan nilai rata-rata dari dua ulangan, ulangan ke-1 (U-1) dan ulangan ke-2 (U-2). Nilai U-1 dan U-2 dapat dilihat pada lampiran

Dari tabel 4.1 dan gambar 4.2–4.3 dapat diketahui pada usia 0 minggu terdapat perbedaan konsentrasi/ konsentrasi awal antara media perlakuan (U) dengan media kontrol (C). Konsentrasi pada media perlakuan lebih besar jika dibandingkan dengan kontrol. Konsentrasi logam Mg pada media perlakuan adalah 13,710 mg/ltr, konsentrasi logam Mg pada kontrol 0,733mg/ltr. Sedangkan konsentrasi Zn pada media perlakuan (U) sebesar 12,636 mg/ltr, pada kontrol konsentrasi Zn sebesar 0,103 mg/ltr. Kondisi ini menunjukkan penambahan logam Mg dan Zn pada media perlakuan berhasil.

Selain itu dapat diketahui eceng gondok dapat menyerap logam Mg dan Zn pada media tumbuh. Semakin lama usia eceng gondok logam Mg dan Zn yang diserap semakin besar, ditunjukkan dengan adanya penurunan konsentrasi yang tersisa pada media tumbuh seiring dengan bertambahnya usia.

Eceng gondok menyerap logam Mg dan Zn karena logam Mg dan Zn merupakan unsur esensial. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan logam Mg dan Zn oleh eceng gondok adalah perbedaan konsentrasi antara media tumbuh dengan tumbuhan eceng gondok dan kebutuhan logam Mg dan Zn untuk pertumbuhan.

Pada usia 2 minggu terjadi penyerapan eceng gondok terhadap logam Mg dan Zn yang besar karena sebelum ditumbuhkan pada media yang ditambah logam Mg dan Zn eceng gondok ditumbuhkan pada media BSM (*Basal Salt Medium*) dimana pada media ini tidak terdapat unsur Mg dan Zn. Pada usia 4 minggu konsentrasi logam Zn yang tersisa pada media tumbuh mengalami kenaikan karena eceng gondok dalam keadaan jenuh sehingga terjadi penyerapan yang tidak sempurna. Logam Zn yang diserap tidak seluruhnya masuk melalui xylem sel-sel akar eceng gondok, tetapi hanya menempel pada ujung bulu-bulu akar. Jika ikatan antara logam Zn dengan bulu-bulu akar tidak kuat maka logam Zn akan terlepas ke media tumbuh.

Eceng gondok lebih banyak menyerap logam Mg daripada Zn karena logam Mg merupakan unsur makro, diserap tumbuhan dalam bentuk Mg^{2+} , berfungsi mengaktifkan enzim-enzim yang digunakan dalam proses fotosintesis, respirasi dan dapat bergabung dengan ATP dalam pembentukan DNA dan RNA. Sedangkan Zn merupakan unsur mikro, diserap tumbuhan dalam bentuk Zn^{2+} , berfungsi dalam pembentukan triptofan, merangsang sintesa sitokrom C dan berperan sebagai kofaktor enzim dehidrogenase.

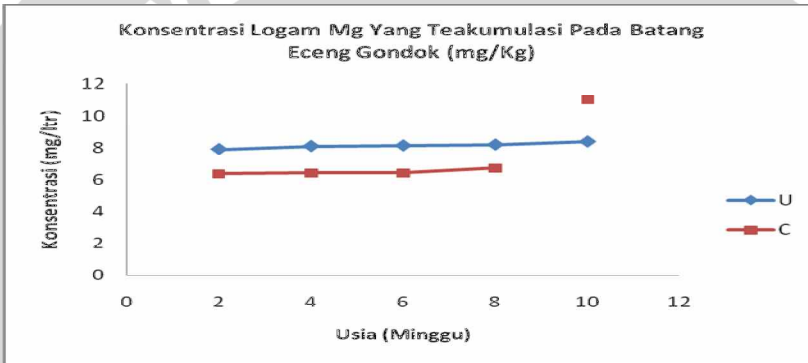
4.2 Akumulasi Logam Mg dan Zn Pada Batang Eceng gondok

Logam Mg dan Zn yang diserap eceng gondok untuk metabolisme tubuh sisanya akan diakumulasi di akar, batang dan daun. Besarnya akumulasi logam Mg dan Zn pada batang eceng gondok dapat diketahui dengan mengukur seberapa besar konsentrasi logam Mg dan Zn (mg/Kg) yang terdapat pada batang eceng gondok terhadap waktu yang ditentukan. Tabel 4.2 dan grafik 4.3 - 4.4 berikut menunjukkan hasil uji laboratorium tentang konsentrasi logam Mg dan Zn (mg/Kg) pada batang eceng gondok terhadap waktu penumbuhannya.

Tabel 4.2. Tabel Konsentrasi Logam Mg dan Zn Yang Terdapat Pada Batang Eceng Gondok (mg/Kg).

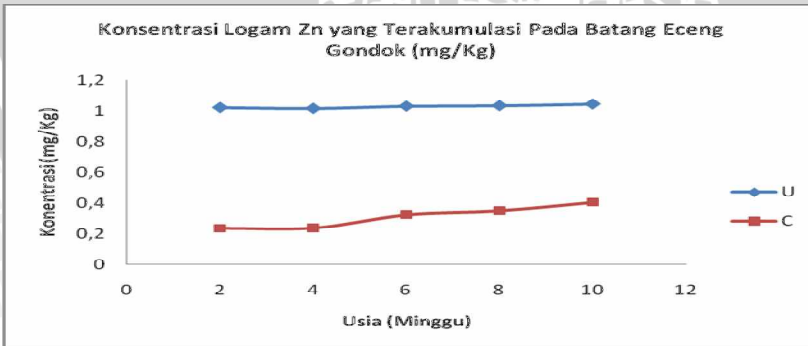
Usia (Minggu)	Konsentrasi Mg (mg/Kg)		Konsentrasi Zn (mg/Kg)	
	U	C	U	C
2	7,923	6,403	1,022	0,235
4	8,107	6,432	1,016	0,237
6	8,145	6,432	1,032	0,324
8	8,203	6,736	1,035	0,350
10	8,391	11,000?	1,046	0,405

Konsentrasi logam Mg yang terakumulasi pada batang eceng gondok tabel 4.2 dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Logam Mg Yang Terakumulasi pada Batang Eceng Gondok (mg/Kg).

Konsentrasi Zn yang terakumulasi pada batang eceng gondok tabel 4.2 dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik Konsentrasi Logam Zn Yang Terakumulasi pada Batang Eceng Gondok (mg/Kg).

Dari tabel 4.2 dan gambar 4.3-4.4 dapat diketahui logam Mg dan Zn yang diserap tidak semuanya diakumulasi pada batang eceng gondok tetapi sebagian digunakan untuk metabolisme tubuh dan sebagian lagi diakumulasi pada akar dan daun. Kondisi ini ditunjukkan oleh konsentrasi logam yang diserap lebih besar jika dibandingkan dengan yang diakumulasi pada batang eceng gondok.

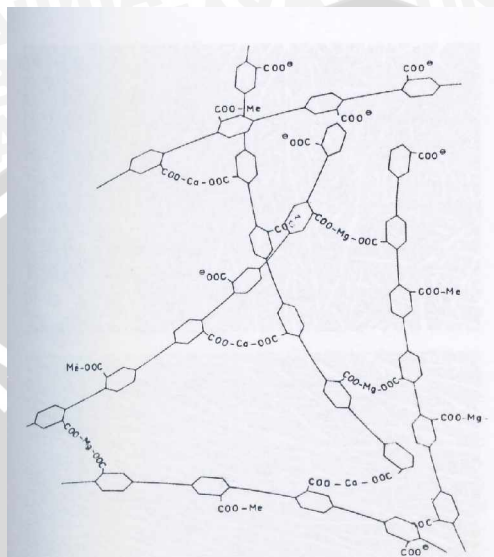
Secara umum logam Mg dan Zn yang diakumulasi dalam batang eceng gondok mengalami kenaikan seiring dengan penambahan usia penumbuhannya. Logam Mg lebih banyak diakumulasi daripada logam Zn karena logam Mg lebih banyak diserap untuk kebutuhan pertumbuhan. Logam Mg yang terakumulasi pada batang eceng gondok nilainya berkisar $\pm 6 - 8$ mg/ltr, sedangkan logam Zn nilainya berkisar $\pm 0 - 1$ mg/ltr.

Pada usia 10 minggu, konsentrasi logam Mg yang terakumulasi pada batang eceng gondok, tabel 4.2 diberi tanda tanya dan pada gambar 4.3 garisnya tidak dihubungkan karena belum diketahui apakah data tersebut merupakan pencilan atau anomali. Pada penelitian ini hanya dilakukan sampai usia 10 minggu jadi untuk data tersebut belum diketahui apakah merupakan suatu pola atau pencilan.

Gambar 4.3 – 4.4 dapat juga diketahui adanya perbedaan yang cukup besar dari konsentrasi yang terkumulasi antara kontrol dan perlakuan (tidak dipengaruhi oleh usia). Perbedaan konsentrasi logam Mg antara kontrol dan perlakuan $\pm 1,5$ mg/ltr sedangkan pada Zn sekitar $\pm 0,7$ mg/ltr. Perbedaan inilah yang akan berpengaruh terhadap regangan dari serat batang yang diuji.

Logam Mg dan Zn yang diserap eceng gondok ada yang diakumulasi dalam bentuk murni dan ada juga yang diakumulasi dalam bentuk berikatan dengan unsur lain. Logam Mg yang diakumulasi dalam bentuk murni akan diproses menjadi bagian dari klorofil, pektin pada dinding sel dan faktor penting untuk keutuhan biomembran. Mg^{2+} dalam sel tumbuhan tetap dalam bentuk Mg^{2+} .

Logam Mg yang diserap dalam bentuk Mg^{2+} akan diakumulasi dalam bentuk bersenyawa dengan unsur lain. Logam Mg yang diakumulasi dalam bentuk bersenyawa dengan unsur lain akan membentuk ikatan misalnya ikatan ionik, seperti dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.5 Logam Mg yang bersenyawa dengan unsur lain (Mohr dan Schopfer,1994).

Masuknya ion Mg^{2+} akan mengikat rantai molekul yang sebelumnya tidak berikatan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5, Mg^{2+} mempunyai dua lengan kosong, lengan pertama akan digunakan untuk mengikat COO dari rantai yang ditemeli membentuk COO-Mg- dan lengan yang satunya digunakan untuk mengikat COO dari rantai lain sehingga membentuk COO-Mg-OOC. Semakin banyak logam Mg^{2+} yang diakumulasi akan menambah jumlah ikatan yang mampu menahan gaya tarik yang diberikan. Ikatan seperti ini juga berlaku untuk Zn.

4.3 Sifat Mekanik Serat Batang Eceng Gondok

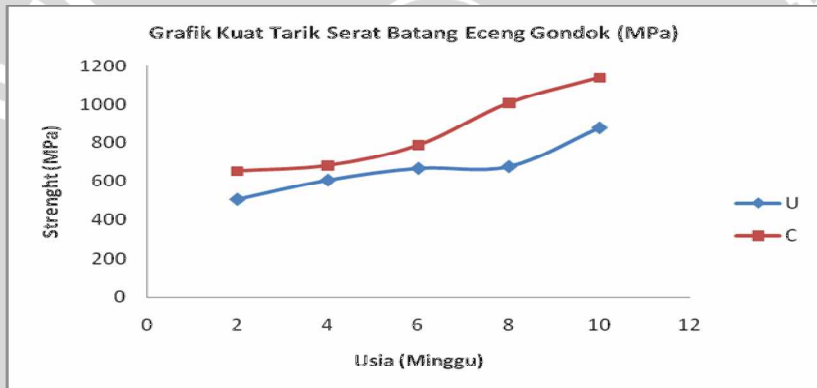
Pengujian sifat mekanik pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh akumulasi logam Mg dan Zn terhadap sifat mekanik serat batang eceng gondok. Sifat mekanik pada penelitian ini meliputi kuat tarik, regangan, dan modulus young. Pengujian sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui spesifikasi serat batang eceng gondok untuk penelitian lebih lanjut dan aplikasi yang lebih cocok.

Dari hasil penelitian diperoleh nilai kuat tarik serat batang eceng gondok sebagai berikut:

Tabel 4.3. Tabel Kuat Tarik Serat Batang Eceng gondok (MPa)

Usia (Minggu)	Perlakuan(U) (MPa)	Kontrol (C) (MPa)
2	505,405 ± 78,48	652,29 ± 62,78
4	605,255 ± 48,72	681,08 ± 75,12
6	666,525 ± 51,29	787,41 ± 39,06
8	675,975 ± 91,32	1006,95 ± 145,31
10	878,14 ± 37,89	1139,18 ± 77,81

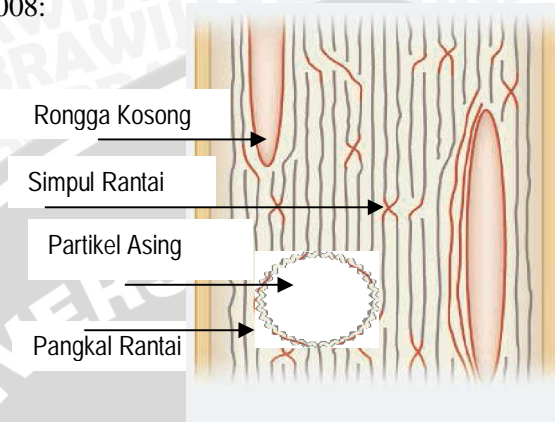
Dari tabel 4.3 tersebut apabila digrafikkan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.6 Grafik Kuat Tarik Serat Batang Eceng gondok (Mpa)

Tabel 4.3 dan gambar 4.7 dapat diketahui nilai kuat tarik serat sampel perlakuan dan sampel kontrol mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya usia. Namun nilai kuat tarik sampel perlakuan lebih kecil dibandingkan dengan sampel kontrol. Menurut Chae dan Kumar,2008 logam Mg dan Zn yang diakumulasi dalam serat batang eceng gondok dimisalkan partikel asing. Partikel asing yang terakumulasi pada serat mempunyai bahan yang berbeda dengan serat sehingga batas pertemuan antara partikel asing dengan serat tidak memiliki ikatan yang kuat. Jika diberi gaya tarik akan mudah putus. Letak putusnya berada pada pertemuan antara partikel asing dengan media serat, karena partikel asing menjadi titik terkonsentrasinya tegangan ketika serat diberi gaya tarik. Berikut

gambaran partikel asing yang terakumulasi pada serat menurut Chae dan Kumar,2008:



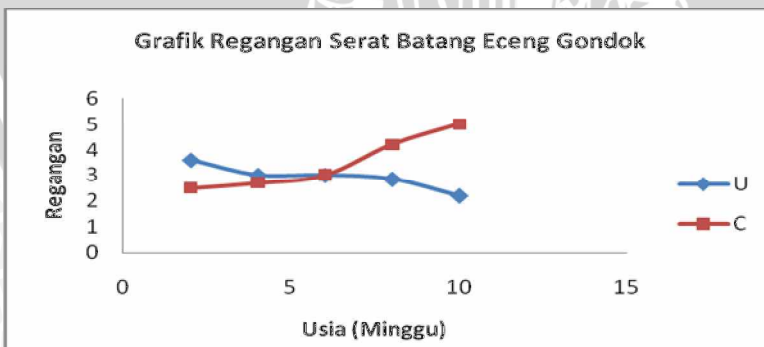
Gambar 4.7 Penampang Melintang Serat Eceng Gondok (Chae dan Kumar, 2008)

Dari hasil penelitian juga diperoleh regangan dari serat batang eceng gondok, hasil regangan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4. Tabel Regangan Serat Batang Eceng gondok

Usia (Minggu)	Perlakuan (U)	Kontrol (C)
	$\epsilon (x10^{-2})$	$\epsilon (x10^{-2})$
2	$3,6 \pm 0,5$	$2,5 \pm 0,3$
4	$3,0 \pm 0,5$	$2,7 \pm 0,5$
6	$3,0 \pm 0,6$	$3,0 \pm 0,3$
8	$2,8 \pm 0,5$	$4,2 \pm 0,9$
10	$2,2 \pm 0,5$	$5,0 \pm 0,7$

Tabel 4.4 apabila dibuat dalam bentuk grafik adalah sebagai berikut:



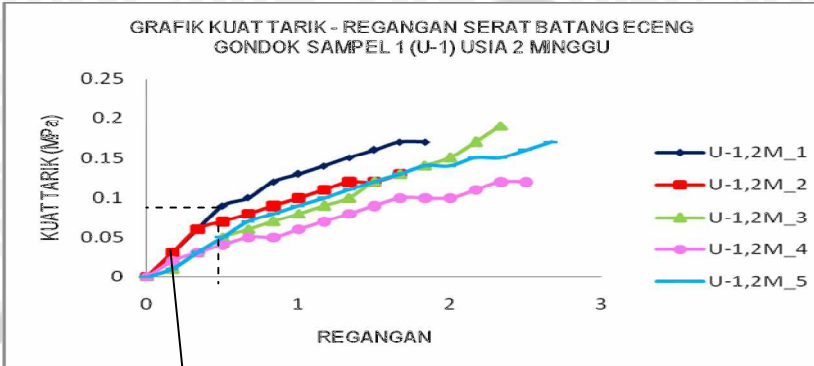
Gambar 4.8 Grafik Regangan Serat Batang Eceng gondok

Tabel 4.4 dan gambar 4.8 dapat diketahui nilai regangan pada sampel perlakuan dan sampel kontrol mempunyai pola yang berbeda. Pada sampel perlakuan semakin bertambahnya usia tumbuh regangannya semakin meningkat sedangkan pada sampel kontrol nilai regangan semakin menurun seiring dengan bertambahnya usia. Kondisi ini karena besarnya logam Mg dan Zn yang diakumulasi, semakin banyak logam Mg dan Zn yang diakumulasi pada serat regangannya akan semakin turun karena masuknya logam Mg dan Zn akan menambah jumlah ikatan yang mampu menahan gaya tarik sehingga sulit untuk meregang. Kondisi seperti yang telah dijelaskan pada gambar 4.5.

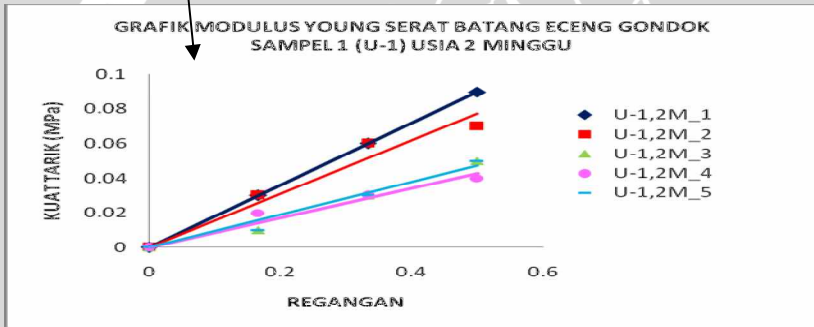
Selain faktor usia penurunan regangan juga dipengaruhi oleh banyaknya konsentrasi logam Mg dan Zn yang terakumulasi pada serat batang eceng gondok serat. Dari tabel 4.2 dan gambar 4.3 – 4.4 diketahui kenaikan akumulasi logam karena faktor bertambahnya usia untuk logam Zn $\pm 0,1$ mg/Kg sedangkan Mg $\pm 0,3$ mg/Kg. Sedangkan selisih banyaknya konsentrasi logam yang terakumulasi pada serat batang eceng gondok antara sampel kontrol dengan perlakuan untuk logam Mg nilainya berkisar antara $\pm 1,5$ mg/Kg, pada logam Zn nilainya berkisar antara $\pm 0,7$ mg/Kg. Faktor banyaknya konsentrasi logam yang terakumulasi di dalam serat lebih dominan jika dibandingkan faktor usia. Kondisi ini seperti yang dijelaskan diatas semakin banyak logam yang diakumulasi pada serat batang eceng gondok regangannya semakin kecil.

Dari data kuat tarik - regangan dapat dicari modulus elastisitasnya untuk mengetahui karakteristik serat batang eceng gondok. Kuat tarik sebagai sumbu Y dan regangan sebagai sumbu X. Grafik kuat tarik – regangan diperoleh dari pengujian dengan cara mencatat gaya yang diberikan tiap 60°C dari penambahan busur pada alat uji tarik gambar 3.2. Pertambahan 60°C untuk regangan sama dengan pertambahan sebesar 0,17 mm. Berikut grafik kuat tarik - regangan dan modulus elastis pada masing-masing sampel dengan variasi usia:

Sampel 1(U-1),Usia 2 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

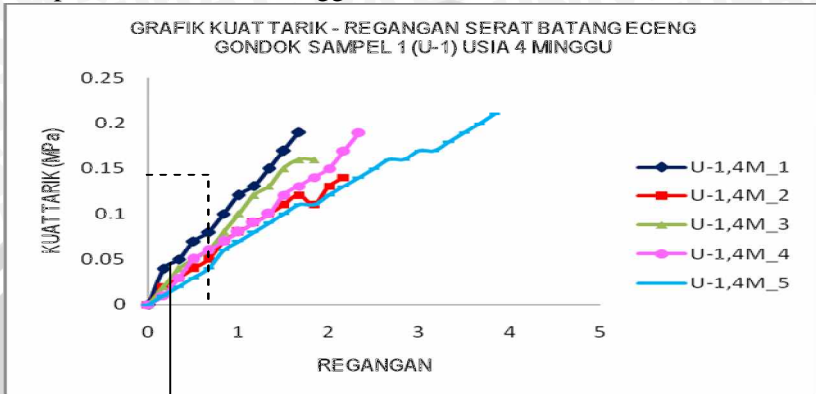
Gambar 4.9 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel 1 (U-1) Usia 2 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

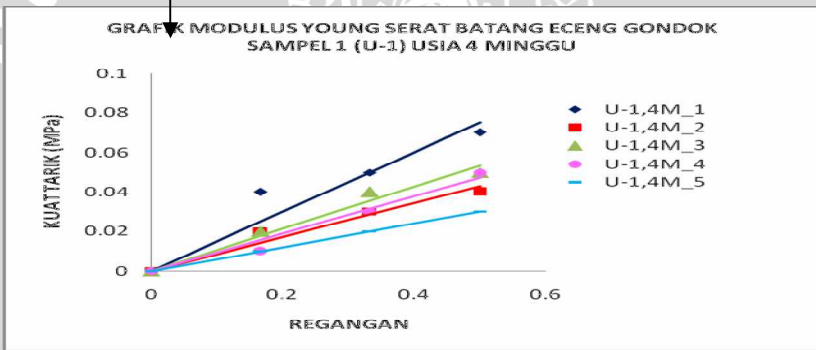
Tabel 4.5. Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel 1 (U-1) usia 2 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0.180	1.000
2	0.154	0.095
3	0.094	0.970
4	0.085	0.951
5	0.094	0.970

Sampel 1(U-1),Usia 4 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

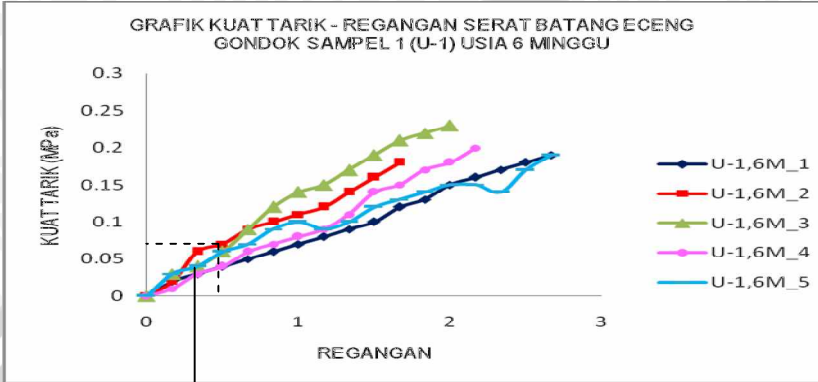
Gambar 4.10 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel 1 (U-1) Usia 4 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

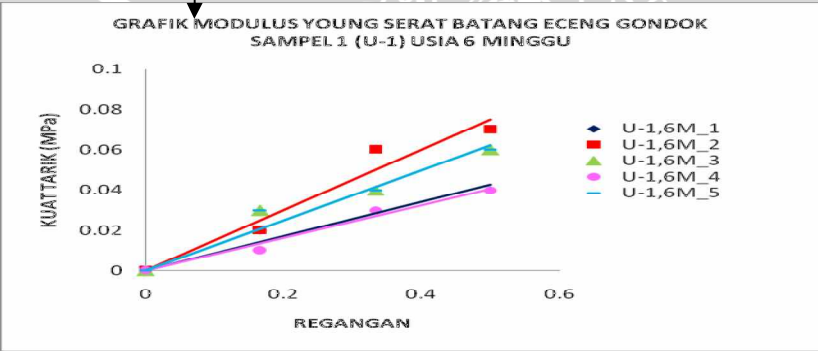
Tabel 4.6 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel 1 (U-1) usia 4 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0.150	0.903
2	0.085	0.951
3	0.107	0.975
4	0.094	0.970
5	0.060	1.000

Sampel 1(U-1),Usia 6 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

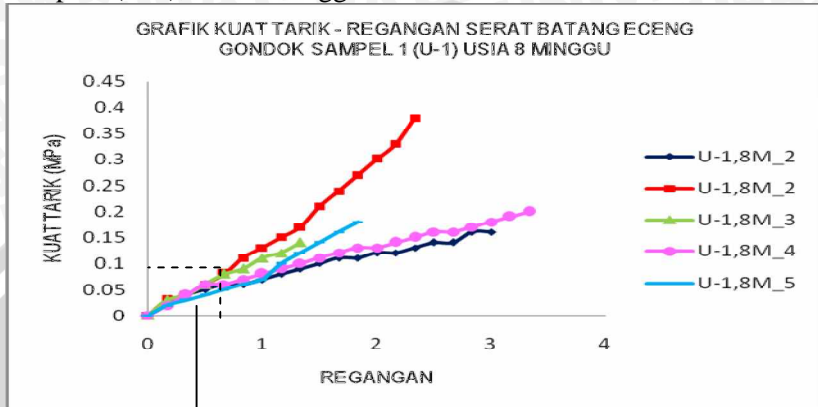
Gambar 4.11 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel 1 (U-1) Usia 6 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

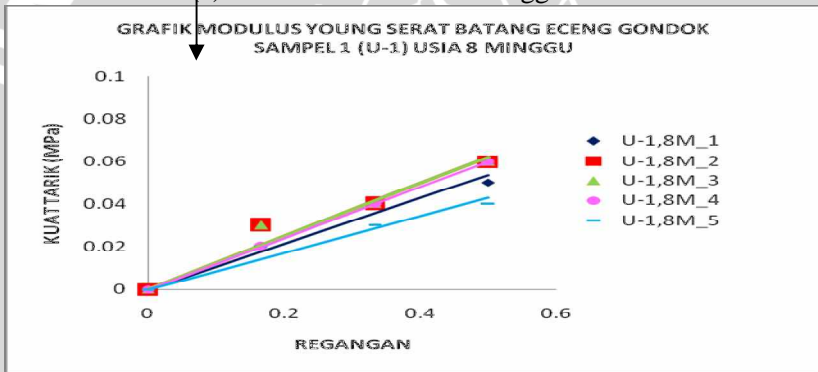
Tabel 4.7 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel 1 (U-1) usia 6 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0.085	0.951
2	0.150	0.954
3	0.124	0.950
4	0.081	0.978
5	0.124	0.950

Sampel 1(U-1),Usia 8 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

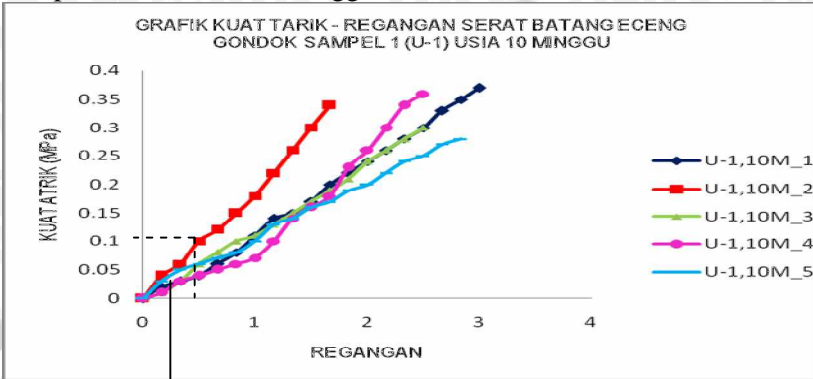
Gambar 4.12 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel 1 (U-1) Usia 8 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

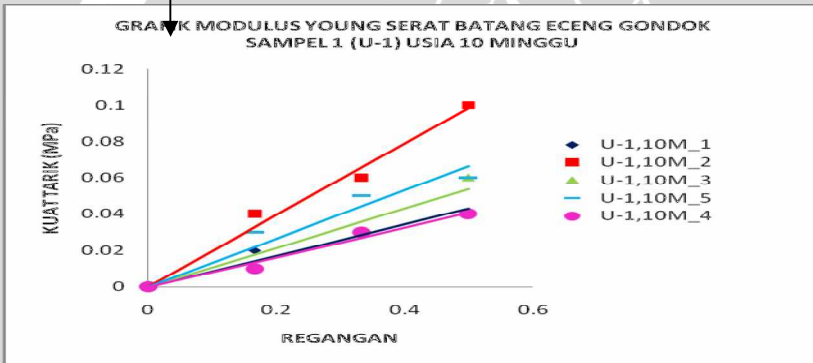
Tabel 4.8 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel 1 (U-1) usia 8 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0.107	0.975
2	0.124	0.950
3	0.124	0.950
4	0.120	1.000
5	0.085	0.951

Sampel 1(U-1),Usia 10 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

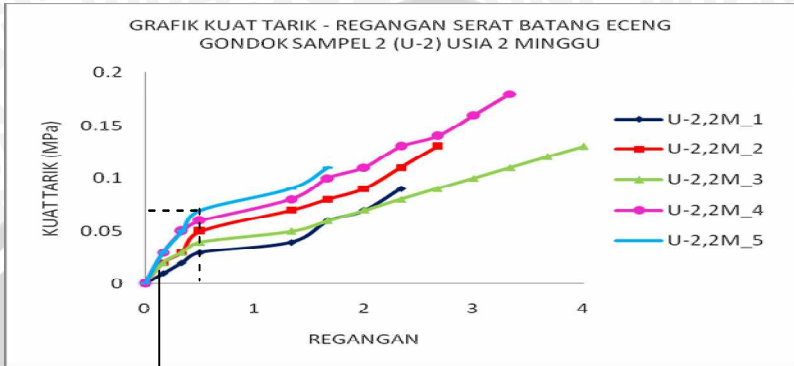
Gambar 4.13 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel 1 (U-1) Usia 10 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

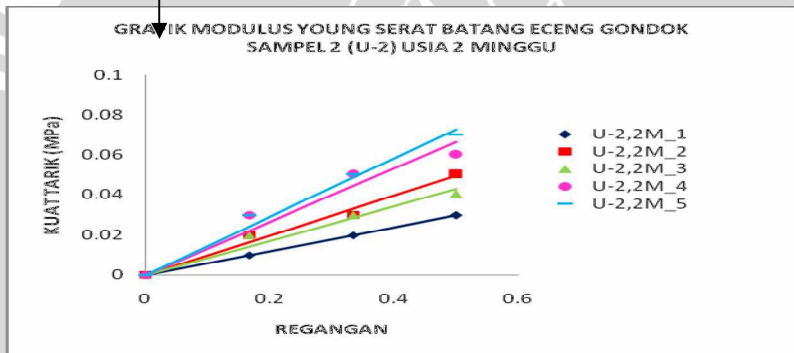
Tabel 4.9 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel 1 (U-1) usia 10 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0.085	0.951
2	0.197	0.983
3	0.107	0.950
4	0.081	0.978
5	0.132	0.935

Sampel 2(U-2),Usia 2 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

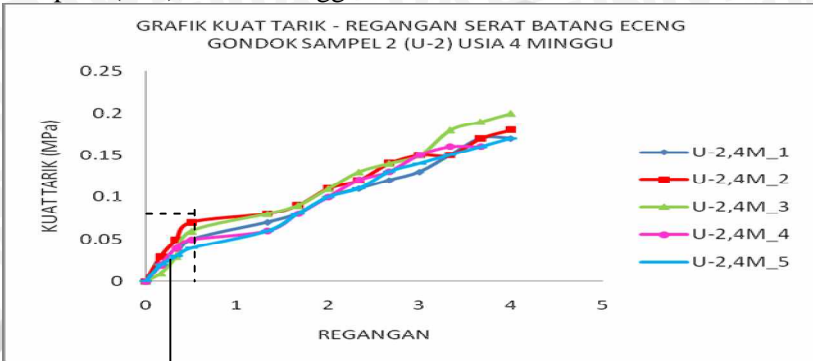
Gambar 4.14 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel 2 (U-2) Usia 2 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

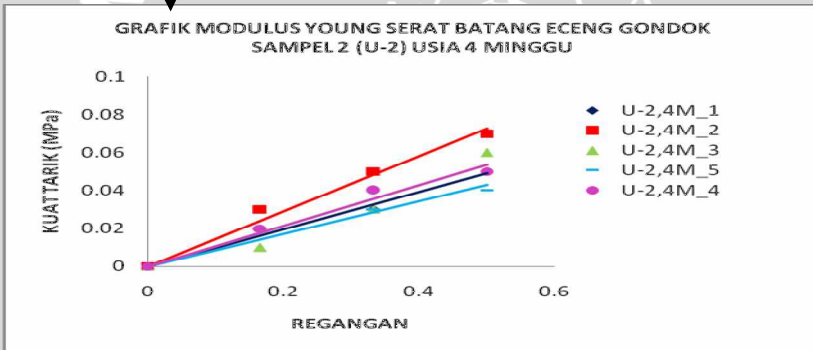
Tabel 4.10 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel 2 (U-2) usia 2 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0,060	1,000
2	0,098	0,983
3	0,085	0,951
4	0,132	0,935
5	0,145	0,984

Sampel 2(U-2),Usia 4 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

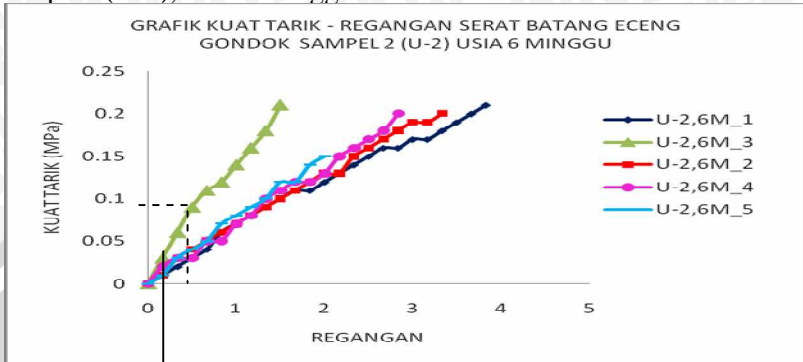
Gambar 4.15 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel 2 (U-2) Usia 4 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

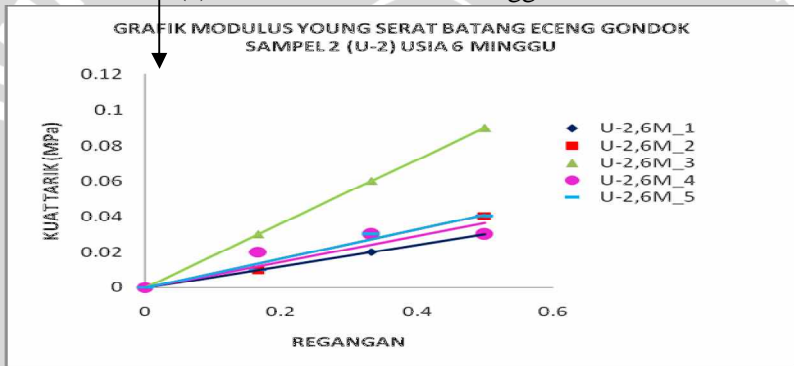
Tabel 4.11 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel 2 (U-2) usia 4 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0,098	0,983
2	0,145	0,984
3	0,107	0,935
4	0,107	0,975
5	0,085	0,951

Sampel 2(U-2),Usia 6 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

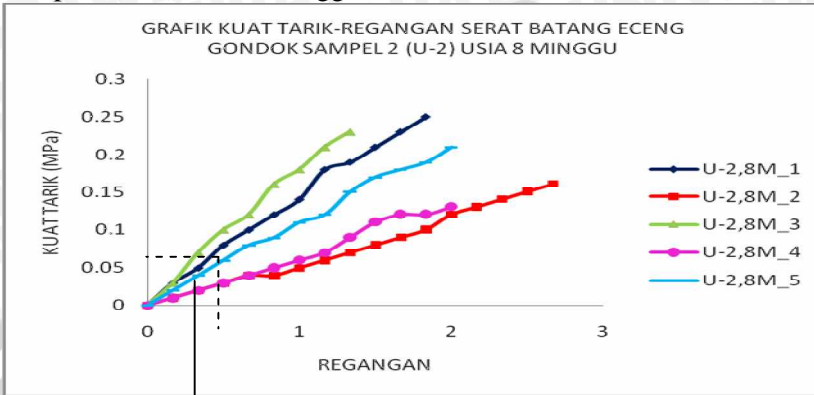
Gambar 4.16 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel 2 (U-2) Usia 6 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

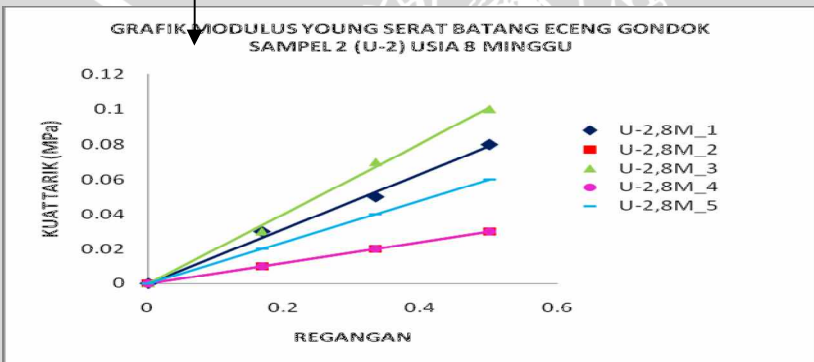
Tabel 4.12 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel 2 (U-2) usia 6 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0,060	1,000
2	0,081	0,978
3	0,180	1,000
4	0,072	0,773
5	0,081	0,978

Sampel 2(U-2),Usia 8 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

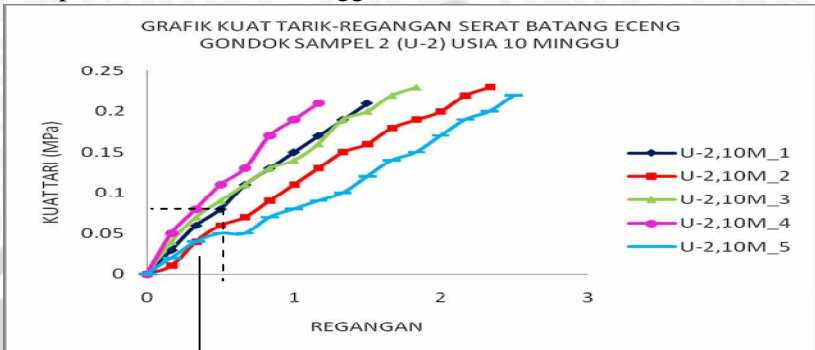
Gambar 4.17 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel 2 (U-2) Usia 8 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

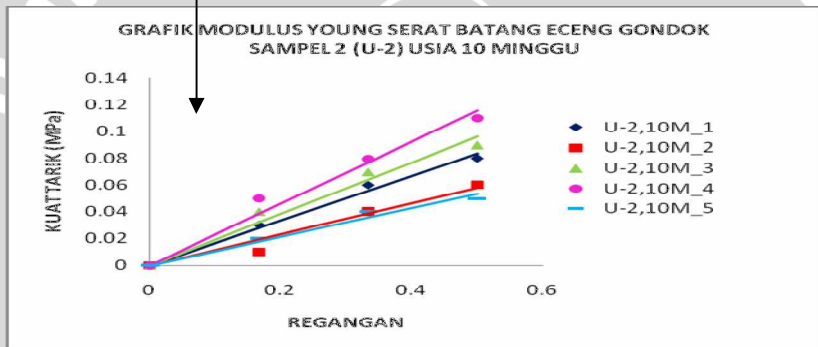
Tabel 4.13 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel 2 (U-2) usia 8 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0,158	0,993
2	0,060	1,000
3	0,201	0,996
4	0,060	1,000
5	0,120	1,000

Sampel 2(U-2),Usia 10 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

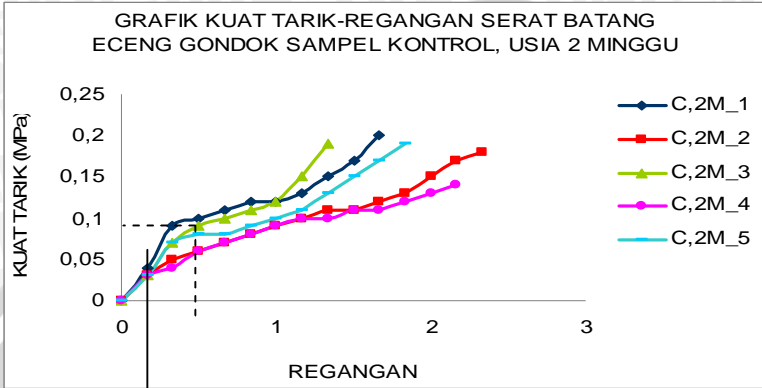
Gambar 4.18 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel 2 (U-2) Usia 10 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

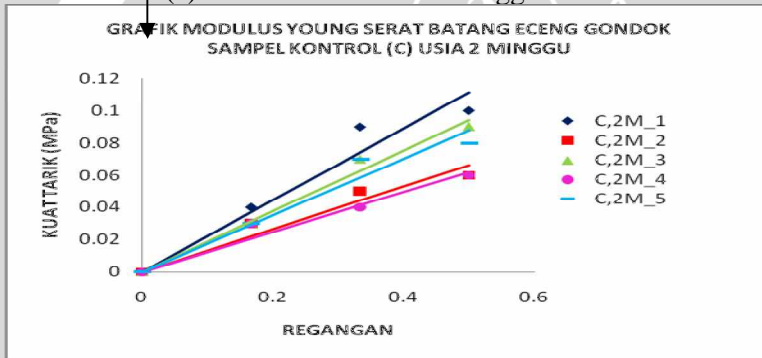
Tabel 4.14 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel 2 (U-2) usia 10 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0,167	0,990
2	0,115	0,959
3	0,192	0,970
4	0,231	0,974
5	0,107	0,975

Sampel Kontrol (C), Usia 2 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

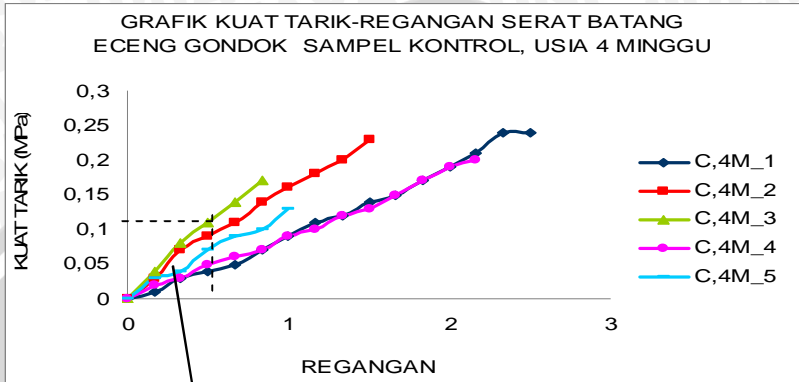
Gambar 4.19 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Kontrol (C) Usia 2 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

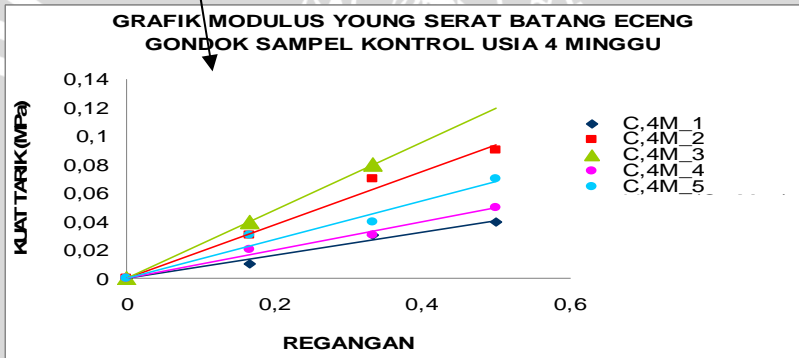
Tabel 4.15 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel C usia 2 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0,222	0,940
2	0,132	0,935
3	0,188	0,985
4	0,124	0,959
5	0,175	0,953

Sampel C, Usia 4 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

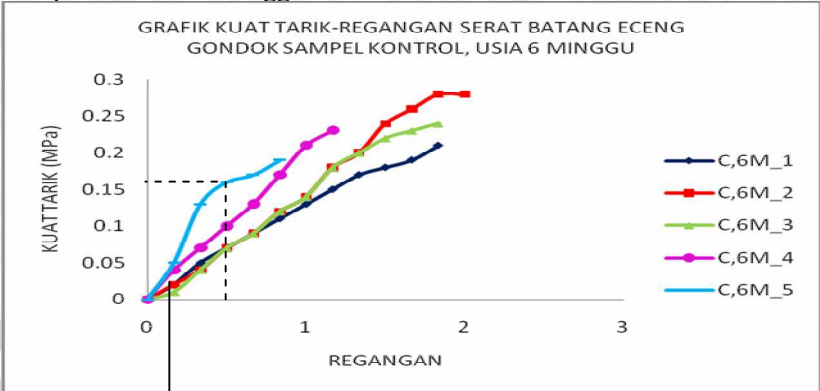
Gambar 4.20 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Kontrol (C) Usia 4 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

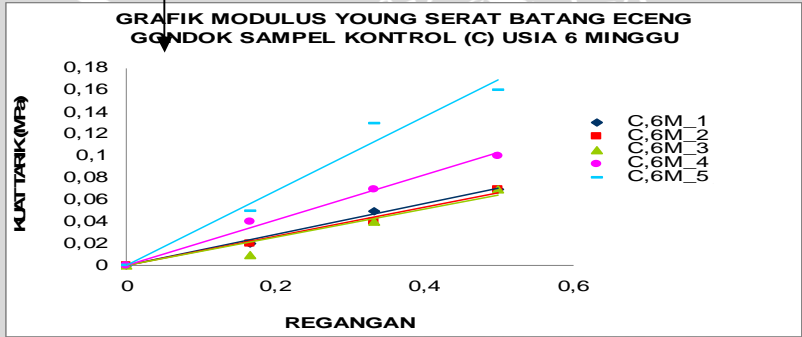
Tabel 4.16 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel C usia 4 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0,081	0,978
2	0,188	0,985
3	0,240	1,000
4	0,098	0,983
5	0,137	0,965

Sampel C, Usia 6 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

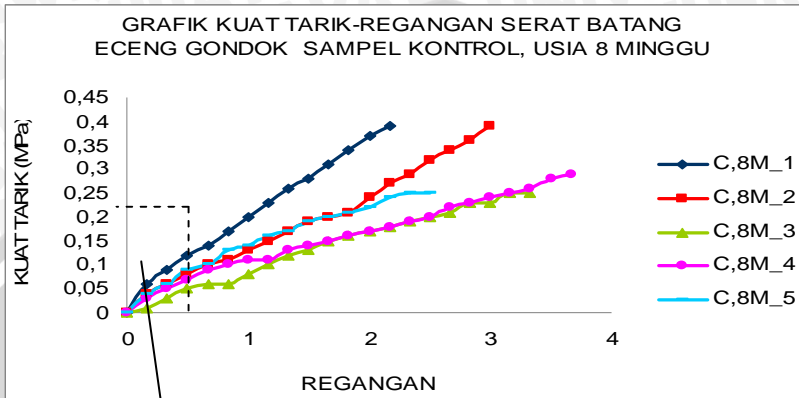
Gambar 4.21 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Kontrol (C) Usia 6 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

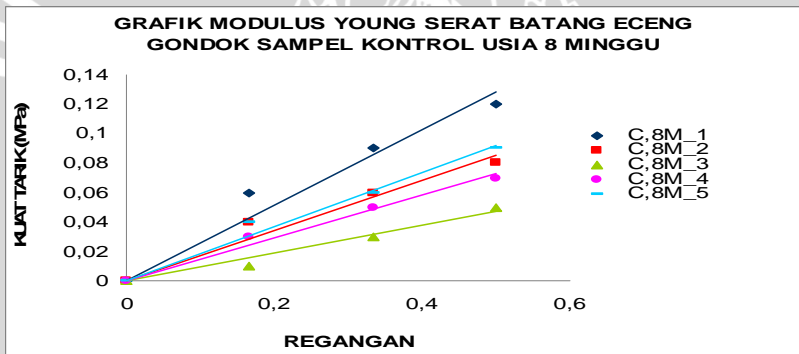
Tabel 4.17 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel C usia 6 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0,141	0,992
2	0,132	0,986
3	0,128	0,942
4	0,205	0,992
5	0,338	0,973

Sampel C, Usia 8 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah Elastis

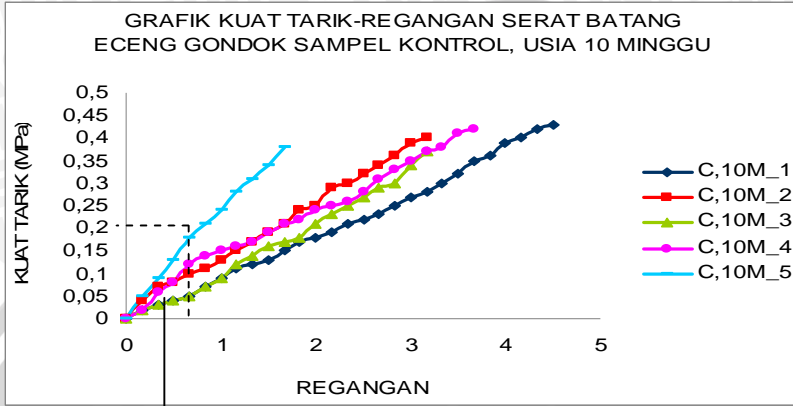
Gambar 4.22 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Kontrol Usia 8 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

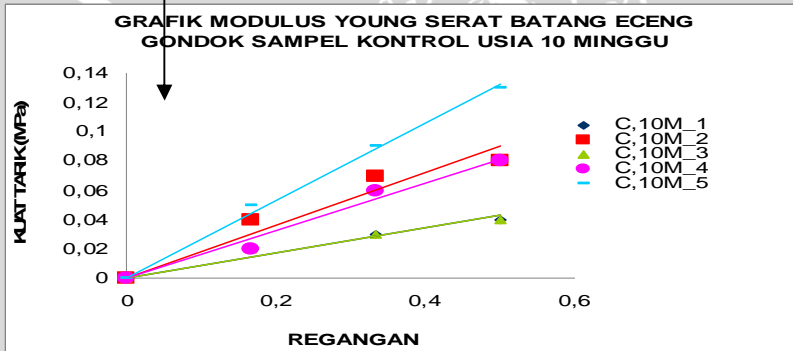
Tabel 4.18 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel C usia 8 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0,257	0,951
2	0,171	0,951
3	0,094	0,97
4	0,145	0,984
5	0,184	0,978

Sampel Kontrol (C) Usia 10 Minggu



(a) Pola Perilaku Bahan Hingga Patah



(b) Daerah elastis

Gambar 4.23 Grafik Kuat Tarik – Regangan Serat Batang Eceng Gondok Sampel Kontrol (C) Usia 10 Minggu

Nilai Modulus Young dan R^2 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.19 Tabel modulus young dan R^2 daerah elastis dari grafik kuat tarik- regangan sampel C usia 10 minggu

Spesimen	Modulus Young (MPa)	R^2
1	0,085	0,951
2	0,180	0,922
3	0,085	0,951
4	0,162	0,978
5	0,265	0,995

Dari grafik kuat tarik – regangan diambil 4 di titik bagian awal. Pengambilan 4 titik pertama pada daerah awal karena merupakan daerah elastis, bentuknya linear dan semua sampel memenuhi. Pada grafik nilai modulus young sampel kontrol dan perlakuan ulangan 1 dan ulangan 2 tidak dirata-rata karena mempunyai range data yang lebar, sehingga ditampilkan satu persatu.

Dari grafik dapat diketahui sampel putus pada tarik yang bervariasi tergantung pada usia tanam. Semakin lama usia tanam kuat tarik, nilai titik putusnya sampel, daerah elastis, dan regangannya random. Dari lima sampel yang diuji nilai modulus young masing-masing sampel menunjukkan keakuratan yang kurang sehingga tidak dirata-rata. Besarnya simpangan modulus young pada sampel yang ditambah logam berkisar antara 0,0324–0,0464 MPa dengan ralat sebesar 24-48 % sedangkan pada sampel yang tidak ditambah logam simpangannya berkisar antara 0,0275-0,0367 MPa dengan ralat 15-22%. Kondisi ini dikarenakan saat pengujian tidak memperhatikan bagian mana dari serat batang yang diuji apakah ujung, tengah, atau pangkalnya. Menurut Rowel, 2008 sifat mekanik serat dipengaruhi oleh bagian mana serat yang di uji karena dipengaruhi oleh kandungan selulosa, hemiselulosa, lignin, zat gula, zat tepung, protein, enzim dan bahan inorganik.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Eceng gondok dapat menyerap logam Mg dan Zn. Semakin bertambahnya usia tanam eceng gondok, penyerapan dan akumulasi logam Mg dan Zn semakin besar. Pada sampel kontrol jika akumulasi bertambah karena pertambahan usia, kuat tarik dan regangan semakin besar. Nilai kuat tarik berkisar antara $652,29 \pm 62,78$ MPa sampai dengan $1139,18 \pm 77,81$ MPa, regangan berkisar antara $2,5 \pm 0,3$ sampai dengan $5,0 \pm 0,7$. Pada sampel perlakuan jika akumulasi bertambah karena bertambahnya usia kuat tarik akan meningkat namun nilainya masih dibawah kontrol, regangan turun. nilainya berkisar antara $505,405 \pm 78,48$ MPa sampai dengan $878,14 \pm 37,89$ MPa, nilai regangannya berkisar antara $3,6 \pm 0,5$ sampai dengan $2,2 \pm 0,5$.

Penurunan regangan lebih dipengaruhi oleh banyaknya konsentrasi logam Mg dan Zn yang terakumulasi pada serat daripada pertambahan usia. Kenaikan akumulasi logam karena faktor bertambahnya usia untuk logam Zn $\pm 0,1$ mg/Kg sedangkan Mg $\pm 0,3$ mg/Kg. Sedangkan selisih banyaknya konsentrasi logam yang terakumulasi pada serat batang eceng gondok antara sampel kontrol dengan perlakuan untuk logam Mg nilainya berkisar antara $\pm 1,5$ mg/Kg, pada logam Zn nilainya berkisar antara $\pm 0,7$ mg/Kg.

Keakuratan nilai modulus young masih kurang sehingga tidak dirata-rata. Besarnya simpangan modulus young pada sampel yang ditambah logam berkisar antara 0,0324–0,0464 MPa dengan ralat sebesar 24-48 % sedangkan pada sampel yang tidak ditambah logam simpangannya berkisar antara 0,0275-0,0367 MPa dengan ralat 15-22%.

5.2 Saran

1. Perlu adanya pengujian secara mikrostruktur tentang struktur kimia serat.
2. Adanya variasi usia yang rentangnya lebih lama karena eceng gondok merupakan tumbuhan tahunan sehingga logam yang terakumulasi menunjukkan perbedaan yang lebih signifikan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous,2005^a.(<http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/plants/plan tid2/images/hyacinth.jpg>). Diakses tanggal 6 Oktober 2005.
- Anonymous,2005^e (<http://ms.wikipedia.org/wiki/Magnesium>),diakses tanggal 12 November 2005.
- Anonymous,2005^d.(<http://prchandna.tripod.com/properties.htm>). diakses tanggal 12 November 2005.
- Anonymous,2008^e.<http://www.uwsp.edu/geo/faculty/hefferan/Geol3 20/strainrate.html>. Tanggal akses 8 Mei 2008
- Brij,D.dan K.P. Sharma. 1981.*Water Hyacinth(Eichornia crassipas Mart.] sol).The Most Trauble Oweed ot The World*.Hindiasia Publisher. India
- Bennett, F. W. 1993. *Nutrient Deficiencies and Toxicities In Crop Plants*. The American Phytopatological Society Aps Pers.USA
- Calister Jr, William. D. 2003. *Material Science and Engineering; An Introduction*, sixth eddition. John Wiley & Sons, Inc. USA
- Chae, Han dan Kumar, Satish. 2008. *Making Strong Fiber*. Majala Material. <http://www.sciencemag.org>. diakses tanggal 15 pebruari 2008
- Catur, Andi P.2006.*Pengaruh Kandungan Logam Mg dan Zn terhadap Karakteristik Listrik Biokomposit Serat Eceng Gondok Bermatrik Polyethylene*. Skripsi, Jurusan Fisika, Fakulta MIPA, Universitas Brawijaya, Malang
- Dea H. 2003. *Eceng Gondok Pembersih Logam Berat*. (<http://www.kompas.com/kompascetak/0307/02/inspirasi/404854.htm>). diakses pada tanggal 3 Mei 2007.
- Ellitania, Fransisca.2004.*Pengaruh Radiasi UV-C Terhadap Potensial Membran Sel batang Kangkung (ipomoea aquatic)*. Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.
- Fahn, A. 1982. *Anatomi Tumbuhan*. Gajah Mada University Perss. Yogyakarta.
- Ford. T., dan R. Mitchell. 1993. *Microbial Transport Of Toxic Metals in Environmetal Microbiology*. John Willey & Sons. New York

- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid 1*. Erlangga. Jakarta
- Herwiningsih, Sri. 2005. *Studi Pemanfaatan Rhizopus oryzae Yang Dimobilisasi Busa Polyurethane Sebagai reusable Biosorbent Logam Tembaga*. Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.
- Mercier, Jean P. Zambelli, Gerald. Kurz, Wilfried. 2002. *Introduction to Materials Science*. Elsevier. Paris.
- Moenandir, J. 1990. *Pengantar Ilmu Pengendalian Gulma*. Edisi Pertama. Rajawali Pers. Jakarta.
- Moenandir, J. dan S. Hidayat. 2006. *Peranan Eceng Gondok dan Kangkung Air Pada Peningkatan Mutu Air Limbah*. AGRITIVA, Vol 16 No.2. Diakses tanggal 22 April 2006.
- Mohr, Hans dan Scopfer, Peter. 2005. *Plant Physiology*. Spinger. Verlag Berlin Heidelberg.
- Muers, M. M. 1980. *Biological Purification Of solutions*. Ind.Soc.Chem.J 55:71-76.
- Rahmawati, J., A. 2008. *Studi Pembuatan dan Karakterisasi Mekanik Komposit Serbuk Kayu Keras*. Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang .
- Reddy, K.R. dan de Busk, W.F. 1995. *Nutrient Removal Potential Of Selected Aquatic Macrophytes*. J>Environ.Qual 14459-462.
- Rowell, R.M. James S.Han and Jeffrey C.Rowel. 2008. *Characterczation and Factor Effectting Fiber Properties. Natural Polimer and Agrifiber Composite*:115 – 134
- Sallisbury, F.B. dan Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Jilid 1. Penerbit ITB Bandung.
- Shekinah, P., et al. 2002. *Adsorption of lead(II) from aqueous solution by activated carbon prepared from Eichhornia*. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 77:458-464.
- Smith, M.J. 1985. *Bahan kostruksi dan struktur tehnik: edisi kedua*. Erlangga. Jakarta.
- Stevens, Malcolm dan Sopyan, Iis. 2001. *Kimia polimer*. Pradnya paramita. Jakarta.
- Stevens, M. 2001. *Kimia Polimer*. Penerbit Pradnya Paramita Jakarta..
- Suarna, E. 1990. *Pemanfaatan Eceng Gondok Menjadi Biogas (Methan)*. Majalah BPPT. 39: 85-89.

Supriyanto, H. dan Sipon, M. 1999. *Kajian Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Industri dan Penyelamatan Lingkungan Hidup Di Daerah Perairan*. www.unmul.ac.id/dat/pub/eceng_gondok.pdf. diakses tanggal 16 April 2007.

Suriawiria, Unus. 2003. *Mikrobiologi Umum*. Alumni. Bandung
Tam, N.F.Y., Y., K., Wong dan C., G., Simpson. 1998. *Removal Of Copper by Free and Immobilized Microalga C. Vulgaris*. Springer. USA.

Yan, G dan T. Viraghavan. 2005 *Metalon Mucor Rouxii*. <http://www.wrc.org.za>. diakses. tanggal 5 Maret 2005



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Pembuatan Larutan BSM (*Basalt Salt Medium*) Untuk Media Tumbuh Eceng Gondok Berdasarkan Persamaan 3.1

CaCl₂ dengan molaritas 0,1 mM dengan berat molekul 111 gr/mol

$$\begin{aligned}\text{Mol CaCl}_2 &= \text{Molaritas Larutan} \times \text{Volume Larutan} \\ &= 10^{-4} \text{ mol/L} \times 20 \text{ L} \\ &= 20 \times 10^{-4} \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat CaCl}_2 &= \text{Mol CaCl}_2 \times \text{Berat Molekul CaCl}_2 \\ &= 20 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 111 \text{ gr/mol} \\ &= 0,222 \text{ gr}\end{aligned}$$

KCl dengan molaritas 0,1 mM dengan berat molekul 74,5 gr/mol

$$\begin{aligned}\text{Mol KCl} &= \text{Molaritas Larutan} \times \text{Volume Larutan} \\ &= 10^{-4} \text{ mol/L} \times 20 \text{ L} \\ &= 20 \times 10^{-4} \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat KCl} &= \text{Mol CaCl}_2 \times \text{Berat Molekul KCl} \\ &= 20 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 74,5 \text{ gr/mol} \\ &= 0,149 \text{ gr}\end{aligned}$$

NaCl dengan molaritas 0,1 mM dengan berat molekul 58,5 gr/mol

$$\begin{aligned}\text{Mol NaCl} &= \text{Molaritas Larutan} \times \text{Volume Larutan} \\ &= 10^{-4} \text{ mol/L} \times 20 \text{ L} \\ &= 20 \times 10^{-4} \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat NaCl} &= \text{Mol CaCl}_2 \times \text{Berat Molekul NaCl} \\ &= 20 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 58,5 \text{ gr/mol} \\ &= 0,117 \text{ gr}\end{aligned}$$

Lampiran 2. Perhitungan Pembuatan Media Eceng Gondok Yang Ditambah Logam Mg dan Zn Berdasarkan Persamaan 3.2

Massa Mg^{2+} atau Zn^{2+} dalam bentuk murni
= Konsentrasi yang ditambahkan x Voleme pelarut
= 10 (mg/L) x 20 L
= 0,20 gr

Massa Mg^{2+} dalam bentuk garam yang harus ditambahkan pada media tumbuh eceng gondok adalah

$$\begin{aligned} &= \frac{EM MgCl_2}{Ar Mg} \times \text{Massa } Mg^{2+} \text{ murni} \\ &= \frac{95,21 \frac{gr}{mol}}{24,31 \frac{gr}{mol}} \times 0,20 \text{ gr} \\ &= 0,783 \text{ gr} \end{aligned}$$

Massa Zn^{2+} dalam bentuk garam yang harus ditambahkan pada media tumbuh eceng gondok adalah:

$$\begin{aligned} &= \frac{EM ZnCl_2}{Ar Zn} \times \text{Massa } Zn^{2+} \text{ Murni} \\ &= \frac{136,29 \frac{gr}{mol}}{65,39 \frac{gr}{mol}} \times 0,20 \text{ gr} \\ &= 0,417 \text{ gr} \end{aligned}$$

Lampiran 3. Data Hasil Penelitian

Data Konsentrasi Logam Mg dan Zn Yang Tersisa Pada Media Tumbuh Eceng Gondok

Usia (Minggu)	Mg (ppm)			Zn (ppm)		
	U-1	U-2	C	U-1	U-2	C
0	13,7097	13,7097	0,7323	12,6358	12,6358	0,1027
2	2,4392	2,3017	0,8424	4,8437	4,2449	0,0199
4	2,2149	2,2164	0,1059	5,0008	4,8943	0,1231
6	1,9774	2,1866	0,0064	4,0086	3,6682	0,1950
8	2,4443	2,3685	0,1566	3,2838	2,9778	0,1330
10	1,0543	1,0886	0,0572	0,6162	0,7586	0,0010

Data Konsentrasi Logam Mg dan Zn Yang Terakumulasi Pada Media Tumbuh Eceng Gondok

Usia (Minggu)	Mg (ppm)			Zn (ppm)		
	U-1	U-2	C	U-1	U-2	C
2	8,0536	7,7932	6,4028	1,0229	1,0218	0,2355
4	8,0661	8,1490	6,4318	1,0177	1,0147	0,2368
6	8,0647	8,2258	6,4318	1,0288	1,0344	0,3242
8	8,1662	8,2406	6,7358	1,0327	1,0374	0,3502
10	8,4914	8,2901	11,00?	1,0467	1,0448	0,4051

Data Kuat Tarik Serat Batang Eceng Gondok

Usia (Minggu)	U-1	U-2	C
2	552,07 ± 78,48	458,74 ± 78,44	652,29 ± 62,78
4	598,07 ± 43,24	612,44 ± 54,20	681,08 ± 75,12
6	690,30 ± 51,29	642,72 ± 64,91	787,41 ± 39,06
8	749,60 ± 185,27	642,35 ± 91,32	1006,95 ± 45,31
10	1042,74 ± 09,74	650,38 ± 37,89	1139,18 ± 77,81

Data Regangan Serat Batang Eceng Gondok

Usia (Minggu)	U-1		U-2		C	
	ε ($\times 10^{-2}$)	Kr (%)	ε ($\times 10^{-2}$)	Kr (%)	ε ($\times 10^{-2}$)	Kr (%)
2	$4,0 \pm 0,5$	12,5	$3,2 \pm 0,6$	19,8	$2,5 \pm 0,3$	10,6
4	$3,0 \pm 0,5$	17,3	$3,0 \pm 0,5$	17,3	$2,7 \pm 0,5$	18,8
6	$3,0 \pm 0,5$	17,3	$3,0 \pm 0,7$	25,6	$3,0 \pm 0,3$	8,9
8	$3,2 \pm 0,5$	16,0	$2,5 \pm 0,5$	20,0	$4,2 \pm 0,9$	21,2
10	$2,2 \pm 0,5$	23,0	$2,2 \pm 0,5$	22,8	$5,0 \pm 0,7$	15,6



Lampiran 4. Foto Eceng Gondok



Penanaman Eceng Gondok



Batang Eceng Gondok Yang Dipanen



Serat Batang E.Gondok

Serbuk Serat Batang E. Gondok

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 4. Analisa Data Persen Pemanjangan

ANALISA DATA PERSEN PEMANJANGAN

$$l_0 = 8 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$$

U1

2 Minggu

No	$\Delta l \text{ (m)}$	$ \Delta l - \bar{\Delta l} ^2$	$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$3,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
2	$4,0 \times 10^{-2}$	$64,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-2}$

3	$4,0 \times 10^{-2}$	$64,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-2}$
4	$2,0 \times 10^{-2}$	$144,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
5	$3,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
Σ	$16,0 \times 10^{-2}$	$280,0 \times 10^{-6}$	$19,9 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$3,2 \times 10^{-2}$		$4,0 \times 10^{-2}$

$$l_0 = 8 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

$$\delta l_0 = \frac{1}{2} NST$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,1$$

$$= 0,05 \text{ cm}$$

$$= 0,005 \text{ m}$$

$$l_0 = (0,8 \pm 0,005) \text{ m}$$

$$\delta \Delta l = \sqrt{\frac{280 \times 10^{-6}}{20}} = 0,4 \times 10^{-2}$$

$$\Delta l = (3,2 \pm 0,4) 10^{-2} \text{ m}$$

$$\delta \varepsilon = \left| \frac{\delta l_0}{l_0} + \frac{\delta \Delta l}{\Delta l} \right| \varepsilon = \left| \frac{0,005}{0,8} + \frac{0,4 \times 10^{-2}}{3,2 \times 10^{-2}} \right| \times 4 \times 10^{-2} = 0,5 \times 10^{-2}$$

$$\varepsilon = (4,0 \pm 0,5) \times 10^{-2}$$

$$Kr = 12,5 \%$$

4 Minggu

No	$\Delta l \text{ (m)}$	$ \Delta l - \bar{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
2	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
3	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
4	$4,0 \times 10^{-2}$	$256,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-2}$
5	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
Σ	$12,0 \times 10^{-2}$	$320,0 \times 10^{-6}$	15×10^{-2}
Rata-rata	$2,4 \times 10^{-2}$		$3,0 \times 10^{-2}$

6 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
2	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
3	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
4	$4,0 \times 10^{-2}$	$256,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-2}$
5	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
Σ	$12,0 \times 10^{-2}$	$320,0 \times 10^{-6}$	15×10^{-2}
Rata-rata	$2,4 \times 10^{-2}$		$3,0 \times 10^{-2}$

8 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$2,0 \times 10^{-2}$	$36,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
2	$3,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
3	$2,0 \times 10^{-2}$	$36,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
4	$2,0 \times 10^{-2}$	$36,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
5	$4,0 \times 10^{-2}$	$196,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-2}$
Σ	$13,0 \times 10^{-2}$	$320,0 \times 10^{-6}$	$16,2 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$2,6 \times 10^{-2}$		$3,2 \times 10^{-2}$

10 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$2,0 \times 10^{-2}$	$100,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
2	$2,0 \times 10^{-2}$	$100,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
3	$1,0 \times 10^{-2}$	0	$1,2 \times 10^{-2}$
4	$2,0 \times 10^{-2}$	$100,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
5	$2,0 \times 10^{-2}$	$100,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
Σ	$9,0 \times 10^{-2}$	$400,0 \times 10^{-6}$	$11,2 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$1,8 \times 10^{-2}$		$2,2 \times 10^{-2}$

U-2 2 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$2,0 \times 10^{-2}$	$36,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
2	$3,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
3	$4,0 \times 10^{-2}$	$196,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-2}$
4	$3,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
5	$1,0 \times 10^{-2}$	$256,0 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-2}$
Σ	$13,0 \times 10^{-2}$	$520,0 \times 10^{-6}$	$16,1 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$2,6 \times 10^{-2}$		$3,2 \times 10^{-2}$

4 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$3,0 \times 10^{-2}$	$36,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
2	$3,0 \times 10^{-2}$	$36,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
3	$3,0 \times 10^{-2}$	$36,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
4	$1,0 \times 10^{-2}$	$196,0 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-2}$
5	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
Σ	$12,0 \times 10^{-2}$	$320,0 \times 10^{-6}$	$14,8 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$2,4 \times 10^{-2}$		$3,0 \times 10^{-2}$

6 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$4,0 \times 10^{-2}$	$256,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-2}$
2	$3,0 \times 10^{-2}$	$36,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
3	$1,0 \times 10^{-2}$	$196,0 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-2}$
4	$3,0 \times 10^{-2}$	$36,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
5	$1,0 \times 10^{-2}$	$196,0 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-2}$
Σ	$12,0 \times 10^{-2}$	$720,0 \times 10^{-6}$	$14,8 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$2,4 \times 10^{-2}$		$3,0 \times 10^{-2}$

8 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$2,0 \times 10^{-2}$	0	$2,5 \times 10^{-2}$
2	$3,0 \times 10^{-2}$	$100,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
3	$1,0 \times 10^{-2}$	$100,0 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-2}$
4	$2,0 \times 10^{-2}$	0	$2,5 \times 10^{-2}$
5	$2,0 \times 10^{-2}$	0	$2,5 \times 10^{-2}$
Σ	$10,0 \times 10^{-2}$	$200,0 \times 10^{-2}$	$12,4 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$2,0 \times 10^{-2}$		$2,5 \times 10^{-2}$

10 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$1,0 \times 10^{-2}$	$64,0 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-2}$
2	$2,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
3	$2,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
4	$1,0 \times 10^{-2}$	$64,0 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-2}$
5	$3,0 \times 10^{-2}$	$144,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
Σ	$9,0 \times 10^{-2}$	$280,0 \times 10^{-6}$	$11,1 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$1,8 \times 10^{-2}$		$2,2 \times 10^{-2}$

C 2 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$2,0 \times 10^{-2}$	0	$2,5 \times 10^{-2}$
2	$2,0 \times 10^{-2}$	0	$2,5 \times 10^{-2}$
3	$1,0 \times 10^{-2}$	$100,0 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-2}$
4	$2,0 \times 10^{-2}$	0	$2,5 \times 10^{-2}$
5	$3,0 \times 10^{-2}$	$100,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
Σ	$10,0 \times 10^{-2}$	$200,0 \times 10^{-6}$	$12,4 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$2,0 \times 10^{-2}$		$2,5 \times 10^{-2}$

4 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$2,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
2	$2,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
3	$1,0 \times 10^{-2}$	$144,0 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-2}$
4	$3,0 \times 10^{-2}$	$64,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
5	$3,0 \times 10^{-2}$	$64,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
Σ	$11,0 \times 10^{-2}$	$280,0 \times 10^{-6}$	$13,6 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$2,2 \times 10^{-2}$		$2,7 \times 10^{-2}$

6 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
2	$4,0 \times 10^{-2}$	$256,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-2}$
3	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
4	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
5	$2,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
Σ	$12,0 \times 10^{-2}$	$320,0 \times 10^{-6}$	15×10^{-2}
Rata-rata	$2,4 \times 10^{-2}$		$3,0 \times 10^{-2}$

8 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$4,0 \times 10^{-2}$	$36,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-2}$
2	$6,0 \times 10^{-2}$	$676,0 \times 10^{-6}$	$7,5 \times 10^{-2}$
3	$2,0 \times 10^{-2}$	$196,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
4	$2,0 \times 10^{-2}$	$196,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$
5	$3,0 \times 10^{-2}$	$16,0 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-2}$
Σ	$17,0 \times 10^{-2}$	$1\ 120 \times 10^{-6}$	$21,2 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$3,4 \times 10^{-2}$		$4,2 \times 10^{-2}$

10 Minggu

No	$\Delta l (m)$	$ \Delta l - \overline{\Delta l} ^2$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$
1	$6,0 \times 10^{-2}$	$400,0 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$
2	$4,0 \times 10^{-2}$	0	$5,0 \times 10^{-2}$
3	$4,0 \times 10^{-2}$	0	$5,0 \times 10^{-2}$
4	$4,0 \times 10^{-2}$	0	$5,0 \times 10^{-2}$
5	$2,0 \times 10^{-2}$	$400,0 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$
Σ	$20,0 \times 10^{-2}$	$800,0 \times 10^{-2}$	$25,0 \times 10^{-2}$
Rata-rata	$4,0 \times 10^{-2}$		$5,0 \times 10^{-2}$

Lampiran 5. Data Modulus Young

Sampel 1 Usia 2 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01
3	120	0.33	0.06	0.06	0.03	0.03	0.03
4	180	0.50	0.09	0.07	0.05	0.04	0.05
5	240	0.67	0.10	0.08	0.06	0.05	0.07
6	300	0.83	0.12	0.09	0.07	0.05	0.08
7	360	1.00	0.13	0.10	0.08	0.06	0.09
8	60	1.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.10
9	120	1.33	0.15	0.12	0.10	0.08	0.11

10	180	1.50	0.16	0.12	0.12	0.09	0.12
11	240	1.67	0.17	0.13	0.13	0.10	0.13
12	300	1.83	0.17		0.14	0.10	0.14
13	360	2.00			0.15	0.10	0.14
14	60	2.17			0.17	0.11	0.15
15	120	2.33			0.19	0.12	0.15
16	180	2.50				0.12	0.16
17	240	2.67					0.17

Sampel 1 Usia 4 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01
3	120	0.33	0.05	0.03	0.04	0.03	0.02
4	180	0.50	0.07	0.04	0.05	0.05	0.03
5	240	0.67	0.08	0.05	0.06	0.06	0.04
6	300	0.83	0.10	0.07	0.08	0.07	0.06
7	360	1.00	0.12	0.08	0.10	0.08	0.07
8	60	1.17	0.13	0.09	0.12	0.09	0.08
9	120	1.33	0.15	0.10	0.13	0.10	0.09
10	180	1.50	0.17	0.11	0.15	0.12	0.10
11	240	1.67	0.19	0.12	0.16	0.13	0.11
12	300	1.83		0.11		0.14	0.11
13	360	2.00		0.13		0.15	0.12
14	60	2.17				0.17	0.13
15	120	2.33				0.19	0.14
16	180	2.50					0.15
17	240	2.67					0.16
18	300	2.83					0.16
19	360	3.00					0.17
20	60	3.17					0.17
21	120	3.33					0.18
22	180	3.50					0.19
23	240	3.67					0.20
24	300	3.83					0.21

Sampel 1 Usia 6 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0

2	60	0.17	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03
3	120	0.33	0.03	0.06	0.04	0.03	0.04
4	180	0.50	0.04	0.07	0.06	0.04	0.06
5	240	0.67	0.05	0.09	0.09	0.06	0.07
6	300	0.83	0.06	0.10	0.12	0.07	0.09
7	360	1.00	0.07	0.11	0.14	0.08	0.10
8	60	1.17	0.08	0.12	0.15	0.09	0.09
9	120	1.33	0.09	0.14	0.17	0.11	0.10
10	180	1.50	0.10	0.16	0.19	0.14	0.12
11	240	1.67	0.12	0.18	0.21	0.15	0.13
12	300	1.83	0.13		0.22	0.17	0.14
13	360	2.00	0.15		0.23	0.18	0.15
14	60	2.17	0.16			0.2	0.15
15	120	2.33	0.17				0.14
16	180	2.50	0.18				0.17
17	240	2.67	0.19				0.19
18	300	2.83					

Sampel 1 Usia 8 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
3	120	0.33	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
4	180	0.50	0.05	0.06	0.06	0.06	0.04
5	240	0.67	0.06	0.08	0.08	0.06	0.05
6	300	0.83	0.06	0.11	0.09	0.07	0.06
7	360	1.00	0.07	0.13	0.11	0.08	0.07
8	60	1.17	0.08	0.15	0.12	0.09	0.10
9	120	1.33	0.09	0.17	0.14	0.10	0.12
10	180	1.50	0.10	0.21		0.11	0.14
11	240	1.67	0.11	0.24		0.12	0.16
12	300	1.83	0.11	0.27		0.13	0.18
13	360	2.00	0.12	0.30		0.13	
14	60	2.17	0.12	0.33		0.14	
15	120	2.33	0.13	0.38		0.15	
16	180	2.50	0.14			0.16	
17	240	2.67	0.14			0.16	
18	300	2.83	0.16			0.17	
19	360	3.00	0.16			0.18	
20	60	3.17				0.19	

21	120	3.33				0.20
----	-----	------	--	--	--	------

Sampel 1 Usia 10 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.02	0.04	0.01	0.01	0.03
3	120	0.33	0.03	0.06	0.03	0.03	0.05
4	180	0.50	0.04	0.1	0.06	0.04	0.06
5	240	0.67	0.06	0.12	0.08	0.05	0.07
6	300	0.83	0.08	0.15	0.10	0.06	0.08
7	360	1.00	0.11	0.18	0.11	0.07	0.10
8	60	1.17	0.14	0.22	0.13	0.10	0.13
9	120	1.33	0.15	0.26	0.15	0.14	0.14
10	180	1.50	0.17	0.3	0.17	0.16	0.16
11	240	1.67	0.20	0.34	0.19	0.18	0.17
12	300	1.83	0.22		0.21	0.23	0.19
13	360	2.00	0.24		0.24	0.26	0.200
14	60	2.17	0.26		0.26	0.30	0.22
15	120	2.33	0.28		0.28	0.34	0.24
16	180	2.50	0.30		0.3	0.36	0.25
17	240	2.67	0.33				0.27
18	300	2.83	0.35				0.28
19	360	3.00	0.37				

Sampel 2 Usia 2 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
3	120	0.33	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05
4	180	0.50	0.03	0.05	0.04	0.06	0.07
5	240	0.67	0.04	0.07	0.05	0.08	0.09
6	300	0.83	0.06	0.08	0.06	0.10	0.11
7	360	1.00	0.07	0.09	0.07	0.11	
8	60	1.17	0.09	0.11	0.08	0.13	
9	120	1.33		0.13	0.09	0.14	
10	180	1.50			0.10	0.16	
11	240	1.67			0.11	0.18	

12	300	1.83			0.12		
13	360	2.00			0.13		
14	60	2.17			0.14		
15	120	2.33			0.15		
16	180	2.50			0.16		

Sampel 2 Usia 4 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02
3	120	0.33	0.03	0.05	0.03	0.04	0.03
4	180	0.50	0.05	0.07	0.06	0.05	0.04
5	240	0.67	0.07	0.08	0.08	0.06	0.06
6	300	0.83	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08
7	360	1.00	0.10	0.11	0.11	0.10	0.10
8	60	1.17	0.11	0.12	0.13	0.12	0.11
9	120	1.33	0.12	0.14	0.14	0.13	0.13
10	180	1.50	0.13	0.15	0.15	0.15	0.14
11	240	1.67	0.15	0.15	0.18	0.16	0.15
12	300	1.83	0.17	0.17	0.19	0.16	0.16
13	360	2.00	0.17	0.18	0.20		0.17

Sampel 2 Usia 6 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01
3	120	0.33	0.02	0.03	0.06	0.03	0.03
4	180	0.50	0.03	0.04	0.09	0.03	0.04
5	240	0.67	0.04	0.05	0.11	0.05	0.05
6	300	0.83	0.06	0.06	0.12	0.05	0.07
7	360	1.00	0.07	0.07	0.14	0.07	0.08
8	60	1.17	0.08	0.08	0.16	0.08	0.09
9	120	1.33	0.09	0.09	0.18	0.10	0.10
10	180	1.50	0.10	0.10	0.21	0.11	0.12
11	240	1.67	0.11	0.11		0.12	0.12

12	300	1.83	0.11	0.12		0.12	0.14
13	360	2.00	0.12	0.13		0.13	0.15
14	60	2.17	0.13	0.13		0.15	
15	120	2.33	0.14	0.15		0.16	
16	180	2.50	0.15	0.16		0.17	
17	240	2.67	0.16	0.17		0.18	
18	300	2.83	0.16	0.18		0.20	
19	360	3.00	0.17	0.19		0.21	
20	60	3.17	0.17	0.19		0.22	
21	120	3.33	0.18	0.20			
22	240	3.67	0.19				
23	300	3.83	0.20				

Sampel 2 Usia 8 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.03	0.01	0.03	0.01	0.02
3	120	0.33	0.05	0.02	0.07	0.02	0.04
4	180	0.50	0.08	0.03	0.1	0.03	0.06
5	240	0.67	0.10	0.04	0.12	0.04	0.08
6	300	0.83	0.12	0.04	0.16	0.05	0.09
7	360	1.00	0.14	0.05	0.18	0.06	0.11
8	60	1.17	0.18	0.06	0.21	0.07	0.12
9	120	1.33	0.19	0.07	0.23	0.09	0.15
10	180	1.50	0.21	0.08		0.11	0.17
11	240	1.67	0.23	0.09		0.12	0.18
12	300	1.83	0.25	0.10		0.12	0.19
13	360	2.00		0.12		0.13	0.21
14	60	2.17		0.13			
15	120	2.33		0.14			
16	180	2.50		0.15			
17	240	2.67		0.16			

Sampel 2 Usia 10 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.03	0.01	0.04	0.05	0.02
3	120	0.33	0.06	0.04	0.07	0.08	0.04
4	180	0.50	0.08	0.06	0.09	0.11	0.05

5	240	0.67	0.11	0.07	0.11	0.13	0.05
6	300	0.83	0.13	0.09	0.13	0.17	0.07
7	360	1.00	0.15	0.11	0.14	0.19	0.08
8	60	1.17	0.17	0.13	0.16	0.21	0.09
9	120	1.33	0.19	0.15	0.19		0.10
10	180	1.50	0.21	0.16	0.2		0.12
11	240	1.67		0.18	0.22		0.14
12	300	1.83		0.19	0.23		0.15
13	360	2.00		0.20			0.17
14	60	2.17		0.22			0.19
15	120	2.33		0.23			0.20
16	180	2.50					0.22

Sampel C Usia 2 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
3	120	0.33	0.09	0.05	0.07	0.04	0.07
4	180	0.50	0.10	0.06	0.09	0.06	0.08
5	240	0.67	0.11	0.07	0.10	0.07	0.08
6	300	0.83	0.12	0.08	0.11	0.08	0.09
7	360	1.00	0.12	0.09	0.12	0.09	0.10
8	60	1.17	0.13	0.10	0.15	0.10	0.11
9	120	1.33	0.15	0.11	0.19	0.10	0.13
10	180	1.50	0.17	0.11		0.11	0.15
11	240	1.67	0.2	0.12		0.11	0.17
12	300	1.83		0.13		0.12	0.19
13	360	2.00		0.15		0.13	
14	60	2.17		0.17		0.14	
15	120	2.33		0.18			

Sampel C Usia 4 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.01	0.03	0.04	0.02	0.03
3	120	0.33	0.03	0.07	0.08	0.03	0.04
4	180	0.50	0.04	0.09	0.11	0.05	0.07
5	240	0.67	0.05	0.11	0.14	0.06	0.09
6	300	0.83	0.07	0.14	0.17	0.07	0.1

7	360	1.00	0.09	0.16		0.09	0.13
8	60	1.17	0.11	0.18		0.10	
9	120	1.33	0.12	0.20		0.12	
10	180	1.50	0.14	0.23		0.13	
11	240	1.67	0.15			0.15	
12	300	1.83	0.17			0.17	
13	360	2.00	0.19			0.19	
14	60	2.17	0.21			0.20	
15	120	2.33	0.24				
16	180	2.50	0.24				

Sampel C Usia 6 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.02	0.02	0.01	0.04	0.05
3	120	0.33	0.05	0.04	0.04	0.07	0.13
4	180	0.50	0.07	0.07	0.07	0.1	0.16
5	240	0.67	0.09	0.09	0.09	0.13	0.17
6	300	0.83	0.11	0.12	0.12	0.17	0.19
7	360	1.00	0.13	0.14	0.14	0.21	
8	60	1.17	0.15	0.18	0.18	0.23	
9	120	1.33	0.17	0.2	0.2		
10	180	1.50	0.18	0.24	0.22		
11	240	1.67	0.19	0.26	0.23		
12	300	1.83	0.21	0.28	0.24		
13	360	2.00		0.28			

Sampel C Usia 8 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.06	0.04	0.01	0.03	0.04
3	120	0.33	0.09	0.06	0.03	0.05	0.06
4	180	0.50	0.12	0.08	0.05	0.07	0.09
5	240	0.67	0.14	0.10	0.06	0.09	0.10
6	300	0.83	0.17	0.11	0.06	0.10	0.13
7	360	1.00	0.20	0.13	0.08	0.11	0.14
8	60	1.17	0.23	0.15	0.10	0.11	0.16
9	120	1.33	0.26	0.17	0.12	0.13	0.17
10	180	1.50	0.28	0.19	0.13	0.14	0.19

11	240	1.67	0.31	0.20	0.15	0.15	0.20
12	300	1.83	0.34	0.21	0.16	0.16	0.21
13	360	2.00	0.37	0.24	0.17	0.17	0.22
14	60	2.17	0.39	0.27	0.18	0.18	0.24
15	120	2.33		0.29	0.19	0.19	0.25
16	180	2.50		0.32	0.20	0.20	0.25
17	240	2.67		0.34	0.21	0.22	
18	300	2.83		0.36	0.23	0.23	
19	360	3.00		0.39	0.23	0.24	
20	60	3.17			0.25	0.25	
21	120	3.33			0.25	0.26	
22	180	3.50				0.28	
23	240	3.67				0.29	

Sampel C Usia 10 minggu

No	Sudut	Regangan	Kuat Tarik (N)				
			1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0.17	0.02	0.04	0.02	0.02	0.05
3	120	0.33	0.03	0.07	0.03	0.06	0.09
4	180	0.50	0.04	0.08	0.04	0.08	0.13
5	240	0.67	0.05	0.10	0.05	0.12	0.18
6	300	0.83	0.07	0.11	0.07	0.14	0.21
7	360	1.00	0.09	0.13	0.09	0.15	0.24
8	60	1.17	0.11	0.15	0.12	0.16	0.28
9	120	1.33	0.12	0.17	0.14	0.17	0.31
10	180	1.50	0.13	0.19	0.16	0.19	0.34
11	240	1.67	0.15	0.21	0.17	0.21	0.38
12	300	1.83	0.17	0.24	0.18	0.22	
13	360	2.00	0.18	0.25	0.21	0.24	
14	60	2.17	0.19	0.29	0.23	0.25	
15	120	2.33	0.21	0.30	0.25	0.26	
16	180	2.50	0.22	0.32	0.27	0.28	
17	240	2.67	0.23	0.34	0.29	0.31	
18	300	2.83	0.25	0.36	0.30	0.33	
19	360	3.00	0.27	0.39	0.34	0.35	
20	60	3.17	0.28	0.40	0.37	0.37	
21	120	3.33	0.30			0.38	
22	180	3.50	0.32			0.41	
23	240	3.67	0.35			0.42	
24	300	3.83	0.36				

25	360	4.00	0.39				
26	60	4.17	0.40				
27	120	4.33	0.42				
28	180	4.50	0.43				

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

