

**PENGARUH KANDUNGAN Mg DAN Zn TERHADAP
KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT SERAT ECENG
GONDOK (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) BERMATRIK
POLYETILENA**

TUGAS AKHIR

Oleh :
WAHYU INDAH RETNOWATI
0110930056-93



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
2008

**PENGARUH KANDUNGAN Mg DAN Zn TERHADAP
KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT SERAT ECENG
GONDOK (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) BERMATRIKS
POLYETHYLENE**

TUGAS AKHIR

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

oleh :

**WAHYU INDAH RETNOWATI
0110930056-93**



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

2008

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PENGARUH KANDUNGAN Mg DAN Zn TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT SERAT ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) BERMATRIK POLYETILENA

oleh :
WAHYU INDAH RETNOWATI
0110930056 - 93

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

Pembimbing I

Pembimbing II

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

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

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Adi Susilo, M.Si, Ph.D
NIP. 131 960 447

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wahyu Indah Retnowati
NIM : 0110930056-93
Jurusan : Fisika
Penulis Tugas Akhir berjudul :

**PENGARUH KANDUNGAN Mg DAN Zn TERHADAP
KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT SERAT ECENG
GONDOK (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) BERMATRIK
POLYETILENA**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Tugas Akhir ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Tugas Akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, April 2008
Yang menyatakan,

Wahyu Indah Retnowati
NIM. 0110930056-93

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga tugas akhir penulis yang berjudul “Pengaruh Kandungan Mg dan Zn Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit Serat Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) Bermatrik Polyetilena” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu sudah sepatutnya penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Bpk. Drs. Adi Susilo, M.Si., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Brawijaya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan tugas akhir kuliah.
2. Bpk. Ir.D.J.Djoko H.S., M.Phill., PhD selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan serta bimbingan dalam pelaksanaan tugas akhir penulis.
3. Ibu Istiroyah, S.Si., M.T selaku dosen pembimbing II yang juga memberikan banyak masukan dan arahan kepada penulis.
4. Ayah (almarhum) yang ingin sekali melihat putri sulungnya lulus dan diwisuda tapi belum bisa terlaksana karena lebih dulu dipanggil sama Yang Maha Pemberi Kehidupan. Maafkan ananda ayah dan terima kasih banyak atas kasih sayangnya selama ini.
5. Mama yang selalu menjadi idola bagi penulis karena kesabaran dan ketabahannya selama ini. Ananda akan selalu berusaha menjadi anak yang berbakti.
6. Putri, Wulan, Ayu, dan Ofek (adik-adikku tercinta). Terima kasih banyak atas kebersamaannya selama ini. Pertengkaran demi pertengkaran dan gurauan demi gurauan sungguh sangat berarti dan menjadi bumbu kehidupan yang tak akan pernah terlupakan.
7. Erica dan Tito. My sweetie (keponakan yang lucu). Tak akan ada hari tanpa senyum dan tingkah polanya yang membuat hari-hari semakin indah dan hidup.
8. Aisya, Ilul, Budi (my bestfriend). Terima kasih atas persahabatan yang diberikan kepada penulis. Senyum, cerita,

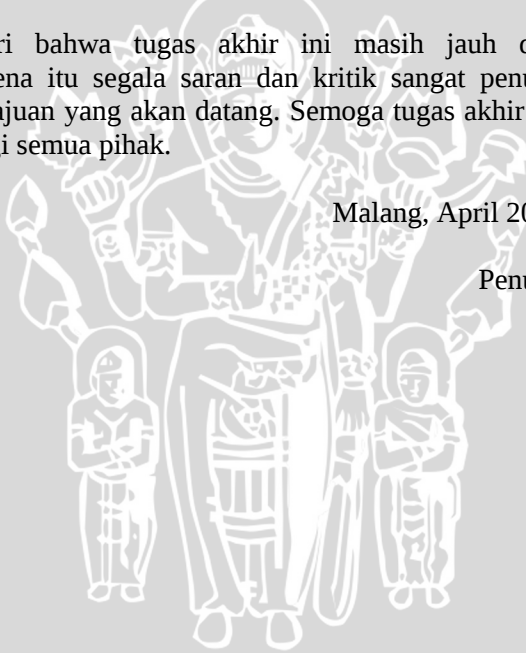
dan canda tawa kalian membuat dunia seakan selalu penuh bunga.

9. Hafiz, Jayeng, Danang, Adul, Omen, Machrus dan teman-teman kontrakan yang meminjamkan komputer dan tetap memberikan senyuman kepada penulis meskipun penulis sudah menghabiskan tinta printer. Makasih banyak untuk dukungan dan kebersamaannya.
10. Teman-teman fisika angkatan 2001 yang selalu memberi support dan dukungan sehingga penulis dapat segera menyelesaikan tugas akhir.
11. Teman-teman, sahabat-sahabat dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Terima kasih atas perhatian, senyuman, dukungan serta bantuannya selama ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu segala saran dan kritik sangat penulis harapkan untuk kemajuan yang akan datang. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, April 2008

Penulis



DARTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Umum Tentang Eceng Gondok	5
2.2 Kemampuan Penyerapan Logam Oleh Eceng Gondok	6
2.3 Serat Tumbuhan.....	7
2.4 Magnesium.....	8
2.5. Seng (Zn)	8
2.6. Polyetilen	9
2.6.1. Karakteristik polyetilen	10
2.6.2. LDPE (<i>Low Density Polyetilen</i>)	10
2.7. Komposit	11
2.8 Konsep Elastisitas	12
2.9. Kuat Tarik	14
2.10. Persen Perpanjangan.....	15

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.3. Diagram Alir Penelitian	18
3.4. Cara Kerja Penelitian	20

3.4.1. Preparasi media.....	20
3.4.2. Penumbuhan eceng gondok dengan penambahan Mg dan Zn	21
3.4.3 Pengambilan serat.....	22
3.4.4 Persiapan pembuatan spesimen komposit	22
3.4.5 Pembuatan specimen komposit.....	23
3.4.6 Pengujian	24
3.4.6.1 Pengujian AAS	24
3.4.6.2. Uji kekuatan tarik komposit	25
3.4.6.3. Pengamatan SEM	25
3.4.7. Analisa data	27

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Pengukuran Kandungan Logam Mg dan Zn dalam Serat Eceng Gondok	31
4.2. Karakteristik Mekanik Komposit Eceng Gondok	33
4.2.1. Kuat tarik komposit	33
4.2.2. Persen perpanjangan komposit	37
4.2.3. Modulus young komposit	40

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	47
5.2 Saran	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar. 2.1 Eceng Gondok (<i>Eichhornia Crassipes</i> (Mart.) Solms)	2
Gambar 2.2. Penampang memanjang dan potongan melintang dari suatu sel serat	7
Gambar. 2.3. Monomer etilen dan rantai Polyetilen	9
Gambar 2.4. Kelakuan tegangan tarik perpanjangan yang khas	12
Gambar 2.5. Kurva umum tegangan tarik perpanjangan untuk suatu termoplastik khas.....	14
Gambar 2.6. Spesimen Uji Tarik	15
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 3.2. Digram perlakuan terhadap bahan	19
Gambar 3.3. Serat eceng gondok	22
Gambar 3.4. Serbuk eceng gondok	23
Gambar 3.5. Mesin injeksi molding	24
Gambar 3.6. Unit cetak komposit	24
Gambar 3.7. Sampel komposit yang akan dipotret dengan SEM	26
Gambar 3.8. Uji sampel melalui SEM	26
Gambar 3.9. Patahan dumbell setelah diuji tarik	28
Gambar 4.1. Pengaruh penambahan logam Mg dan Zn pada serbuk eceng gondok	32
Gambar 4.2. Hubungan kuat tarik komposit dengan variasi kandungan logam Mg.	34
Gambar 4.3. Hubungan kuat tarik komposit terhadap variasi kandungan logam Zn	35
Gambar 4.4. Citra SEM bahan komposit sampel habitat dengan perbesaran 1500x	35
Gambar 4.5. Citra SEM pada sampel 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm dengan distribusi kandungan logam yang berbeda	36
Gambar 4.6. Hubungan prosentase pemanjangan komposit serat dengan variasi kandungan logam Mg.	38
Gambar 4.7. Hubungan persentase perpanjangan komposit serat eceng gondok dengan variasi kandungan logam Zn	39
Gambar 4.8a. Hubungan stress dan strain sampel komposit habitat dan 5 ppm	41

Gambar 4.8b. Hubungan stress dan strain sampel komposit 10 ppm dan 15 ppm.	42
Gambar 4.8c. Hubungan stress dan strain sampel komposit 20 ppm dan 25 ppm	43

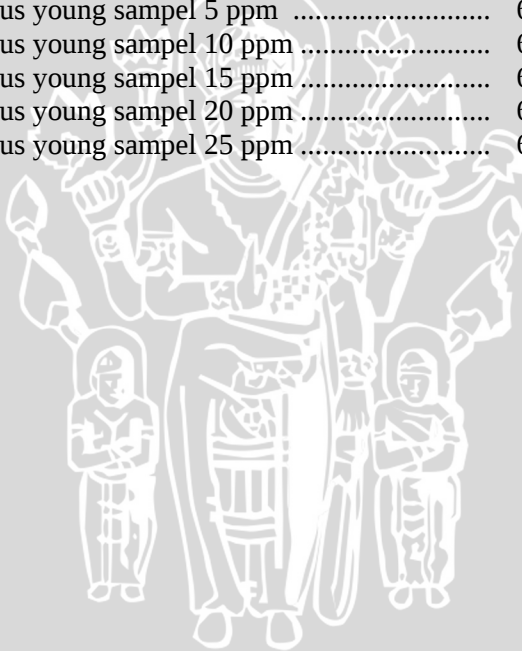
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Logam Mg	8
Tabel 2.2. Sifat fisik Zn	9
Tabel 2.3 Karakteristik mekanik LDPE	11
Tabel 3.1 Data uji tarik komposit serat	27
Tabel 3.2 Data Perubahan ukuran pada dumbell	28
Tabel 4.1. Tabel kandungan awal logam di habitat	31
Tabel 4.2. Data Hasil Kandungan logam Mg dan Zn dalam serbuk eceng gondok	32
Tabel 4.4. Persentase perpanjangan komposit eceng gondok dengan variasi kandungan logam Mg dan Zn	37
Tabel 4.5a Modulus elastisitas komposit habitat	44
Tabel 4.5b. Modulus elastisitas komposit 5 ppm	45
Tabel 4.5c. Modulus elastisitas komposit 10 ppm.....	45
Tabel 4.5d. Modulus elastisitas komposit 15 ppm	45
Tabel 4.5e. Modulus elastisitas komposit 20 ppm	46
Tabel 4.5d. Modulus elastisitas komposit 25 ppm	46
Tabel L.1.1. Data berat kering serbuk eceng gondok.	51
Tabel L.1.2 Data Pengukuran plastic + cap	51
Tabel L.1.3. Data stress dan strain sampel habitat 1	52
Tabel L.1.4. Data stress dan strain sampel habitat 2	52
Tabel L.1.5. Data stress dan strain sampel habitat 3	52
Tabel L.1.6. Data stress dan strain sampel 5 ppm 1	53
Tabel L.1.7. Data stress dan strain sampel 5 ppm 2	53
Tabel L.1.8. Data stress dan strain sampel 5 ppm 3	53
Tabel L.1.9. Data stress dan strain sampel 10 ppm 1	54
Tabel L.1.10 Data stress dan strain sampel 10 ppm 2	54
Tabel L.1.11. Data stress dan strain sampel 10 ppm 3	54
Tabel L.1.12. Data stress dan strain sampel 15 ppm 1	55
Tabel L.1.13. Data stress dan strain sampel 15 ppm 2	55
Tabel L.1.14. Data stress dan strain sampel 15 ppm 3	55
Tabel L.1.15 Data stress dan strain sampel 20 ppm 1	56
Tabel L.1.16 Data stress dan strain sampel 20 ppm 2	56
Tabel L.1.17. Data stress dan strain sampel 20 ppm 3	56
Tabel L.1.18 Data stress dan strain sampel 25 ppm 1	57
Tabel L.1.19 Data stress dan strain sampel 25 ppm 2	57
Tabel L.1.20 Data stress dan strain sampel 25 ppm 3	57

Tabel L. 2.1.1 Kuat tarik sampel habitat	58
Tabel L.2.1.2 Kuat tarik sampel 5 ppm	58
Tabel L.2.1.3. Kuat tarik sampel 10 ppm	59
Tabel L.2.1.4. Kuat tarik sampel 15 ppm	59
Tabel L.2.1.5 Kuat tarik sampel 20 ppm	60
Tabel L.2.1.6 Kuat tarik sampel 25 ppm	60
Tabel L.2.2.1. Persen perpanjangan sampel habitat	61
Tabel L.2.2.2. Persen perpanjangan sampel 5 ppm	61
Tabel L.2.2.3. Persen perpanjangan sampel 10 ppm	62
Tabel L.2.2.4. Persen perpanjangan sampel 15 ppm	62
Tabel L.2.2.5 Persen perpanjangan sampel 20 ppm	63
Tabel L.2.2.6. Persen perpanjangan sampel 25 ppm	63
Tabel L.2.3.1. Modulus young sampel habitat	64
Tabel L.2.3.2. Modulus young sampel 5 ppm	64
Tabel L.2.3.3. Modulus young sampel 10 ppm	65
Tabel L.2.3.4. Modulus young sampel 15 ppm	65
Tabel L.2.3.5. Modulus young sampel 20 ppm	66
Tabel L.2.3.6. Modulus young sampel 25 ppm	66



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian	51
Lampiran 2. Data Hasil Perhitungan	58
Lampiran 2.1 Perhitungan kekuatan tarik komposit	58
Lampiran 2.2. Perhitungan persen perpanjangan komposit	61
Lampiran 2.3. Perhitungan modulus young komposit	64
Lampiran 3. Hasil Uji Laboratorium	67
Lampiran 3.1. Laporan hasil analisa kandungan awal Mg dan Zn	67
Lampiran 3.2. Laporan hasil analisa kandungan Mg dan Zn dalam serbuk eceng gondok	68
Lampiran 3.3. Formulir kerja laboratorium metode AAS	69
Lampiran 3.4. Analisa metode AAS	70



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



PENGARUH KANDUNGAN Mg DAN Zn TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT SERAT ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) BERMATRIK POLYETHYLENE

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh kandungan logam Mg dan Zn terhadap karakteristik mekanik komposit serat eceng gondok dengan matrik polietilena yang meliputi kuat tarik komposit serat, persen pemanjangan komposit serat, dan modulus elastisitas komposit serat. Tanaman eceng gondok ditumbuhkan dalam media yang ditambah dengan logam Mg dan Zn dengan konsentrasi masing-masing 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm dan 25 ppm. Sedangkan sebagai kontrol perlakuan, eceng gondok juga ditumbuhkan dalam media yang tidak ditambah dengan logam. Pemanenan dilakukan dengan memotong bagian batang eceng gondok, kemudian dioven pada suhu 40°C selama 72 jam. Setelah itu batang direndam di dalam air selama 2 minggu sehingga batang menjadi lapuk dan serat mudah diambil. Komposit serat dibentuk dari komposisi serbuk eceng gondok dan matrik polietilena dengan metode injeksi.

Karakteristik mekanik komposit serat diamati dengan metode uji tarik. Kadar logam dalam serat ditentukan dengan metode AAS. Sedangkan untuk mempelajari sebaran logam di permukaan sampel komposit digunakan SEM. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa elastisitas komposit serat menurun dengan bertambahnya logam. Kuat tarik komposit serat berkisar antara 19.32 - 23.27 MPa, persen perpanjangan komposit berkisar antara 134.75 - 136.50%, dan modulus elastisitas komposit berkisar antara 14.66 - 17.44 MPa. Selain jumlah kandungan logam, karakteristik mekanik komposit serat juga dipengaruhi oleh komposisi serat di dalam kompositnya.

Kata kunci : eceng gondok, akumulasi logam, polietilena, karakteristik mekanik komposit serat.

THE INFLUENCE OF Mg AND Zn CONTENTS AGAINST THE CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MECHANIC OF WATER HYACINTH (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) FIBER WITH POLYETHYLENE MATRIX

ABSTRACT

The research about the influence of the metal content of Mg and Zn against the characteristic of composite mechanic of the water hyacinth fiber with polyethylene matrix has been conducted which covered the tensile strength of fiber composite, the percentage of fiber composite elongation, and the elasticity modulus of fiber composite. The plant of water hyacinth was made grow in the media which was added with the metal of Mg and Zn with concentration of each 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, and 25 ppm. Meanwhile, as a treatment control, the water hyacinth was also made grow in the media which was not added with the metal of Mg and Zn. The harvesting was conducted by cutting the stem of water hyacinth, then they were put in the oven with temperature of 40 °C for 72 hours. After that, those stems were submerged in water for 2 weeks until the stems became weakened and the fiber could be taken easily. The fiber composite was formed from the composition of the water hyacinth dust and the polyethylene matrix by injection method.

The characteristic of fiber composite mechanic was observed by using the method of pull test. The metal content in the fiber was determined by using the method of AAS. While, in order to study the spread of metal in the surface of the composite sample, we used SEM. From this research, the result obtained was that the elasticity of the fiber composite was decreased as the metal content increased. The tensile strength of the fiber composite was ranged from 19.32 MPa to 23.27 MPa, the percentage of composite elongation was ranged from 134.75 % to 136.50 %, and the modulus of composite elasticity was ranged from 14.66 MPa - 17.44 MPa. In addition, the amount of metal content, the characteristic of fiber composite mechanic were also influenced by the composition of the fiber inside its composite.

Keywords : water hyacinth, accumulation of metal, polyethylene, characteristic of fiber composite mechanic.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Eceng gondok merupakan gulma perairan yang menimbulkan dampak negatif pada perairan seperti menghalangi cahaya dan oksigen, serta menyebabkan pendangkalan pada perairan. Namun begitu eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mort.) Solms) juga mempunyai segi positif yang sangat diperlukan bagi banyak penelitian dan industri yaitu kemampuannya menyerap logam berat pada perairan yang tercemar. Logam berat yang mampu diserap diantaranya adalah cadmium, mercury, timbal, dan nikel (Wolverton, 1975). Eceng gondok juga berperan sebagai biofilter yang dapat mereduksi ion logam seperti Na^+ dan Mg^{2+} pada buangan limbah, serta menurunkan kandungan logam berat seperti Hg, Pb dan Zn (Suriawiria, 2003). Logam Mg diserap oleh tumbuhan untuk mengaktifkan enzim-enzim yang diperlukan dalam proses metabolisme (Salisbury and Ross, 1995). Logam berat yang diserap eceng gondok diakumulasi di akar, batang dan daun (Fitter and Hay, 1991).

Secara biologi logam Mg dan Zn diserap oleh tumbuhan sebagai fungsi faal dalam tubuh tanaman terutama logam Mg untuk mengaktifkan banyak enzim yang diperlukan dalam fotosintesis, respirasi, dan pembentukan DNA dan RNA. Sedangkan logam Zn dibutuhkan untuk pertumbuhan batang (Salisbury dan Ross, 1995). Sedangkan secara kimiawi, logam Mg dan Zn merupakan unsur logam yang mudah ditemukan di alam bebas yang cenderung untuk tidak berikatan dengan unsur lain dan memiliki keelektronegatifan yang relatif tinggi.

Menurut Rowell *et al* (2000), Kemampuan eceng gondok menyerap dan mengakumulasi logam berat dapat mempengaruhi sifat serat. Sedangkan dari sisi mekanik, logam dapat berfungsi sebagai penguat.

Di sisi lain, keberadaan eceng gondok yang melimpah memberikan peluang yang besar untuk memanfaatkan eceng gondok sebagai sumber serat alami. Selain sebagai biofilter, eceng gondok juga dimanfaatkan sebagai bahan baku kertas, industri kerajinan dan asesoris, industri pakan ternak dan bahan komposit (Joedodibroto, 1983).

Sebagai bahan komposit, serat dapat dimanfaatkan dengan perpaduan bahan-bahan polimer untuk menghasilkan produk komersial. Salah satu jenis bahan polimer yang dapat digunakan adalah plastik termoplastik jenis polietilena yang memiliki sifat kimia yang stabil dan mudah dicetak. Untuk mendapatkan hasil lebih baik, sifat-sifat mekanik merupakan aspek yang sangat mendasar.

Sehubungan dengan hal-hal tersebut di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana karakteristik mekanik komposit serat eceng gondok dipengaruhi oleh kandungan logam berat (dalam hal ini Mg dan Zn).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan di atas, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh kandungan logam Mg dan Zn terhadap karakteristik mekanik komposit serat eceng gondok yang di dalamnya terdapat matriks polietilena.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan yang dikaji dibatasi pada :

1. Batang tanaman eceng gondok dengan karakteristik tinggi rata-rata 50 cm, jumlah daun 4 helai, berat segar rata-rata $\pm$ 290 gr, dan kondisi awal dianggap sama.
2. Matriks yang digunakan adalah jenis termoplastik yaitu polyetilena (jenis LDPE).
3. Uji karakteristik mekanik komposit serat adalah dengan uji kekuatan tarik, persen perpanjangan dan modulus elastisitas.
4. Logam Mg dan Zn diberikan bersama-sama dalam bentuk larutan dimana tiap media mengandung kedua logam tersebut sebesar 5 ppm, 10ppm, 15 ppm, 20 ppm, dan 25 ppm.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan diadakannya penelitian ini yaitu untuk mempelajari pengaruh kandungan logam Mg dan Zn terhadap karakteristik mekanik komposit serat eceng gondok dengan menggunakan matrik dari jenis polimer termoplastik yaitu polyetilena.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

1. Mendukung perkembangan teknologi material dengan memanfaatkan tanaman air terutama yang mengandung serat seperti eceng gondok sebagai salah satu bahan alternatif yang ramah lingkungan.
2. Memberikan pengetahuan tentang pengaruh kandungan logam berat seperti Mg dan Zn terhadap karakteristik mekanik komposit eceng gondok terutama yang sudah dipadukan dengan matriks polimer buatan jenis polyetilena.
3. Dapat digunakan sebagai referensi dan acuan bagi penelitian selanjutnya tentang pemanfaatan eceng gondok.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Umum Tentang Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) merupakan tumbuhan air yang berasal dari Brazil. Tumbuhan ini menyebar ke seluruh dunia dan tumbuh pada daerah dengan ketinggian tempat berkisar antara 0-1600 m di atas permukaan laut yang beriklim tropis dan sub tropis, kecuali pada daerah yang beriklim dingin. Penyebaran tumbuhan ini dapat melalui kanal, sungai dan rawa serta perairan tawar lain dengan aliran lambat (Ghopal dan Sharma, 1981).

Di Indonesia, Eceng gondok pada mulanya diperkenalkan oleh Kebun Raya Bogor pada tahun 1894 (Brij dan Sharma, 1981). Menurut Lawrence (1964) dalam Moenandir (1990), Eceng gondok secara botanis mempunyai sistematika sebagai berikut :

- Divisio : Embryophytasi phonogama
- Sub Divisio : Spermathopyta
- Klas : Monocotyledoneae
- Ordo : Ferinosae
- Famili : Pontederiaceae
- Genus : Eichhornia
- Spesies : *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.



Gambar. 2.1 Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms)

Sumber:

<http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/plants/plantid2/images/hyacinth.jpg>

Sebagai gulma air eceng gondok mempunyai akar serabut (Holms *et al.*, 1970) dengan floem dan xylem yang kecil. Akar-akar tersebut mampu menyerap logam-logam yang terkandung dalam air yang tercemar limbah. Gulma ini dapat tumbuh pada media dengan pH 4 sampai 9, berkadar garam kurang dari 0,06% (hanya sampai pada hari ke-28) dan kadar P 0,1-20 ppm (Oedin, 1980), maupun pada air yang tercemar logam berat (Widyanto, 1977).

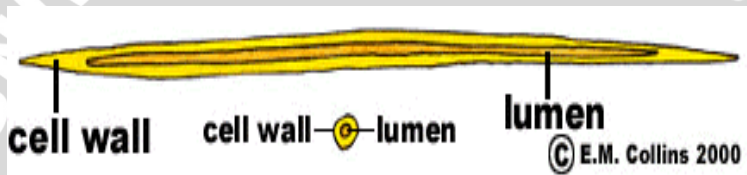
2.2 Kemampuan Penyerapan Logam Oleh Eceng Gondok

Muramoto dan Oki (1983) mengungkapkan bahwa eceng gondok dapat digunakan untuk menghilangkan polutan, karena fungsinya sebagai sistem filtrasi biologis, menghilangkan nutrient mineral, menghilangkan logam berat seperti cuprum, aurum, cobalt, strontium, merkuri, timah, cadmium, dan nikel. Hal serupa juga diungkapkan oleh Reddy dan De Busk (1985), bahwa tumbuhan mengapung seperti eceng gondok dapat menghilangkan logam berat yang terkandung pada air limbah dalam jumlah yang sangat signifikan.

Kemampuan penyerapan eceng gondok terhadap logam tergantung pada beberapa hal seperti jenis logam berat, tercampurnya beberapa logam tersebut dan umur gulma. Penyerapan logam berat per satuan berat kering lebih tinggi pada umur muda daripada umur tua (Widyanto dan Susilo, 1977). Untuk Mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi misalnya dengan menimbun logam di dalam logam tertentu seperti akar (Untuk Cd pada *silence dioca* [Grant, 1984]), dan Trikhoma (untuk Cd [Salisbury dan Ross, 1995]). Logam berat yang dapat diserap eceng gondok terhadap berat keringnya adalah Cd (1,35 mg/g), Hg (1,77 mg/g), dan Ni (1,16 mg/g) dengan larutan yang masing-masing mengandung logam berat 3 ppm (Widyanto dan Suselo, 1977). Sedangkan Muramoto dan Oki (1983) menemukan bahwa tumbuhan ini mampu menyerap Cd (1,24 mg/g), Pb (1,93mg/g) dan Hg (0,98mg/g) terhadap berat keringnya yang ditumbuhkan dalam media yang mengandung logam berat 1 ppm. Chigbo *et al.* (1982) melaporkan bahwa gulma ini juga mampu menyerap Hg dan As masing-masing sebesar 2,23 dan 3,28 mg/g dari berat keringnya.

2.3 Serat Tumbuhan

Sklerenkim adalah jaringan yang terjadi dari sel-sel dengan penebalan pada dinding sekunder (Fahn, 1982). Jaringan ini mati pada saat dewasa dan memiliki fungsi utama sebagai jaringan penyokong pada akar dan batang tumbuhan. Serat merupakan suatu komponen dari jaringan sklerenkim. Ujung-ujung serat memanjang dan meruncing bila dilihat dengan cara sayatan memanjang. Lumen atau rongga di dalam sel serat dewasa, juga sangat kecil jika dilihat dengan cara yang sama. Serat juga berhubungan dengan jaringan xylem dan floem dari akar dan batang tumbuhan monokotil dan dikotil (<http://waynesword.palomar.edu/trjune99.htm>).



Gambar 2.2. Penampang memanjang dan potongan melintang dari suatu sel serat

(Sumber: <http://waynesword.palomar.edu/trjune99.htm>)

Serat umumnya didapati diantara jaringan vascular tetapi pada banyak tumbuhan juga dapat berkembang pada jaringan dasar. Sesuai dengan letaknya pada tubuh tumbuhan, serat diklasifikasikan dalam dua tipe dasar: serat xiler dan ekstraxiler. Serat xiler merupakan bagian terpadu pada xylem dan berkembang dari jaringan meristem yang sama. Serat ekstraxiler terdapat di tempat lain pada tumbuhan, selain diantara unsur xylem, misalnya di korteks atau di sekitar unsur floem (Fahn, 1982).

Pada batang monokotil, serat ekstraxiler terdapat dalam silinder kosong di jaringan dasar, dan dapat juga dijumpai di dalam epidermis pada jarak tertentu, bahkan dapat juga mengelilingi berkas pembuluh yang paling luar (Fahn, 1982).

Joedodibroto (1983) menyatakan, bahwa dari hasil analisa dimensi serat batang Eceng gondok diketahui memiliki panjang serat yang tergolong sedang (1,75-2,12 mm) dengan bentuk yang langsing dan memiliki diameter serat antara 11,15-11,65 μm . Onggo dan Triastuti (1998) menyatakan bahwa panjang serat batang eceng

gondok antara 1,50 – 3,50 mm dengan rata-rata kadar holloselulosa, alpha selulosa, dan lignin berturut-turut sebesar 62,23%, 35,40% dan 6,30%.

2.4. Magnesium

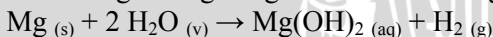
Magnesium adalah logam yang agak kuat, putih keperakan, dan ringan. Dalam susunan berkala, unsur logam Mg terdapat dalam golongan alkali tanah (IIA) yang memiliki tingkat keelektroegatifan yang tinggi. Dalam bentuk serbuk, logam ini terbakar apabila berada dalam kelembapan dan terbakar dengan nyala putih. Sedangkan apabila dibakar dalam bentuk pita logam magnesium dan seterusnya direndam dalam air, maka akan meneruskan pembakaran sehingga pita magnesium habis terbakar. Karakteristik fisik Mg ditunjukkan dalam tabel 2.1.

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
Keelektroegatifan	1.31 (Skala pauling)

(Sumber : <http://ms.wikipedia.org/wiki/Magnesium>)

Reaksi logam Mg dengan air adalah sebagai berikut :



Magnesium organik penting bagi tumbuhan. Unsur Mg merupakan nutrisi pokok pada tanaman yang mempunyai peranan penting dalam penyusunan klorofil yang merupakan komponen dalam fotosintesis. Selain itu, Mg diserap untuk mengaktifkan enzim-enzim yang diperlukan dalam proses fotosintesis, respirasi dan pembentukan DNA dan RNA (Salisbury, 1995).

2.5. Seng (Zn)

Zn merupakan golongan logam yang memiliki daya oksidasi yang tinggi. Dalam tumbuhan, unsur Zn dibutuhkan dalam

pembentukan triptofan, merangsang sintesa sitokrom C dan berperan sebagai kofaktor enzim dehidrogenase (Salisbury dan Ross, 1995).

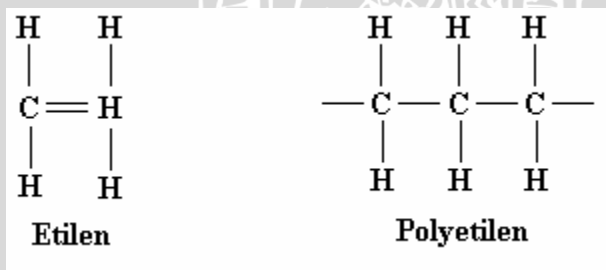
Tabel 2.2. Sifat fisik Zn

Sifat	Harga
Nomor atom	30
Rapat massa (density pada 25 ⁰ C)	7140 kg/m ³
Modulus elastisitas	70 Mpa
Kuat tarik	28 Pa (4,000 psi)
Viskositas, liquid (419.5 ⁰ C)	3.67 km/s

(Sumber : <http://prchandna.tripod.com/properties.htm>)

2.6. Polyetilen

Polyetilen merupakan salah satu jenis resin polimer termoplastik yang mempunyai ikatan linier antara monomer-monomernya sehingga kestabilan struktur kimianya akan relatif rendah. Reaksi kimianya bersifat reversible yang memungkinkan suatu komponen untuk dibentuk kembali. Polyetilen dibuat dengan jalan polimerisasi gas etilen, yang dapat diperoleh dengan memberi hydrogen gas petroleum pada pemecahan minyak (nafta), gas alam atau asitilen (Billmeyer, Fred W Jr. 1984).



Gambar. 2.3. Monomer etilen dan rantai Polyetilen

Polyetilena dibagi menjadi produk massa jenis rendah (<0.94 gr/cm³), disebut sebagai LDPE dan produk massa jenis tinggi (>0.94 gr/cm³), disebut sebagai HDPE. Perbedaan dalam massa jenis ini timbul dari strukturnya. Polyetilena massa jenis tinggi secara esensial

merupakan polimer linear dan polyetilena massa jenis rendah bercabang. (Stevens, M. 2001)

2.6.1. Karakteristik polytilen

Adapun sifat – sifat dari polytilen antara lain :

- Massa jenisnya yang rendah, yaitu berkisar $0,91 - 0,96 \text{ gr.cm}^{-3}$
- Kekuatan tarik dan temperatur semakin tinggi bila massa jenisnya naik tetapi berbanding terbalik dengan kekuatan impak.
- Memiliki sifat-sifat listrik yang buruk sehingga baik untuk bahan isolasi listrik.
- Mempunyai sifat-sifat kimia yang stabil dan tahan terhadap berbagai bahan kimia kecuali kalida dan oksida kuat.
- Mempunyai kemampuan cetak yang baik.

(Billmeyer, Fred W Jr. 1984)

2.6.2. LDPE (*Low Density Polytilen*)

Dalam penelitian ini yang digunakan adalah jenis LDPE yang merupakan jenis polimer yang paling banyak digunakan dalam bidang produksi. LDPE mempunyai kepadatan $918-935 \text{ kg/m}^3$ dan memiliki *toughness* yang baik serta fleksibel. LDPE banyak digunakan dalam pengemasan *film* dan sebagai bahan isolasi dielektrik. Aplikasi lain penggunaan bahan ini dalam produksi adalah banyak digunakan sebagai tabung, botol dan tangki air dingin. Umumnya proses pembuatannya dibuat dengan dicetak (Billmeyer, Fred W Jr. 1984).

LDPE biasanya dibuat dengan teknik polimerisasi radikal bebas. **LDPE** ditentukan dengan range densitas antara $0.910 - 0.940 \text{ g/cc}$. LDPE mempunyai derajat pencabangan yang tinggi dari rantai yang pendek sampai yang panjang, sehingga rantai tidak mengepak menjadi struktur kristal tertentu. Gaya-gaya intermolekuler dalam struktur LDPE kurang kuat dikarenakan kurangnya daya tarik dipole –dipole yang terinduksi sesaat. Oleh karena itu LDPE mempunyai kekuatan tarik yang rendah akan tetapi memiliki kekenyalan (ductility) yang tinggi. Karakteristik mekanik LDPE ditunjukkan dalam tabel 2.3

Tabel 2.3 Karakteristik mekanik LDPE

Sifat	Harga
Kekuatan Tarik (MPa)	8.3 – 31
Modulus elastisitas (MPa)	172 – 283
Perpanjangan (%)	100 – 650
Kekuatan kompresif (MPa)	-
Kekuatan flektur (MPa)	-
Kekuatan Impak (N/cm)	Tidak patah

(Sumber: Stevens, M.2001)

2.7. Komposit

Kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis. Pada umumnya bahan komposit terdiri dari dua unsur yaitu serat (fiber) dan bahan pengikat serat yang disebut matrik. Unsur utama bahan komposit adalah serat. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lain. Seratlah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja pada bahan komposit. Sedang matrik bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Karena itu untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat dan getas seperti karbon, kaca, dan boron. Sedang bahan matrik dipilih bahan-bahan yang lunak seperti plastik dan logam-logam lunak. (aluminium, tembaga, dsb).

Bahan komposit bersifat tidak homogen dan non isotropic (orthotropic atau anisotropic), berat benda tidak homogen yang artinya sifat-sifatnya tidak sama di semua tempat yang merupakan fungsi dari posisi. Benda anisotropic sifat-sifatnya berubah dengan perubahan arah, yang merupakan fungsi arah dan posisi. (Kismono, Bambang. 2000)

Bahan komposit serat adalah jenis bahan komposit yang umum dikenal. Bahan komposit sangat efisien dalam menerima beban, karena tugas tersebut dilimpahkan ke serat. Seratlah yang terutama bertugas menerima beban. Karena itu bahan komposit sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila

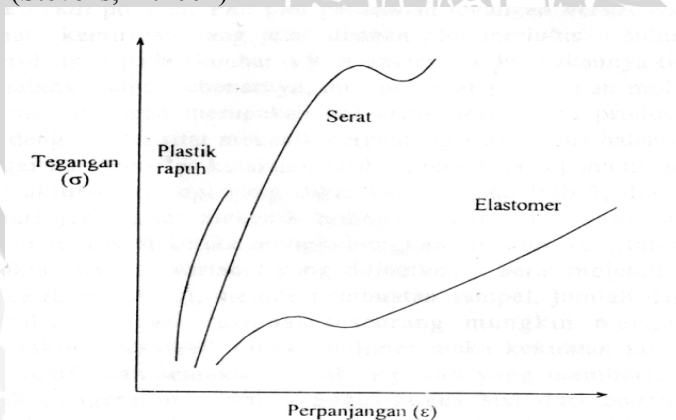
dibebani dalam arah tegak lurus serat. Gaya yang mengenai serat akan didistribusikan ke sekitarnya melalui tegangan geser. Ada dua hal yang membuat serat dapat menahan gaya dengan efektif yaitu bila :

1. Perekatan (bonding) antara serat dan matrik (disebut juga interfacial bonding) sangat baik dan kuat sehingga serat tidak mudah lepas dari matrik (debonding).
2. kelangsingan (aspect ratio), yaitu perbandingan antara panjang dan diameter serat harus cukup besar. Hal ini disyaratkan agar tegangan geser yang terjadi pada permukaan antara serat dan matrik kecil.

2.8. Konsep Elastisitas

Elastisitas adalah sifat benda yang mengalami perubahan bentuk atau deformasi secara tidak permanen. Benda dapat dikatakan elastik sempurna artinya jika gaya penyebab perubahan bentuk hilang, maka benda akan kembali ke bentuk semula. Banyak benda yang bersifat elastik sempurna yaitu mempunyai batas-batas deformasi yang disebut limit elastik sehingga jika melebihi dari limit elastik maka benda tidak akan kembali ke bentuk semula.

Sifat yang lain adalah plastik atau sifat tidak elastik dan cenderung tidak kembali ke bentuk semula. Perbedaan antara sifat elastik dan plastik adalah pada tingkatan dalam besar atau kecilnya deformasi yang terjadi. Bentuk kurvanya ditunjukkan dalam gambar 2.4 (Stevens, M.2001)



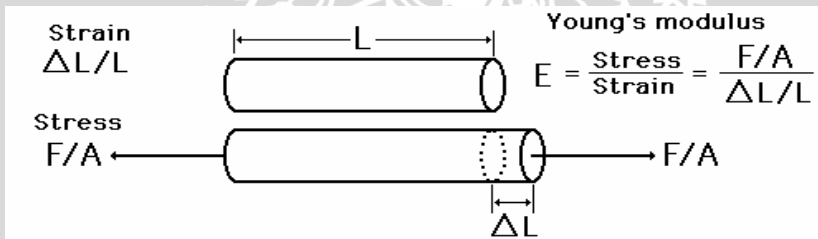
Gambar 2.4. Kelakuan tegangan tarik perpanjangan yang khas.

Modulus Young adalah modulus elastisitas yang digunakan untuk perubahan bentuk yang terjadi ketika suatu gaya yang paralel terhadap poros obyek diberikan pada satu permukaan, sedang permukaan yang berlawanan ditahan oleh gaya lain yang sama. Jika suatu kawat dengan panjang L dan luas penampang A berada di bawah tegangan yang dihasilkan oleh suatu gaya F , maka akan terjadi perubahan panjang kawat ΔL . Tegangan tarik (*Stress*) didefinisikan sebagai besarnya gaya per luas penampang (F/A). Regangan tarik (*Strain*) didefinisikan sebagai perubahan kecil pada panjang kawat ($\Delta L/L$).

(<http://faraday.physics.utoronto.ca/PHY1825/WilberforceRefYoung.pdf>).

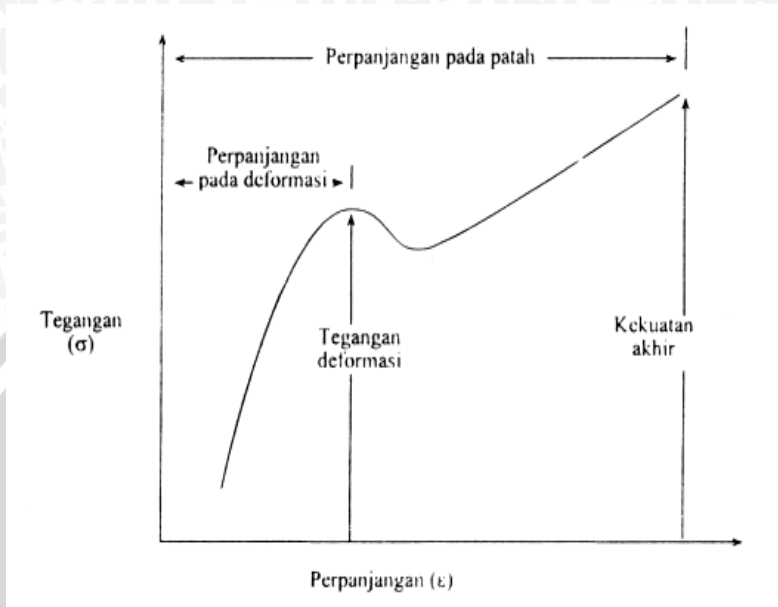
Modulus Young (Y) merupakan perbandingan antara tekanan (*Stress*) dengan regangan (*Strain*).

$$Y = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}} = \frac{F/A}{\Delta L/L} = \frac{FL}{A\Delta L} \quad (\text{dalam satuan Pascal}) \quad (2.1)$$



(<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/permot3.html>).

Suatu kurva tegangan perpanjangan yang umum untuk plastik seperti polietilena yang mendemonstrasikan berbagai unsur kelakuan tarik diperlihatkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Kurva umum tegangan tarik perpanjangan untuk suatu termoplastik khas.

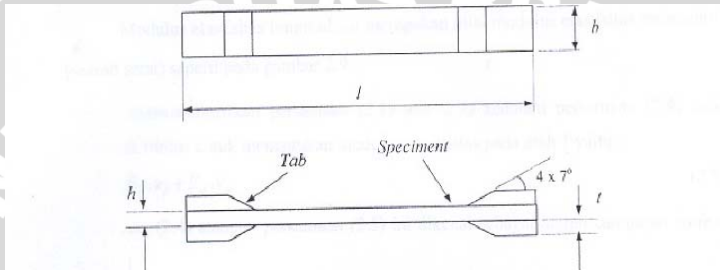
Pada mulanya modulus tinggi sampai mencapai suatu titik dimana plastik tersebut berdeformasi. Sebelum titik deformasi tersebut, perpanjangan bersifat dapat balik. Pada titik deformasi, telah diaplikasikan tegangan yang cukup untuk membuat molekul-molekul terurai dan mengalir satu sama lain. Perpanjangan lebih lanjut bersifat tidak dapat balik. Akhirnya sampel tersebut patah. (Stevens, M.2001)

2.9. Kuat Tarik

Suatu material jika diberikan suatu gaya F maka akan mengalami tegangan (stress) yang besarnya tergantung pada luas penampang dari material tersebut. Jika gaya ini diberikan terus-menerus, maka material ini pada suatu saat akan mengalami kerusakan (patah). Besarnya tegangan (stress) yang dapat menyebabkan material mengalami kerusakan patah atau rusak disebut sebagai kuat tarik (tensile strength).

Karena tensile strength merupakan hasil bagi antara gaya (F) dengan luas penampang (A), maka besaran ini mempunyai satuan gaya persatuan luas (N/m^2) atau bisa juga dinyatakan dalam megapascal (MPa) atau gigapascal (GPa). Persamaannya dapat ditulis :

$$\text{Stress} = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$



Gambar 2.6. Spesimen Uji Tarik

Sumber : ASTM D 3039/D 3039M, Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Material

2.10. Persen Perpanjangan

Jika suatu specimen diberi beban tarik P maka akan terjadi perubahan panjang pada jarak ukur (*gage distance*). Dengan beban yang sama dan jarak ukur yang lebih panjang suatu deformasi yang lebih besar dapat diamati. Karena itu lebih mendasar untuk memperhatikan *perpanjangan persatuan alat ukur tersebut*. Bila ΔL adalah besar pertambahan panjang pada panjang ukur awal L yang ditinjau, maka perpanjangan ϵ (epsilon) adalah:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.3)$$

Perpanjangan per satuan panjang disebut sebagai regangan (Strain). Suatu besaran yang tidak berdimensi dan kadang-kadang

diberikan dalam bentuk persen yang lebih dikenal dengan persen pemanjangan (*percent elongation*)

$$\% \varepsilon = 100\% \times \frac{\Delta L}{L} \quad (2.4)$$

(Giancoli, Douglas.C. 1997)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat. Untuk penumbuhan tanaman eceng gondok dilakukan di dalam Laboratorium Green House Ekologi Jurusan Biologi FMIPA Unibraw selama kurang lebih 1 bulan. Sedangkan perlakuan terhadap media tumbuh dan hasil panen eceng gondok dilakukan di dalam Laboratorium Biofisika dan Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika FMIPA Unibraw. Untuk melihat kandungan logam dalam media tumbuh dilakukan test AAS di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang.

Pengujian uji tarik komposit dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Unibraw. Sementara itu untuk mengetahui sebaran kandungan logam di dalam sampel komposit dilakukan pemotretan melalui Mikroskop Electron Scanning yang ada di UPT. Laboratorium Mikroskop Elektron Fakultas Kedokteran Unair Surabaya. Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus sampai dengan November 2005.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain : 6 buah bak masing-masing berdiameter 1 meter, 2 buah jerigen ukuran 20 liter, 1 buah gayung, timbangan, neraca analitik, pipet volume ml, gelas ukur 5 ml, labu ukur 1000 ml, lem, tissue, dan kertas tebal. Sedangkan bahan yang digunakan antara lain: 6 tanaman eceng gondok, aquades, air kran, air habitat, lempengan Mg, lempengan Zn, HCl pekat 36%. Eceng gondok diambil langsung dari habitat dengan ukuran seragam (tinggi tanaman rata-rata 50cm dan jumlah daun lebih dari 4 helai).

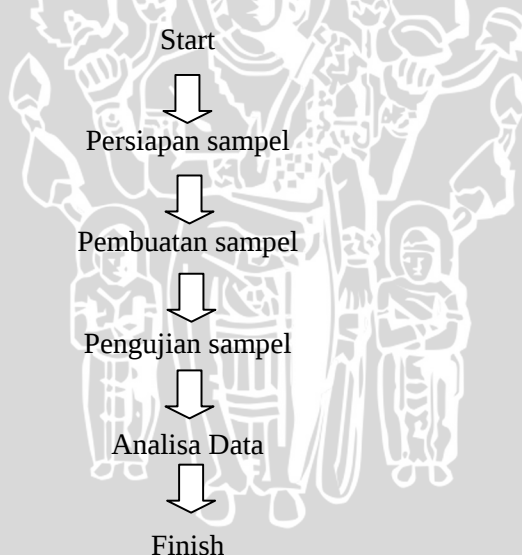
Pada tahap pengolahan hasil panen serat, digunakan beberapa alat yang terdiri dari oven untuk mengeringkan batang eceng gondok, bak diameter 25cm sebanyak 6 buah untuk menempatkan batang eceng gondok yang sudah dikeringkan dalam oven, 6 buah wadah ukuran 5cm x 20cm x 3cm untuk tempat serat yang sudah diambil dari batang tanaman eceng gondok yang sudah lapuk, blender dan plastik

kemasan. Sedangkan bahan yang dibutuhkan adalah beberapa tangkai eceng gondok.

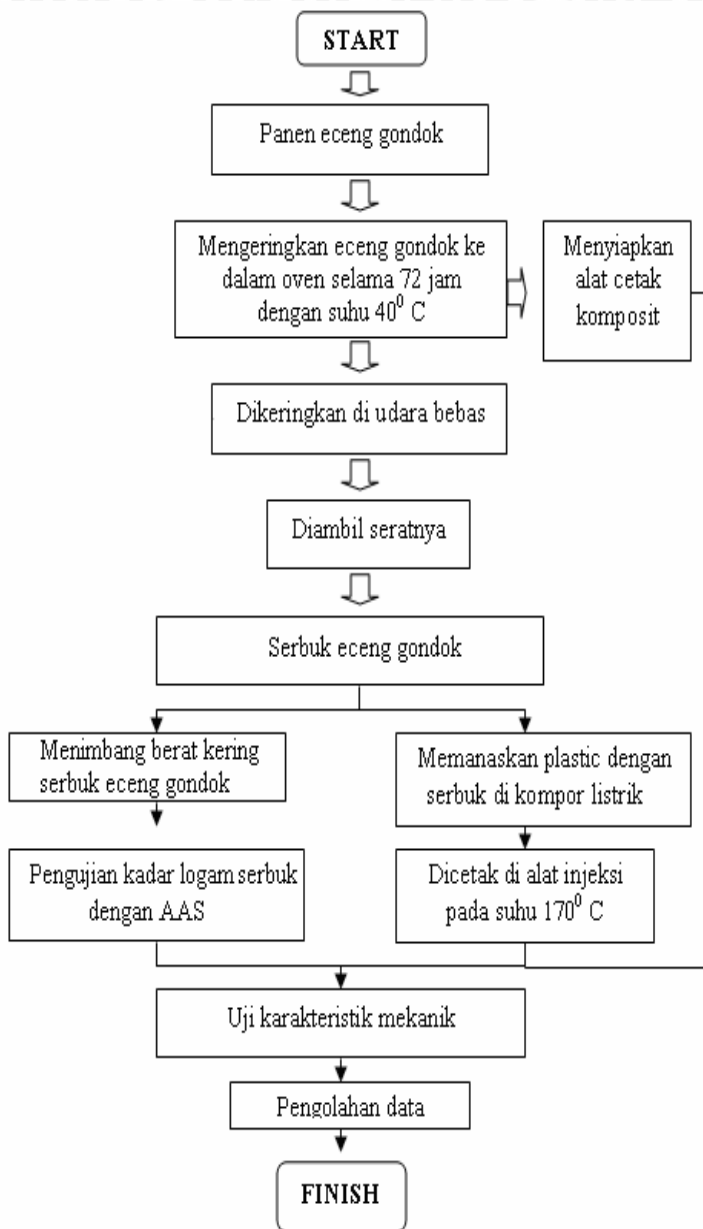
Selanjutnya pada tahap pembuatan sampel, alat yang dibutuhkan antara lain: 1 buah panci dengan diameter 20cm, 1 buah kompor listrik, 1 unit mesin injeksi dan 1 buah cetakan. Bahan yang dibutuhkan diantaranya serbuk serat eceng gondok dan butiran LDPE.

Untuk melengkapi data penelitian perlu dilakukan pemotretan permukaan komposit secara mikro dengan menggunakan Mikroskop Elektron Scanning (SEM). Bahan yang dibutuhkan antara lain sampel komposit eceng gondok yang diris dengan bentuk persegi dengan tebal kurang lebih 1 mm yang sudah diekstrak terlebih dulu. Masing – masing sampel mewakili komposit eceng gondok dengan kadar 0 ppm (habitat), 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, dan 20 ppm.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.



Gambar 3.2. Digram perlakuan terhadap bahan

3.4 Cara Kerja Penelitian

3.4.1. Preparasi media

Untuk membuat media yang mengandung tambahan logam dengan nilai ppm yang berbeda-beda digunakan rumus:

$$ppm = \frac{M_{\text{terlarut}}}{V_{\text{larutan}}} = \frac{mg}{L} \quad \{3.1\}$$

dengan demikian:

- a. Media dengan tambahan $MgCl_2$ dan $ZnCl_2$ masing-masing 5 ppm

Serbuk $MgCl_2$ dan $ZnCl_2$ ditimbang dengan teliti masing-masing seberat 50 mg kemudian dilarutkan dalam 40 ml air dari habitat asli dalam gelas ukur 50 ml. Kemudian diberikan HCl pekat agar bahan dapat larut (tanpa endapan). Setelah larut, larutan dipindahkan secara kuantitatif ke dalam gelas ukur 1000 ml, kemudian diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.

- b. Media dengan tambahan $MgCl_2$ dan $ZnCl_2$ masing-masing 10 ppm

Serbuk $MgCl_2$ dan $ZnCl_2$ ditimbang dengan teliti masing-masing seberat 100 mg kemudian dilarutkan dalam 40 ml air dari habitat asli dalam gelas ukur 50 ml. Kemudian diberikan HCl pekat agar bahan dapat larut (tanpa endapan). Setelah larut, larutan dipindahkan secara kuantitatif ke dalam gelas ukur 1000 ml, kemudian diencerkan dengan air dari habitat asli sampai tanda batas.

dan seterusnya untuk media dengan tambahan $MgCl_2$ dan $ZnCl_2$ sebesar 15 ppm, 20 ppm dan 25 ppm.

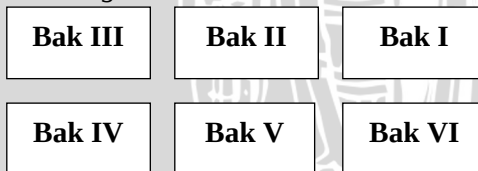
Pembuatan larutan Mg dan Zn tersebut dilakukan di dalam ruang asam yang ada di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Unibraw. Sedangkan larutan yang sudah jadi dimasukkan ke dalam plastik dengan ukuran 1 kg. Setelah semua larutan siap, baru dibawa ke Laboratorium Green House Ekologi untuk dimasukkan ke dalam masing-masing bak yang sudah ditumbuhi tanaman eceng gondok.

3.4.2. Penumbuhan eceng gondok dengan penambahan Mg dan Zn

Pada tahap ini, tanaman eceng gondok yang sudah dipilih diambil dari habitat aslinya di sungai dan dipindahkan ke dalam bak yang sudah disediakan di rumah kaca. Sebelum diletakkan ke dalam bak, tanaman eceng gondok dibersihkan dahulu dengan menggunakan air kran sehingga semua bagian tanaman nampak bersih terutama pada bagian akarnya. Masing-masing bak berjumlah enam buah yang sebelumnya sudah diisi dengan air habitat sungai sebanyak 20 liter. Untuk memudahkan pengecekan, di setiap bak diberi tanda batas dengan menggunakan kertas yang nantinya dijadikan tolak ukur volume air.

Cairan yang mengandung larutan Mg dan Zn dimasukkan ke dalam bak tempat eceng gondok ditumbuhkan. Selanjutnya secara berkala dilakukan pengecekan setiap hari dengan menambahkan air kran sampai tanda batas dalam bak. Hal ini dilakukan untuk mengimbangi jumlah air yang menguap karena faktor temperatur dalam rumah kaca dan penyerapan oleh tanaman eceng gondok. Diusahakan agar jumlah air di dalam bak tetap memenuhi tanda batas dalam bak yaitu sebanyak 20 liter air. Selain mengecek jumlah air dalam bak, dilakukan juga pengecekan terhadap kondisi tanaman eceng gondok dalam media tumbuh dengan melihat jumlah anakan yang tumbuh dan memeriksa keadaan batang eceng gondok sehingga nantinya dapat dipilih batang eceng gondok yang baik pada saat panen.

Bagan rancangan media tumbuh tanaman eceng gondok:



Keterangan :

- Bak I : Kontrol tanaman
- Bak II : Sampel 5 ppm
- Bak III : Sampel 10 ppm
- Bak IV : Sampel 15 ppm
- Bak V : Sampel 20 ppm
- Bak VI : Sampel 25 ppm

Untuk menghindari tanaman mati karena terlalu lama berada di dalam temperatur rumah kaca, maka penanaman tanaman eceng gondok dilakukan selama kurang lebih 2 minggu atau 14 hari.

3.4.3. Pengambilan serat

Eceng gondok diambil seratnya setelah ditumbuhkan dalam limbah dengan konsentrasi tertentu. Batang eceng gondok diambil dan dipotong pada bagian ujungnya masing-masing sebanyak 10 batang pada tiap bak, kemudian batang tersebut dimasukkan ke dalam oven hingga agak kering, yaitu pada suhu 40 °C selama 72 jam. Lalu batang eceng gondok direndam di dalam air selama $\pm$ 2 minggu. Setelah itu maka kulit eceng gondok akan melapuk atau hancur dan serat akan mudah diambil. Serat yang diambil, didiamkan tanpa terkena sinar matahari (diangin-anginkan) sampai kering, dengan demikian serat dapat digunakan.



Gambar 3.3. Serat eceng gondok

Sampel serat (gambar 3.3.) dipersiapkan untuk dijadikan bahan serbuk eceng gondok yang nantinya akan dijadikan bahan komposit dengan matrik polyetilena.

3.4.4. Persiapan pembuatan spesimen komposit

Serat yang sudah dikeringkan selama kurang lebih dua minggu kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender sehingga menjadi serbuk. Setelah itu, serbuk eceng gondok diukur berat

keringnya dengan menggunakan neraca digital. Pengukuran berat kering serbuk eceng gondok dilakukan di dalam laboratorium biofisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.



Gambar 3.4. Serbuk eceng gondok

Sementara itu LDPE yang akan digunakan sebagai matrik dalam komposit dipanaskan dengan kompor listrik. Setelah itu serbuk eceng gondok dimasukkan juga ke dalam kompor listrik dengan perbandingan 5% terhadap butiran LDPE. Setelah keduanya menyatu maka perlu dipotong-potong menjadi ukuran dadu setebal kurang lebih 1 cm untuk memudahkan kepingan serbuk dan butiran LDPE yang sudah memadat agar mudah dicetak dengan mesin injeksi molding. Hal ini dilakukan karena mesin injection molding yang digunakan sebenarnya tidak dirancang untuk memproses bahan komposit serat, sehingga serbuk serat tidak dapat bercampur dengan sempurna pada saat proses pencetakan specimen.

Perlakuan ini dilakukan di dalam Laboratorium Material Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

3.4.5 Pembuatan specimen komposit.

Pembuatan specimen komposit dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Universitas Brawijaya Malang dengan metode injeksi plastik menggunakan mesin injeksi molding sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 3.5.

Sebelum proses pencetakan dimulai, perlu dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu terutama pada suhu pemanasannya. LDPE dapat dicetak dengan baik pada suhu pencetakan 170°C .



Gambar 3.5. Mesin injeksi molding

Sementara itu unit cetakan komposit yang digunakan didasarkan pada standard spesifikasi ASTM 5760 dengan ukuran kecil.



Gambar 3.6. Unit cetak komposit

3.4.6. Pengujian

3.4.6.1 Pengujian AAS

Untuk mengetahui banyaknya kandungan logam dalam sampel, dilakukan test kandungan logam dengan menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrometer) yang ada di laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang. Sampel yang diujikan ada dua macam yaitu sampel cair yang diujikan sebelum tanaman eceng gondok ditumbuhkan di dalam rumah kaca dan sampel padat yang diujikan setelah serat eceng gondok diubah dalam bentuk serbuk.

Sampel cair yaitu berupa air habitat asli eceng gondok yang berada di sungai dan air habitat yang sudah diberi perlakuan dengan penambahan air kran di dalam Laboratorium Green House. Masing-masing diletakkan dalam botol aqua $\frac{1}{2}$ liter dan diberi kode HB dan HS. Kode HB adalah air sungai tempat habitat asli eceng gondok yang dimasukkan ke dalam bak percobaan dan didiamkan selama seminggu. Untuk mengatasi adanya penguapan maka air bak ini juga dicampur dengan air kran di dalam rumah kaca secara berkala sampai waktu peletakan tanaman tiba. Sedangkan kode HS adalah sampel air sungai yang diambil langsung dari sungai tempat habitat asli tanaman eceng gondok tanpa penambahan apa pun. Sampel cair digunakan untuk mengetahui kandungan awal logam di dalam air habitat tanaman eceng gondok sehingga nantinya dapat dijadikan kontrol perlakuan.

Sampel padat berupa serbuk eceng gondok yang mewakili sampel habitat, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm dan 25 ppm. Masing-masing diletakkan di dalam plastik dan diberi kode tersendiri oleh laboran. Sampel padat digunakan untuk mengetahui kandungan logam di dalam serbuk eceng gondok yang nantinya akan berpengaruh pada komposit seratnya.

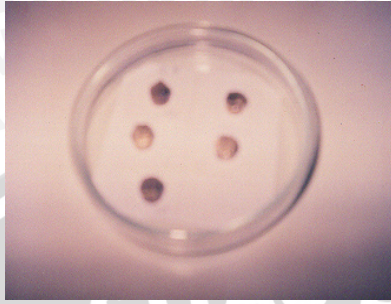
3.4.6.2. Uji kekuatan tarik komposit

Untuk mengukur kekuatan tarik, modulus dan elongasi maka dumbell dijepit pada kedua ujungnya pada mesin uji tarik komposit. Salah satu ujungnya dibuat tetap, sedangkan ujung lainnya ditarik sedikit demi sedikit menjauhi ujung lainnya sampai dumbell patah.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik komposit yang ada di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Unibraw.

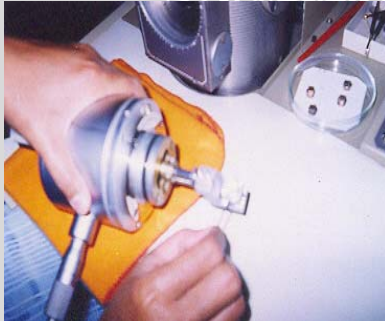
3.4.6.3. Pengamatan SEM

Untuk mempelajari sebaran logam yang ada dalam komposit dilakukan pencitraan dengan Mikroskop Elektron Scanning (SEM). Sampel diiris membujur setebal kurang lebih 1 mm. Masing-masing mewakili sampel habitat, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm. (gambar 3.7).



Gambar 3.7. Sampel komposit yang akan dipotret dengan SEM

Sampel komposit ukuran dadu tersebut diekstrak terlebih dahulu dengan pelapisan logam emas di seluruh bagian sampel agar didapatkan hasil pencitraan yang jelas.



(a) Proses memasukkan sampel ke SEM



(b) Mikroskop Elektron Scanning (SEM)

Gambar 3.8. Uji sampel melalui SEM

Perlakuan ini dilakukan di UPT. Laboratorium Mikroskop Elektron Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya.

3.4.7. Analisis data

Pada penelitian ini didapatkan data-data dari uji tarik komposit yang dapat digunakan untuk mengukur kekuatan tarik komposit serat dan persen perpanjangan sehingga modulus elastisitas komposit serat juga dapat diketahui.

Dumbell yang akan diuji tarik dipasang pada mesin uji tarik. Kemudian salah satu penjepitnya mulai menarik dumbell pada arah yang berlawanan. Tegangan tarik yang diberikan dicatat setiap kenaikan 100 N sampai dumbell putus. Akibatnya dumbell akan meregang sehingga didapatkan data sebagaimana terdapat dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data uji tarik komposit serat

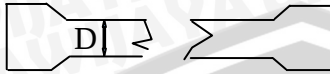
Sampel komposit (ppm)	F putus (N)	L akhir 1 (cm)	L akhir 2 (cm)	L akhir 3 (cm)
0	800	8.41	10.21	9.65
5	900	8.47	10.25	9.63
10	800	8.46	10.24	9.61
15	900	8.47	10.25	9.66
20	800	8.43	10.22	9.61
25	800	8.36	10.21	9.60

L awal dumbell adalah 4 cm. ΔL merupakan selisih antara panjang akhir dumbell (L akhir) dengan panjang awal dumbell (L_0) melalui persamaan:

$$\Delta L = L_{\text{akhir}} - L_0 \quad \{3.2\}$$

Nilai ΔL yang diperoleh dari persamaan 3.2 digunakan untuk menghitung persen perpanjangan komposit serat eceng gondok dengan perhitungan pendekatan rata-rata.

Untuk menghitung nilai stress, perlu diketahui luas penampang komposit pada posisi dumbell patah sebagaimana gambar 3.9.



Gambar 3.9. Patahan dumbell setelah diuji tarik

Pada patahan dumbbell dapat diketahui panjang D (dalam satuan millimeter) dan tebal patahan dumbbell sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.2.

Diasumsikan luas penampang dumbbell berbentuk persegi panjang dimana :

$$L = p \times l$$

Dengan p adalah panjang dan l adalah lebar, maka luas penampang dumbbell dapat ditulis melalui persamaan :

Luas penampang dumbbell

$$A_i = D_i \times t_i. \quad \{3.3\}$$

Dimana D adalah panjang dumbbell, t adalah lebar atau tebal patahan dumbbell dan i adalah bilangan asli 1,2 dan seterusnya.

Tabel 3.2 Data Perubahan ukuran pada dumbell

Sampel Komposit (ppm)	D (mm)	Tebal 1 (mm)	Tebal 2 (mm)	Tebal 3 (mm)
0	9	4.0	4.1	4.2
5	9	4.9	5.0	5.1
10	9	4.4	4.3	4.5
15	9	4.2	4.3	4.4
20	9	4.5	4.3	4.4
25	9	4.6	4.7	4.5

Dari data-data tersebut di atas akan diperoleh nilai kuat tarik komposit, persen perpanjangan dan modulus elastisitas, dimana :

$$\sigma = \frac{F}{A}, \quad \varepsilon(\%) = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%, \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

σ = Kuat tarik (stress)

ε (%) = Persen perpanjangan

E = Modulus elastisitas

Perhitungan dilakukan dengan pendekatan rata-rata sebagaimana persamaan berikut :

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^k Y_i}{k} \quad \{3.4\}$$

Y_i merupakan nilai yang didapat dari data pengukuran dengan i adalah nilai bilangan asli dari 1,2 dan seterusnya. Sementara itu k adalah jumlah perulangan yang dilakukan. Dalam penelitian ini hanya dilakukan tiga kali perulangan.

Dalam setiap penelitian, selalu terjadi kesalahan relatif baik dari segi alat maupun dari pengukuran. Sehingga diperlukan perhitungan penyimpangan yaitu selisih diantara $\bar{Y}$ dan Y_i yang disebut dengan simpangan atau deviasi. Pengukurannya didapatkan menurut persamaan :

$$\delta\bar{Y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k |Y_i - \bar{Y}|^2}{k(k-1)}} \quad \{3.5\}$$

Nilai dari deviasi biasanya ada yang negative dan positive. Hal ini dikarenakan nilai rata-rata terkadang lebih besar atau lebih kecil dari Y_i sehingga diperlukan harga mutlak untuk mendekati harga sesungguhnya. Nilai Y dari hasil pengukuran ditulis :

$$Y = \bar{Y} \pm \delta Y \quad \{3.6\}$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai pengukuran kandungan logam Mg dan Zn dalam serat eceng gondok dan karakteristik mekanik komposit eceng gondok.

4.1. Pengukuran Kandungan Logam Mg dan Zn dalam Serat Eceng Gondok

Tanaman eceng gondok merupakan tanaman hiperakumulator yang berarti mampu mengkonsentrasikan logam ke dalam biomasnya dalam kadar yang luar biasa tinggi. Logam berat yang mampu diserap diantaranya adalah Mg dan Zn yang berperan penting dalam metabolisme tanaman eceng gondok.

Logam Mg dan Zn yang larut dalam air berbeda jumlahnya sehingga perlu dilakukan test kandungan logam untuk mengetahui keadaan awal kandungan Mg dan Zn dalam air sungai habitat asli eceng gondok. Pada penelitian ini, keadaan awal kandungan logam air sungai dibedakan dalam dua kondisi yaitu air sungai yang diambil langsung dari habitatnya dan air sungai yang diberi tambahan air kran dan diletakkan dalam bak. Data kandungan logam ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Tabel kandungan awal logam di habitat

Parameter	Kode	kadar (ppm)	Pereaksi
Zn	Air bak	0.00 ± 0.00	HNO_3
	Air sungai	0.00 ± 0.00	HNO_3
Mg	Air bak	30.60 ± 0.13	HNO_3
	Air sungai	31.26 ± 0.00	HNO_3

Pada tabel 4.1 dapat dilihat bahwa habitat asli tanaman eceng gondok tidak mengandung unsur Zn tetapi kandungan logam Mg-nya sangat besar. Hal ini dapat dijadikan sebagai kontrol perlakuan pada masing-masing sampel.

Kandungan Mg dalam air sungai habitat asli lebih besar daripada kandungan Mg dalam air sungai yang ada di dalam bak yang sudah mengalami pencampuran dengan air kran. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi logam Mg dapat berkurang dengan adanya

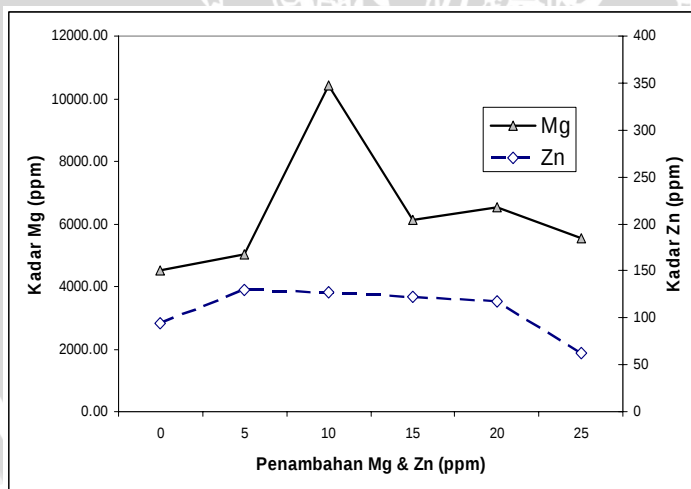
interaksi dengan senyawa lain yang ada dalam air kran. Fenomena ini dapat dijelaskan dari keadaan konfigurasi elektron logam Mg yang memiliki elektron valensi 2, sehingga apabila berinteraksi dengan senyawa lain ion-ionnya akan mudah berikatan membentuk senyawa baru yang mengakibatkan jumlah ion Mg berkurang.

Banyaknya logam Mg dan Zn yang diserap tanaman eceng gondok bervariasi sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 4.2

Tabel 4.2. Data Hasil Kandungan logam Mg dan Zn dalam serbuk eceng gondok

Sampel (ppm)	Kadar Mg(mg/kg)	Kadar Zn (mg/kg)
Hbt	4519.19±29.87	94.28±0.23
5	5044.08±38.83	129.63±1.05
10	10430.44±30.85	127.34±0.17
15	6111.43±24.58	122.69±0.19
20	6533.58±24.77	116.82±0.87
25	5549.53±7.76	61.79±0.80

Data kandungan logam Mg dan Zn pada tabel 4.2 dalam bentuk grafik ditunjukkan dalam gambar 4.1.



Gambar 4.1. Pengaruh penambahan logam Mg dan Zn pada serbuk eceng gondok

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa nilai kandungan logam Mg terkecil terletak pada 4519.19 mg/kg. Sedangkan kandungan terbesar yang menandakan logam Mg mengalami titik jenuh terdapat pada kadar 10 ppm sebesar 10430.44 mg/kg. Nilai titik jenuh logam Mg pada sampel 10 ppm dianggap sebagai batas hiperakumulator. Perbedaan yang sangat signifikan pada kandungan Mg dalam sampel menunjukkan bahwa perubahan serapan serbuk eceng gondok dapat terlihat dari variasi kandungan Mg daripada kandungan Zn. Hal ini dapat dilihat dari jumlah kandungan Mg yang relatif lebih besar pada serat eceng gondok daripada logam Zn.

Batas hiperakumulator untuk logam Zn pada tanaman eceng gondok terdapat pada sampel 5 ppm yaitu sebesar 129.63 ± 1.05 mg/kg.

4.2. Karakteristik Mekanik Komposit Eceng Gondok

Sifat mekanik komposit dimanifestasikan pada kelakuan tegangan-perpanjangan. Dari hasil uji tarik komposit yang dilakukan dengan metode injeksi didapatkan hasil kuat tarik komposit, persen perpanjangan dan modulus young.

4.2.1. Kuat tarik komposit

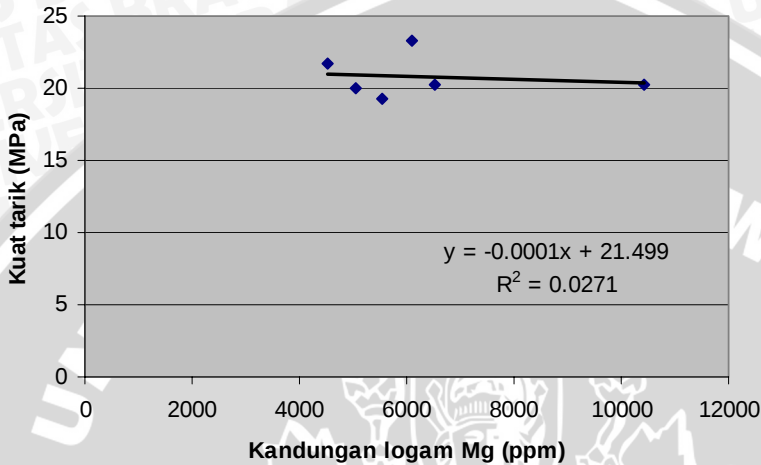
Hasil pengujian kuat tarik komposit dengan kandungan yang berbeda tiap sampel di tunjukkan dalam tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Hasil pengujian kekuatan tarik bahan komposit dengan kandungan logam yang berbeda

Kandungan Mg (ppm)	Kandungan Zn (ppm)	Kuat Tarik (MPa)
4519.19	94.28	21.69 ± 0.31
5044.08	129.63	20.01 ± 0.23
10430.44	127.34	20.21 ± 0.27
6111.43	122.69	23.27 ± 0.31
6533.58	116.82	20.21 ± 0.27
5549.53	61.79	19.32 ± 0.24

Data pada tabel 4.3 dapat digrafikkan dengan dua parameter berbeda yaitu hubungan kuat tarik komposit terhadap variasi

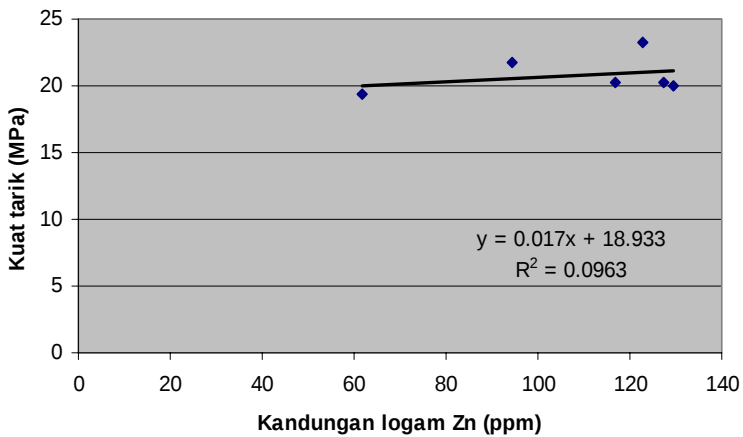
kandungan logam Mg (gambar 4.2) dan hubungan kuat tarik komposit terhadap variasi kandungan logam Zn (gambar 4.3).



Gambar 4.2. Hubungan kuat tarik komposit dengan variasi kandungan logam Mg.

Besarnya nilai kuat tarik komposit (gambar 4.2) cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kandungan logam Mg dalam komposit serat. Persamaan garis $y = -0.0001x + 21.499$ dan $R^2 = 0.0271$ menunjukkan bahwa kandungan logam Mg mempengaruhi besarnya kuat tarik komposit namun tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat dijelaskan dari komposisi komposit yang didominasi oleh plastik sehingga sifat seratnya kurang memberikan kontribusi. Nilai kuat tarik komposit terbesar yaitu 23.27 ± 0.31 MPa dan terkecil pada 19.32 ± 0.24 MPa. Kecenderungan penurunan ini dapat dijelaskan dari sifat LDPE yang memiliki kekuatan tarik rendah (8-31 MPa) akibat gaya intermolekular antar strukturnya yang kurang kuat, sehingga adanya unsur logam akan membuat kekuatan tarik komposit juga menurun.

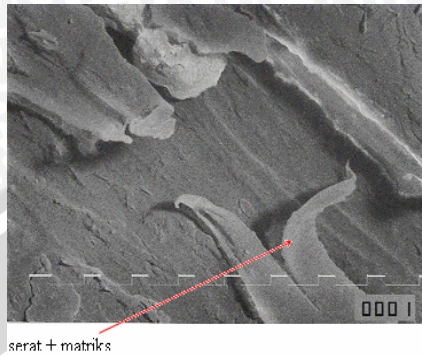
Mengingat unsur Mg lebih reaktif daripada Zn, maka kandungan Mg dalam komposit dapat bersifat menurunkan sifat kuat tarik. Selain logam Mg, kuat tarik komposit juga dipengaruhi oleh logam Zn sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.3



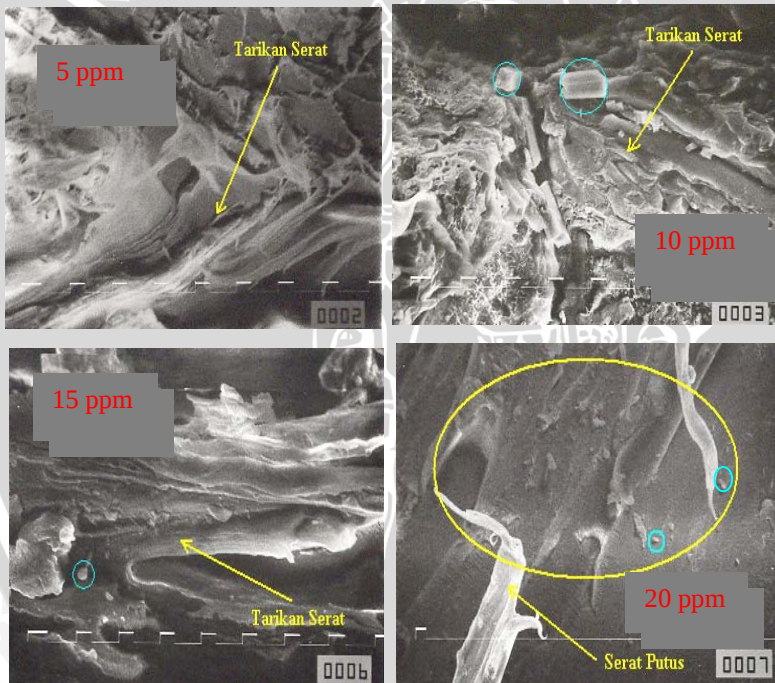
Gambar 4.3. Hubungan kuat tarik komposit terhadap variasi kandungan logam Zn

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa hubungan kuat tarik komposit dengan kandungan logam Zn juga tidak begitu signifikan. Hal ini ditunjukkan melalui persamaan garis $y = 0.017x + 18.933$ dan $R^2 = 0.0963$ dimana unsur Zn kurang memberikan pengaruh terhadap karakteristik mekanik komposit. Selain karena jumlah unsur Zn yang jauh lebih sedikit daripada unsur Mg di dalam serbuk eceng gondok, fenomena ini juga dapat dijelaskan dari karakteristik fisik unsur Zn yang memiliki nilai kuat tarik sebesar 28 Pa.

Kuat tarik komposit juga dapat diamati melalui citra SEM. Pada gambar 4.4 dapat dilihat posisi serat tepat putus saat terjadi uji tarik yang diambil di salah satu permukaan secara random. Bahan komposit tidak homogen, namun karena bentuk keduanya yang sudah menjadi serbuk maka pada pencitraan SEM terlihat menyatu. Serat eceng gondok menguatkan komposit dengan bantuan matrik polyetilena dimana *Interfacial bonding* antara serat dan matrik sangat kuat sehingga satu sama lain tidak mudah lepas.



Gambar 4.4. Citra SEM bahan komposit sampel habitat dengan perbesaran 1500x



Gambar 4.5. Citra SEM pada sampel 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm dengan distribusi kandungan logam yang berbeda

Kegagalan komposit akibat beban tarik dengan adanya kerusakan serat dan matrik menyebabkan serat patah di sembarang tempat sehingga *interface*-nya berbentuk seperti sikat atau tidak beraturan (gambar 4.5). Komposisi komposit yang terdiri dari serat dan matrik yang berbentuk serbuk mengakibatkan *interface* antara serat dan matrik jauh lebih kuat daripada *interface* antara serat dengan logam. Akibatnya kristal logam yang menyebar kurang merata pada komposit eceng gondok terlihat jelas di berbagai permukaan komposit.

Gambar 4.5 diambil pada perbesaran foto 1500x. Kecuali pada sampel 20 ppm yang hanya mampu menangkap bayangan pada perbesaran 750x. Lebih dari itu, gambar tidak dapat tertangkap oleh mikroskop. Hal ini memberikan gambaran bahwa sebaran logam pada nilai kandungan 20 ppm lebih homogen. Serat dan matrik pada pencitraan SEM sulit untuk dibedakan karena bentuk keduanya yang menyatu pada semua bagian komposit.

Beberapa butiran kristal logam (gambar 4.5.) yang ditunjukkan dengan lingkaran biru memperlihatkan *interfacial bonding* antara bahan komposit dengan kristal logam tidak begitu signifikan. Hal ini karena sebaran kristal logam yang kurang merata pada komposit. Perbedaan jumlah sebaran logam pada masing-masing sampel komposit menunjukkan tingkat ppm yang terkandung di dalamnya.

Dari analisis citra SEM dapat diketahui bahwa kuat tarik komposit tidak hanya dipengaruhi oleh kandungan logam di dalam seratnya, tetapi juga jumlah komposisi serat dalam perpaduan kompositnya. Kurang meratanya distribusi logam dalam serat eceng gondok memberikan dampak kurang kuatnya ikatan antar molekul dalam komposisi kompositnya sehingga komposit tidak cukup kuat untuk menerima deformasi yang diberikan.

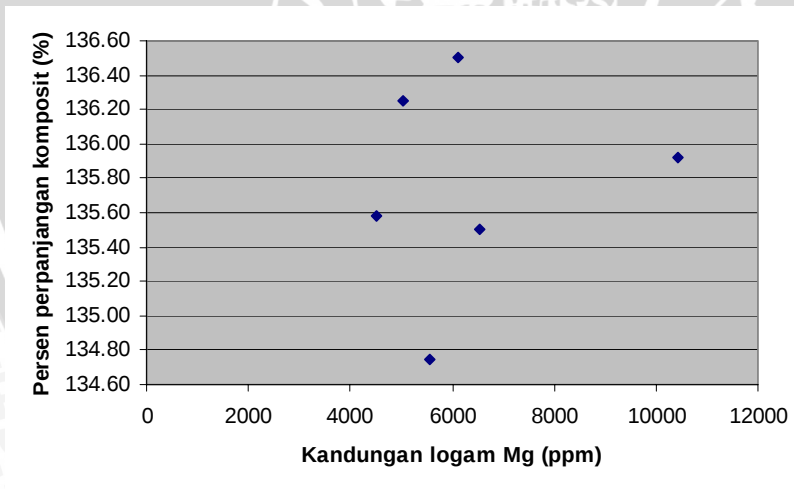
4.2.2. Persen perpanjangan komposit

Prosentase perpanjangan komposit dengan menggunakan LDPE ditunjukkan dalam tabel 4.4

Tabel 4.4. Persentase perpanjangan komposit eceng gondok dengan variasi kandungan logam Mg dan Zn

Kandungan Mg (ppm)	Kandungan Zn (ppm)	Persentase perpanjangan (%)
4519.19	94.28	135.58±13.29
5044.08	129.63	136.25±13.04
10430.44	127.34	135.92±13.03
6111.43	122.69	136.50±13.09
6533.58	116.82	135.50±13.13
5549.53	61.79	134.75±13.61

LDPE memiliki kerapatan yang bercabang sehingga persen perpanjangannya rendah yaitu berkisar antara 100-650%. Perubahan perpanjangan ketika suatu polimer dikenai suatu tegangan timbul dari perselipan molekul-molekul polimer. Namun karena adanya logam menyebabkan adanya interaksi antara logam dengan molekul polimer sehingga persen perpanjangan komposit menurun drastis yaitu berada pada kisaran 135.75% dengan prosentase perpanjangan terbesar senilai $136.50 \pm 13.09\%$ dan prosentase perpanjangan terkecil senilai $134.75 \pm 13.61\%$. Apabila digrafikkan akan nampak sebagaimana grafik 4.4.

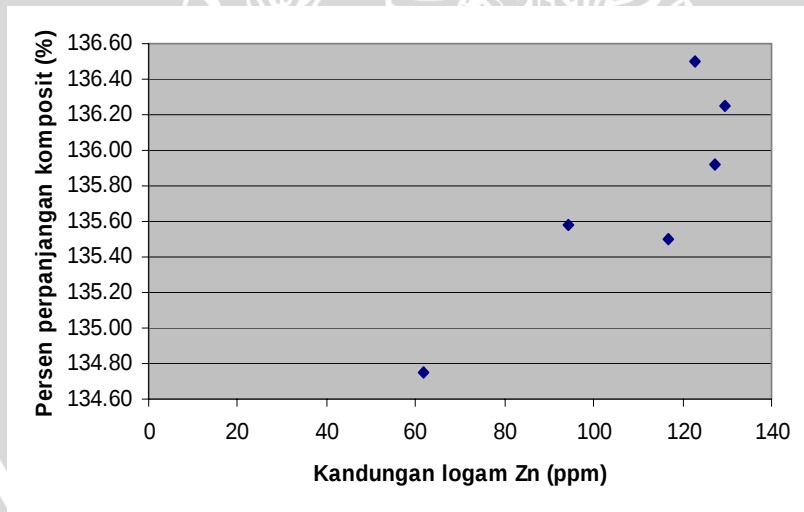


Gambar 4.6. Hubungan prosentase pemanjangan komposit serat dengan variasi kandungan logam Mg.

Besarnya kenaikan kandungan logam Mg dalam komposit (gambar 4.6) tidak diikuti dengan penambahan prosentase perpanjangan komposit secara linier. Distribusi logam Mg dalam komposit terjadi secara random sehingga ikatan antar molekulnya akan saling berinteraksi yang menyebabkan perpanjangan kompositnya menurun. Bentuk serat yang sudah menjadi serbuk mempengaruhi interaksi antar molekul dalam komposit serat.

Ikatan antar molekul serbuk lebih kecil karena bentuk fisiknya yang mikro sehingga apabila mengalami tarikan, reorientasinya terjadi secara acak ke segala arah atau tidak beraturan. Ini menyebabkan daya meregang melemah karena gaya reaksi yang diberikan tidak fokus ke satu arah. Berbeda dengan bentuk serat tunggal yang panjangnya satu arah. Sehingga daya regangnya lebih kuat karena reorientasi molekulnya bereaksi satu arah untuk memberikan tanggapan terhadap deformasi yang diberikan.

Selain logam Mg, kontribusi logam Zn juga memberikan pengaruh terhadap perpanjangan komposit sebagaimana digrafikkan dalam gambar 4.7 berikut :



Gambar 4.7. Hubungan persentase perpanjangan komposit serat eceng gondok dengan variasi kandungan logam Zn

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa hubungan prosentase perpanjangan komposit dengan penambahan kandungan logam Zn dalam komposisi komposit serat tidak terlalu signifikan. Sebagaimana halnya dengan fenomena serupa seperti logam Mg, ketidakstabilan nilai prosentase perpanjangan komposit ini disebabkan distribusi logam Zn pada komposisi komposit seratnya yang kurang merata.

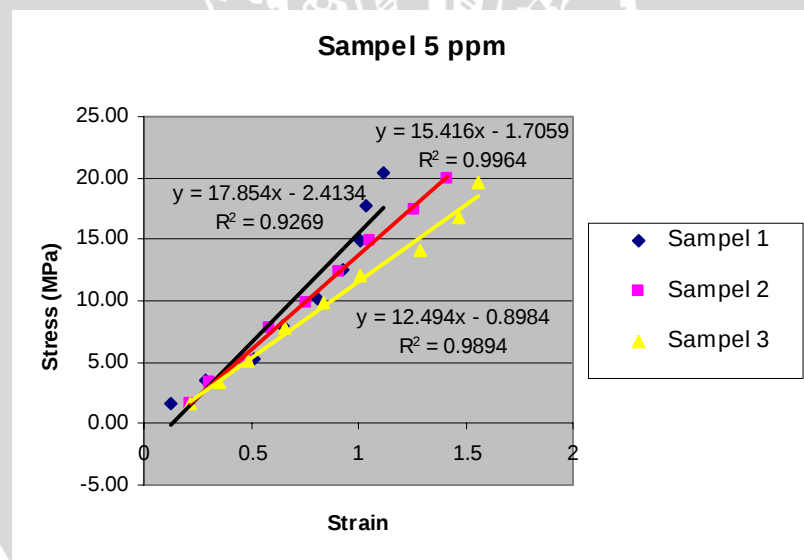
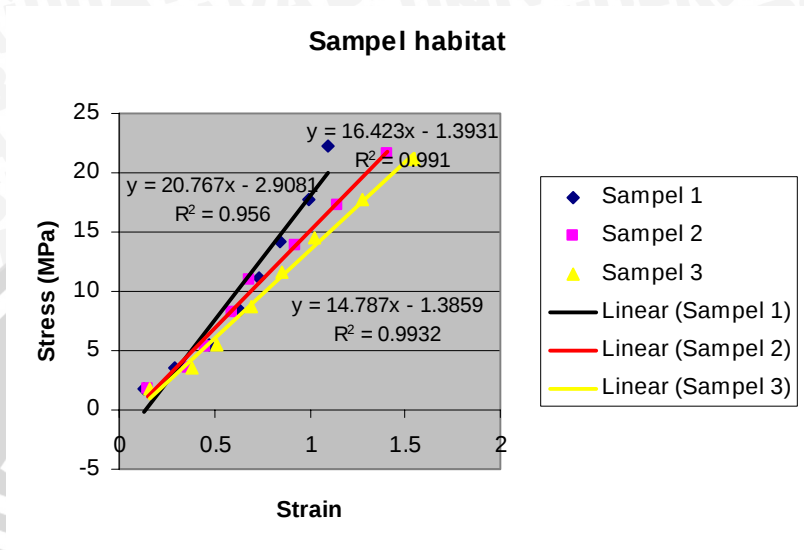
4.2.3. Modulus young komposit

Modulus elastisitas bahan komposit serat eceng gondok dengan matrik LDPE ditunjukkan dari grafik perbandingan stress dan strain seperti yang linier dan searah dimana stress akan meningkat seiring dengan penambahan perpanjangan komposit.

Modulus elastisitas LDPE berada pada kisaran 172 – 283 MPa. Tapi karena adanya unsur logam dalam komposisi komposit serat yang menyebabkan penurunan secara drastis pada kekuatan tarik dan prosentase perpanjangan kompositnya, maka nilai modulus young komposit serat pada daerah elastis juga mengalami penurunan secara drastis hingga hanya bernilai pada kisaran 15.64 MPa.

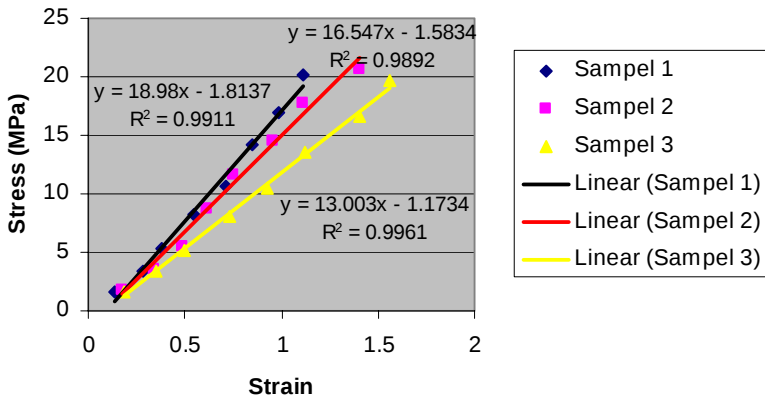
Logam Mg memiliki nilai modulus young sebesar 45 GPa. Besarnya nilai modulus logam Mg ini mempengaruhi penurunan modulus komposit secara drastis menjadi sekitar 15.64 MPa. Namun karena plastik mendominasi komposisi komposit, maka dalam penelitian ini belum dapat dipastikan pengaruh kandungan logam dalam serbuk eceng gondok terhadap gejala karakteristik mekanik kompositnya.

Sementara itu karakteristik mekanik komposit eceng gondok dengan uji tarik komposit, cenderung searah dimana kuat tarik (stress) akan naik seiring dengan bertambahnya perpanjangan komposit sehingga strainnya juga bertambah besar sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.8 :

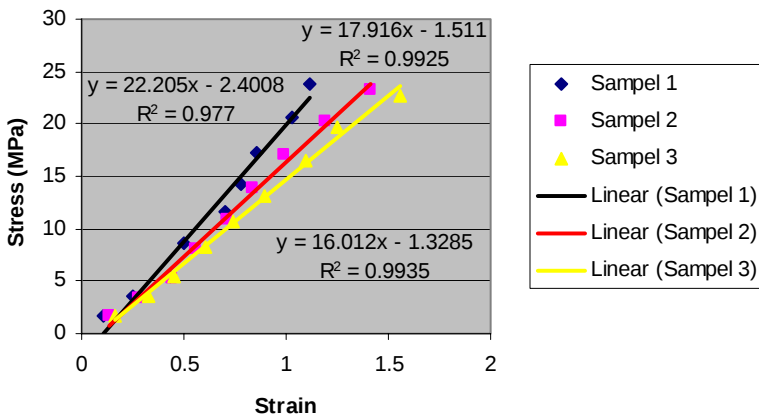


Gambar 4.8a. Hubungan stress dan strain sampel komposit habitat dan 5 ppm

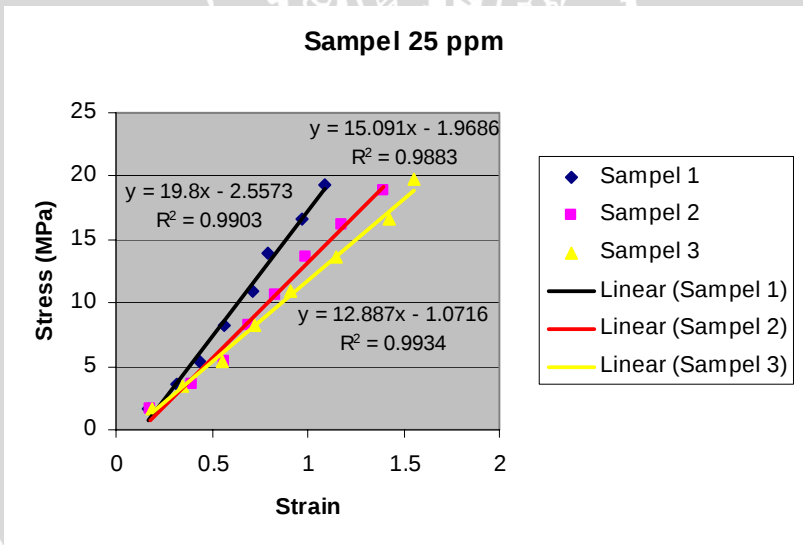
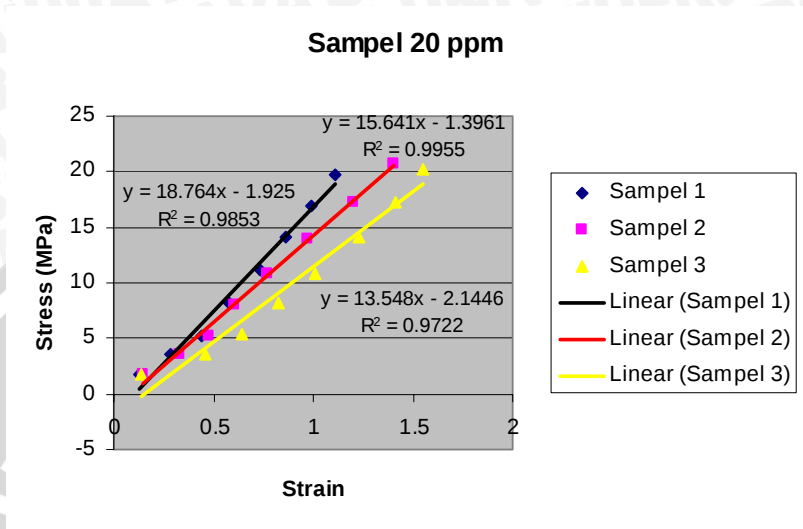
Sampel 10 ppm



Sampel 15 ppm



Gambar 4.8b. Hubungan stress dan strain sampel komposit 10 ppm dan 15 ppm.



Gambar 4.8c. Hubungan stress dan strain sampel komposit 20 ppm dan 25 ppm

Pada kenaikan setiap 100 N pada saat uji tarik komposit, di dapatkan nilai stress yang semakin naik seiring dengan bertambahnya perpanjangan komposit akibat meregang. Besarnya deformasi yang diberikan mengakibatkan nilai stress dan strain yang berbeda. Dapat dilihat pada gambar 4.8a, 4.8b, dan 4.8c bahwa besarnya stress dan strain naik secara kontinu dimana semakin besar deformasi yang diberikan pada bahan komposit mengakibatkan komposit semakin meregang sampai akhirnya patah. Masing-masing sampel memiliki nilai stress dan strain yang tidak sama tapi hampir berdekatan untuk tiap kenaikan deformasi yang diberikan. Namun karena adanya unsur logam dalam serbuk eceng gondok yang merupakan komponen dari komposit dan komposisi serbuk yang jauh lebih sedikit dari matriknya, maka karakteristik mekaniknya belum dapat dilihat secara pasti. Hal ini disebabkan karena sifat plastik yang lebih mendominasi karakteristik bahan komposit daripada serbuk eceng gondok.

Modulus elastisitas masing-masing sampel bahan komposit ditunjukkan dalam tabel 4.5

Tabel 4.5a Modulus elastisitas komposit habitat

F (N)	Y1 (MPa)	Y2 (MPa)	Y3 (MPa)
100	13.23	11.47	10.75
200	12.31	9.92	9.24
300	11.60	11.91	10.69
400	13.30	13.95	12.62
500	15.22	16.01	13.61
600	16.88	15.10	14.07
700	17.86	15.03	13.81
800	20.20	15.38	13.65

Tabel 4.5b. Modulus elastistas komposit 5 ppm

F(N)	Y1 (MPa)	Y2 (MPa)	Y3 (MPa)
100	12.85	7.45	7.59
200	11.90	10.94	9.69
300	10.31	10.37	10.37
400	12.22	13.20	11.80
500	12.47	13.05	11.81
600	13.53	13.57	12.00
700	14.81	14.25	10.96
800	17.10	13.83	11.41
900	18.22	14.18	12.57

Tabel 4.5c. Modulus elastistas komposit 10 ppm

F(N)	Y1 (MPa)	Y2 (MPa)	Y3 (MPa)
100	11.93	9.56	8.89
200	12.32	10.50	9.86
300	13.84	11.35	10.34
400	14.96	14.28	11.07
500	15.04	15.43	11.27
600	16.68	15.09	12.14
700	17.08	15.93	11.82
800	18.20	14.76	12.66

Tabel 4.5d. Modulus elastisitas komposit 15 ppm

F(N)	Y1 (MPa)	Y2 (MPa)	Y3 (MPa)
100	15.64	13	10.56
200	14.04	12	10.64
300	12.67	12	11.91
400	17.10	14	13.49
500	16.53	15	14.43
600	18.18	17	14.69
700	20.09	17	15.05
800	20.07	17	15.80
900	21.26	16	14.57

Tabel 4.5e. Modulus elastisitas komposit 20 ppm

F(N)	Y1 (MPa)	Y2 (MPa)	Y3 (MPa)
100	13.23	11.27	12.07
200	12.54	10.64	7.63
300	11.95	10.96	8.38
400	14.19	13.25	9.92
500	15.22	14.14	10.78
600	16.49	14.32	11.53
700	17.08	14.40	12.26
800	17.79	14.76	13.03

Tabel 4.5d. Modulus elastisitas komposit 25 ppm

F(N)	Y1 (MPa)	Y2 (MPa)	Y3 (MPa)
100	10.12	9.56	9.05
200	11.16	8.93	10.03
300	12.18	9.57	9.91
400	14.70	11.93	11.43
500	15.34	12.87	11.97
600	17.58	13.74	11.83
700	17.06	13.73	11.57
800	17.72	13.51	12.74

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan antara lain :

1. Karakteristik mekanik komposit serat eceng gondok dengan variasi kandungan logam Mg dan Zn didapatkan dengan nilai kekuatan tarik komposit serat $19.32 \pm 0.24 - 23.27 \pm 0.31$ MPa, persen perpanjangan komposit serat $134.75 \pm 13.61 - 136.50 \pm 13.09\%$ dan modulus young komposit serat $14.66 \pm 1.55 - 17.44 \pm 1.99$ MPa.
2. Karakteristik mekanik komposit serat eceng gondok dipengaruhi oleh beberapa faktor. Diantaranya kurang meratanya sebaran logam dalam komposit eceng gondok, komposisi matrik polietilena dalam komposit eceng gondok, dan bentuk serat yang sudah menjadi serbuk sehingga reorientasi molekulnya terjadi ke segala arah.

5.2. Saran

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dari penelitian ini antara lain :

1. Metode pembuatan sampel perlu disempurnakan dengan metode lain.
2. Komposisi matrik dan serat perlu diperhatikan untuk mendapatkan karakteristik mekanik komposit serat yang lebih baik.
3. Jumlah batang eceng gondok yang dipanen perlu diperbanyak untuk menghindari kekurangan sampel.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mempelajari lebih lanjut tentang karakteristik mekanik komposit.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

- _____, <http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/plants/plantid2/images/hyacinth.jpg>. Diakses tanggal 5 Oktober 2005
- _____, <http://waynesword.palomar.edu/trjune99.htm>. Diakses tanggal 6 Oktober 2005
- _____, <http://ms.wikipedia.org/wiki/Magnesium>. Diakses tanggal 12 November 2005
- _____, <http://prchandna.tripod.com/properties.htm>. Diakses tanggal 12 November 2005
- _____, <http://faraday.physics.utoronto.ca/PHY1825/WilberforceRefYoungh.pdf>. Diakses tanggal 13 November 2005
- _____, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/permot3.html>. Diakses tanggal 13 November 2005
- Bambang Kismono Hadi. 2000. Mekanika Struktur Komposit. Depdiknas Press. Jakarta
- Billmeyer, Fred W Jr. 1984. Text Book of Polimer Science. John Wiley & sons. New York.
- Brij, D dan K. P. Sharma. 1982. Water Hyacinth (Eichhornia crassipes (Mart.)Solm) The Most Trouble Weed Of The World. Hindiasia Publisher. India
- Chigbo, F.E, W.S. Ralph dan L.S. Fred., 1982. Uptake of Arsenic, Cadmium and Mercury from Polluted Water by the Water Hyacinth. Env Pollut. (Series A).27:31-36.
- Fahn, A. 1982. Anatomi Tumbuhan. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Fitter, A.H., and R.K.M. Hay.1991. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Ghopal, B dan K.P. Sharma. 1981. Water Hyacinth. Hindiasia. Delhi. India.
- Giancoli, Douglas.C. 1997. Fisika. Edisi 4 jilid 2. Alih bahasa: Cuk Imawan dkk. Penerbit Erlangga. Jakarta. 2:44-48.
- Grant, William.F. 1984. Plant Biosystematics. San Diego Press. San Diego
- Holms, L.G., D.L. Plucknett, J.V. Pancho dan J.P. Herberger. 1970. The World's Worst Weeds. Publ. For the East – Center. The Unive. Press of Hawaii.pp.600.
- Hopkins, W.G. 1999. Introduction to Plant Physiology. Second Edition. John Willey & Sons, Inc. USA. 2:34.

- Joedodibroto, R. 1983. Prospek Pemanfaatan Enceng Gondok dalam Industri Pulp dan Kertas. *Berita Selulosa* 19 (1)
- Moenandir, J. dan Murgito. 1990. Kemampuan Penyerapan Logam berat Oleh Eceng Gondok. AGRIVITA VOL. 17 NO.2.
- Muramoto, S dan Y. Oki., 1983. Removal of Some Heavy Metal from Polluted Water by Water Hyacinth. Bull. Env. Contam. Toxicol. 30: 170-77.
- Oedin, H., 1980. Pengaruh Beberapa Faktor lingkungan Terhadap Kecepatan Pertumbuhan Eceng Gondok. Berita. Panel. Pert. 10(6): 18-24.
- Onggo, H dan Triastuti, J. 1998. Pembuatan dan Karaterisasi Pulp Eceng Gondok. URL: www.fisika.lipi.go.id/fisika.cgi?lihat publikasi & 1045802309. Diakses 15 Desember 2004.
- Reddy, K.R. dan deBusk, W.F. 1995. Nutrient Removal Potential of Selected Aquatic Macrophytes. J. Environ. Qual. 14:459-462.
- Rowell, R.M., James S. Han and, Jeffrey C. Rowell. 2000. Characterization and Factors Effectting Fiber Properties. Natural Polymer and Agrifibers Composite: 115 – 134.
- Salisbury, F.B dan Ross, C.W. 1995. Fisiologi tumbuhan. Jilid 1. Penerbit ITB. Bandung. 1:5-9.
- Stevens, M. 2001. Kimia Polimer. Penerbit Pradnya Paramita Jakarta.
- Suriawiria, Unus. 2003. *Mikrobiologi Air*. Alumn: Bandung
- Tipler, Paul.A, 1991, Fisika untuk Sains dan Teknik, Edisi ketiga, Penerbit Erlangga. Jakarta
- Widyanto, L.S dan H. Susilo, 1977. Pencemaran Air oleh logam Berat dan Hubungannya dengan Eceng Gondok, Rawa Pening. Biotrop(247):41-47.

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian

Tabel L.1.1. Data berat kering serbuk eceng gondok.

No	Hbt (gr)	5 ppm (gr)	10 ppm (gr)	15 ppm (gr)	20 ppm (gr)	25 ppm (gr)
1.	2.59	2.73	1.61	2.44	1.99	2.43
2.	2.59	2.78	1.62	2.49	1.98	2.51
3.	2.53	2.82	1.64	2.50	2.11	2.46
4.	2.54	2.79	1.58	2.49	2.01	2.51
5.	2.55	2.86	1.59	2.38	2.01	2.52
Rata-rata	2.56	2.79	1.61	2.46	2.02	2.49

Tabel L.1.2 Data Pengukuran plastic + cap

No.	Plastik + cap (gr)
1.	0.56
2.	0.56
3.	0.56
4.	0.71
5.	0.60
6.	0.76
7.	0.72
8.	0.67
9.	0.66
10.	0.73
Jumlah	6.52
Rata-rata	0.65

Tabel L.1.3. Data stress dan strain sampel habitat 1

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.8	58	1.72	0.52	0.13
200	10	5.6	56	3.57	1.17	0.29
300	10	5.5	55	5.45	1.88	0.49
400	9	5.3	47.7	8.38	2.53	0.63
500	9	5.0	45	11.11	2.92	0.73
600	9	4.7	42.3	14.18	3.37	0.84
700	9	4.4	39.6	17.68	3.99	0.99
800	9	4.0	36	22.22	4.41	1.10

Tabel L.1.4. Data stress dan strain sampel habitat 2

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.8	58	1.72	0.61	0.15
200	10	5.6	56	3.57	1.44	0.36
300	10	5.6	56	5.36	1.82	0.45
400	9	5.4	48.6	8.23	2.36	0.59
500	9	5.1	45.9	10.89	2.72	0.68
600	9	4.8	43.2	13.89	3.68	0.92
700	9	4.5	40.5	17.28	4.59	1.15
800	9	4.1	36.9	21.69	5.65	1.41

Tabel L.1.5. Data stress dan strain sampel habitat 3

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.8	58	1.72	0.66	0.16
200	10	5.7	57	3.51	1.52	0.38
300	10	5.5	55	5.45	2.02	0.51
400	9	5.1	45.9	8.71	2.78	0.69
500	9	4.8	43.2	11.57	3.41	0.85
600	9	4.6	41.4	14.49	4.11	1.03
700	9	4.4	39.6	17.68	5.12	1.28
800	9	4.2	37.8	21.16	6.21	1.55

Tabel L.1.6. Data stress dan strain sampel 5 ppm 1

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	6.0	60	1.67	0.54	0.13
200	10	5.8	58	3.45	1.15	0.29
300	10	5.7	57	5.26	2.05	0.51
400	9	5.6	50.4	7.94	2.61	0.65
500	9	5.5	49.5	10.10	3.22	0.80
600	9	5.3	47.7	12.58	3.73	0.93
700	9	5.2	46.8	14.96	4.02	1.00
800	9	5.0	45.0	17.78	4.15	1.04
900	9	4.9	44.1	20.41	4.47	1.12

Tabel L.1.7. Data stress dan strain sampel 5 ppm 2

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	6.1	61	1.64	0.89	0.22
200	10	5.9	59	3.39	1.25	0.31
300	10	5.9	59	5.08	1.97	0.49
400	9	5.7	51.3	7.79	2.35	0.59
500	9	5.6	50.4	9.92	3.05	0.76
600	9	5.4	48.6	12.35	3.65	0.91
700	9	5.2	46.8	14.96	4.21	1.05
800	9	5.1	45.9	17.43	5.05	1.26
900	9	5.0	45	20.00	5.63	1.41

Tabel L.1.8. Data stress dan strain sampel 5 ppm 3

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	6.0	60	1.67	0.88	0.22
200	10	5.9	59	3.39	1.41	0.35
300	10	5.9	59	5.08	1.98	0.49
400	9	5.7	51.3	7.79	2.63	0.66
500	9	5.6	50.4	9.92	3.35	0.84
600	9	5.5	49.5	12.12	4.05	1.01
700	9	5.5	49.5	14.14	5.15	1.29
800	9	5.3	47.7	16.77	5.89	1.47
900	9	5.1	45.9	19.61	6.25	1.56

Tabel L.1.9. Data stress dan strain sampel 10 ppm 1

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	6.0	60	1.67	0.56	0.14
200	10	5.8	58	3.45	1.12	0.28
300	10	5.7	57	5.26	1.54	0.38
400	9	5.4	48.6	8.23	2.20	0.55
500	9	5.2	46.8	10.68	2.83	0.71
600	9	4.7	42.3	14.18	3.42	0.85
700	9	4.6	41.4	16.91	3.96	0.99
800	9	4.4	39.6	20.20	4.46	1.11

Tabel L.1.10 Data stress dan strain sampel 10 ppm 2

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.8	58	1.72	0.72	0.18
200	10	5.6	56	3.57	1.35	0.34
300	10	5.4	54	5.56	1.97	0.49
400	9	5.1	45.9	8.71	2.44	0.61
500	9	4.8	43.2	11.57	3.02	0.75
600	9	4.6	41.4	14.49	3.84	0.96
700	9	4.4	39.6	17.68	4.45	1.11
800	9	4.3	38.7	20.67	5.61	1.40

Tabel L.1.11. Data stress dan strain sampel 10 ppm 3

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.9	59	1.69	0.79	0.19
200	10	5.8	58	3.45	1.42	0.35
300	10	5.8	58	5.17	2.01	0.50
400	9	5.5	49.5	8.08	2.92	0.73
500	9	5.3	47.7	10.48	3.73	0.93
600	9	4.9	44.1	13.60	4.48	1.12
700	9	4.7	42.3	16.55	5.61	1.40
800	9	4.5	40.5	19.75	6.24	1.56

Tabel L.1.12. Data stress dan strain sampel 15 ppm 1

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.8	58	1.72	0.43	0.11
200	10	5.7	57	3.51	1.02	0.25
300	10	5.5	55	5.45	1.72	0.43
400	9	5.2	46.8	8.55	2.02	0.50
500	9	4.8	43.2	11.57	2.81	0.70
600	9	4.7	42.3	14.18	3.13	0.78
700	9	4.5	40.5	17.28	3.46	0.86
800	9	4.3	38.7	20.67	4.11	1.03
900	9	4.2	37.8	23.81	4.47	1.12

Tabel L.1.13. Data stress dan strain sampel 15 ppm 2

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.9	59	1.69	0.52	0.13
200	10	5.8	58	3.45	1.13	0.28
300	10	5.7	57	5.26	1.76	0.44
400	9	5.5	49.5	8.08	2.23	0.56
500	9	5.1	45.9	10.89	2.84	0.71
600	9	4.8	43.2	13.89	3.35	0.84
700	9	4.6	41.4	17.03	3.98	0.99
800	9	4.4	39.6	20.20	4.78	1.19
900	9	4.3	38.7	23.26	5.66	1.41

Tabel L.1.14. Data stress dan strain sampel 15 ppm 3

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.9	59	1.69	0.66	0.16
200	10	5.8	58	3.51	1.32	0.33
300	10	5.7	57	5.36	1.81	0.45
400	9	5.5	49.5	8.23	2.43	0.61
500	9	5.1	45.9	10.68	2.97	0.74
600	9	4.8	43.2	13.07	3.55	0.89
700	9	4.6	41.4	16.55	4.42	1.10
800	9	4.4	39.6	19.75	5.01	1.25
900	9	4.3	38.7	22.73	6.25	1.56

Tabel L.1.15 Data stress dan strain sampel 20 ppm 1

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.8	58	1.72	0.51	0.13
200	10	5.7	57	3.51	1.14	0.28
300	10	5.7	57	5.26	1.77	0.44
400	9	5.4	48.6	8.23	2.32	0.58
500	9	5.0	45	11.11	2.91	0.73
600	9	4.7	42.3	14.18	3.45	0.86
700	9	4.6	41.4	16.91	3.97	0.99
800	9	4.5	40.5	19.75	4.43	1.11

Tabel L.1.16 Data stress dan strain sampel 20 ppm 2

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.9	59	1.69	0.62	0.15
200	10	5.7	57	3.51	1.31	0.33
300	10	5.7	57	5.26	1.92	0.48
400	9	5.5	49.5	8.08	2.46	0.61
500	9	5.1	45.9	10.89	3.07	0.77
600	9	4.8	43.2	13.89	3.88	0.97
700	9	4.5	40.5	17.28	4.81	1.20
800	9	4.3	38.7	20.67	5.61	1.40

Tabel L.1.17. Data stress dan strain sampel 20 ppm 3

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.9	59	1.69	0.57	0.14
200	10	5.7	57	3.51	1.86	0.46
300	10	5.6	56	5.36	2.55	0.64
400	9	5.4	48.6	8.23	3.34	0.83
500	9	5.1	45.9	10.89	4.01	1.01
600	9	4.7	42.3	14.18	4.91	1.23
700	9	4.5	40.5	17.28	5.66	1.41
800	9	4.4	39.6	20.20	6.22	1.55

Tabel L.1.18 Data stress dan strain sampel 25 ppm 1

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.8	58	1.72	0.68	0.17
200	10	5.6	56	3.57	1.28	0.32
300	10	5.6	56	5.36	1.75	0.44
400	9	5.4	48.6	8.23	2.24	0.56
500	9	5.1	45.9	10.89	2.81	0.71
600	9	4.8	43.2	13.89	3.17	0.79
700	9	4.7	42.3	16.55	3.88	0.97
800	9	4.6	41.4	19.32	4.36	1.09

Tabel L.1.19 Data stress dan strain sampel 25 ppm 2

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.8	58	1.72	0.71	0.18
200	10	5.6	56	3.57	1.62	0.40
300	10	5.6	56	5.36	2.24	0.56
400	9	5.4	48.6	8.23	2.79	0.69
500	9	5.2	46.8	10.68	3.33	0.83
600	9	4.9	44.1	13.60	3.96	0.99
700	9	4.8	43.2	16.20	4.72	1.18
800	9	4.7	42.3	18.91	5.60	1.40

Tabel L.1.20 Data stress dan strain sampel 25 ppm 3

F (N)	D (10⁻³m)	t (10⁻³m)	A (m²)	σ (MPa)	ΔL (10⁻²m)	ε
100	10	5.8	58	1.72	0.75	0.19
200	10	5.7	57	3.51	1.41	0.35
300	10	5.5	55	5.45	2.20	0.55
400	9	5.4	48.6	8.23	2.89	0.72
500	9	5.1	45.9	10.89	3.64	0.91
600	9	4.9	44.1	13.60	4.59	1.15
700	9	4.7	42.3	16.55	5.72	1.43
800	9	4.5	40.5	19.75	6.21	1.55

Lampiran 2. Data Hasil Perhitungan

Lampiran 2.1 Perhitungan kekuatan tarik komposit

Tabel L. 2.1.1 Kuat tarik sampel habitat.

No.	F (N)	D (10 ⁻³ m)	t (10 ⁻³ m)	A (m ²)	σ (MPa)	$ \sigma - \bar{\sigma} ^2$ (MPa)
1.	800	9	4	36	22.22	0.2809
2.	800	9	4.1	36.9	21.69	0
3.	800	9	4.2	37.8	21.16	0.2809
Σ					65.07	0.5618

$$\bar{\sigma} = \frac{\Sigma \sigma}{k} = \frac{65.07}{3} = 21.69 \text{ MPa}$$

$$\delta\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma |\sigma - \bar{\sigma}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{0.5618}{6}} = 0.31$$

$$\sigma = \bar{\sigma} \pm \delta\sigma = 21.69 \pm 0.31 \text{ MPa}$$

Tabel L.2.1.2 Kuat tarik sampel 5 ppm

No.	F (N)	D (10 ⁻³ m)	t (10 ⁻³ m)	A (m ²)	σ (MPa)	$ \sigma - \bar{\sigma} ^2$ (MPa)
1.	900	9	4.9	44.1	20.41	0.1681
2.	900	9	5	45	20	0
3.	900	9	5.1	45.9	19.61	0.1521
Σ					60.02	0.3202

$$\bar{\sigma} = \frac{\Sigma \sigma}{k} = \frac{60.02}{3} = 20.01 \text{ MPa}$$

$$\delta\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma |\sigma - \bar{\sigma}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{0.3202}{6}} = 0.23$$

$$\sigma = \bar{\sigma} \pm \delta\sigma = 20.01 \pm 0.23 \text{ MPa}$$

Tabel L.2.1.3. Kuat tarik sampel 10 ppm

No.	F (N)	D (10 ⁻³ m)	t (10 ⁻³ m)	A (m ²)	σ (MPa)	$ \sigma - \bar{\sigma} ^2$ (MPa)
1.	800	9	4.4	39.6	20.20	0.0001
2.	800	9	4.3	38.7	20.67	0.2116
3.	800	9	4.5	40.5	19.75	0.2116
Σ					60.62	0.4233

$$\bar{\sigma} = \frac{\Sigma \sigma}{k} = \frac{60.62}{3} = 20.21 \text{ MPa}$$

$$\delta \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma |\sigma - \bar{\sigma}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{0.4233}{6}} = 0.27$$

$$\sigma = \bar{\sigma} \pm \delta \sigma = 20.21 \pm 0.27 \text{ MPa}$$

Tabel L.2.1.4. Kuat tarik sampel 15 ppm

No.	F (N)	D (10 ⁻³ m)	t (10 ⁻³ m)	A (m ²)	σ (MPa)	$ \sigma - \bar{\sigma} ^2$ (MPa)
1.	900	9	4.2	37.8	23.81	0.2916
2.	900	9	4.3	38.7	23.26	0.0001
3.	900	9	4.4	39.6	22.73	0.2916
Σ					69.80	0.5833

$$\bar{\sigma} = \frac{\Sigma \sigma}{k} = \frac{69.80}{3} = 23.27 \text{ MPa}$$

$$\delta \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma |\sigma - \bar{\sigma}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{0.5833}{6}} = 0.31$$

$$\sigma = \bar{\sigma} \pm \delta \sigma = 23.27 \pm 0.31 \text{ MPa}$$

Tabel L.2.1.5 Kuat tarik sampel 20 ppm

No.	F (N)	D (10 ⁻³ m)	t (10 ⁻³ m)	A (m ²)	σ (MPa)	σ - σ̄ ² (MPa)
1.	800	9	4.5	40.5	19.75	0.2116
2.	800	9	4.3	38.7	20.67	0.2116
3.	800	9	4.4	39.6	20.20	0.0001
Σ					60.62	0.4233

$$\bar{\sigma} = \frac{\Sigma \sigma}{k} = \frac{60.62}{3} = 20.21 \text{ MPa}$$

$$\delta \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma |\sigma - \bar{\sigma}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{0.4233}{6}} = 0.27$$

$$\sigma = \bar{\sigma} \pm \delta \sigma = 20.21 \pm 0.27 \text{ MPa}$$

Tabel L.2.1.6 Kuat tarik sampel 25 ppm

No.	F (N)	D (10 ⁻³ m)	t (10 ⁻³ m)	A (m ²)	σ (MPa)	σ - σ̄ ² (MPa)
1.	800	9	4.6	41.4	19.32	0.0001
2.	800	9	4.7	42.3	18.91	0.1764
3.	800	9	4.5	40.5	19.75	0.1764
Σ					57.98	0.3529

$$\bar{\sigma} = \frac{\Sigma \sigma}{k} = \frac{57.98}{3} = 19.33 \text{ MPa}$$

$$\delta \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma |\sigma - \bar{\sigma}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{0.3529}{6}} = 0.24$$

$$\sigma = \bar{\sigma} \pm \delta \sigma = 19.32 \pm 0.24 \text{ MPa}$$

Lampiran 2.2. Perhitungan persen perpanjangan komposit

Tabel L.2.2.1. Persen perpanjangan sampel habitat

No.	ΔL (cm)	L (cm)	ε (%)	$ \varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%) ^2$
1.	4.41	4	110.25	641.61
2.	5.65	4	141.25	32.15
3.	6.21	4	155.25	386.91
Σ			406.75	1060.67

$$\bar{\varepsilon}(\%) = \frac{\Sigma \varepsilon(\%)}{k} = \frac{406.75}{3} = 135.58\%$$

$$\delta \varepsilon(\%) = \sqrt{\frac{\Sigma |\varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%)|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{1060.67}{6}} = 13.29$$

$$\varepsilon(\%) = \bar{\varepsilon}(\%) \pm \delta \varepsilon(\%) = 135.58 \pm 13.29 \%$$

Tabel L.2.2.2. Persen perpanjangan sampel 5 ppm

No.	ΔL (cm)	L (cm)	ε (%)	$ \varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%) ^2$
1.	4.47	4	111.75	600.25
2.	5.63	4	140.75	20.25
3.	6.25	4	156.25	400
Σ			408.75	1020.50

$$\bar{\varepsilon}(\%) = \frac{\Sigma \varepsilon(\%)}{k} = \frac{408.75}{3} = 136.25\%$$

$$\delta \varepsilon(\%) = \sqrt{\frac{\Sigma |\varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%)|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{1020.50}{6}} = 13.04$$

$$\varepsilon(\%) = \bar{\varepsilon}(\%) \pm \delta \varepsilon(\%) = 136.25 \pm 13.04\%$$

Tabel L.2.2.3. Persen perpanjangan sampel 10 ppm

No.	ΔL (cm)	L (cm)	ε (%)	$ \varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%) ^2$
1.	4.46	4	111.50	596.34
2.	5.61	4	140.25	18.75
3.	6.24	4	156.00	403.21
Σ			407.75	1018.30

$$\bar{\varepsilon}(\%) = \frac{\Sigma \varepsilon(\%)}{k} = \frac{407.75}{3} = 135.92\%$$

$$\delta \varepsilon(\%) = \sqrt{\frac{\Sigma |\varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%)|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{1018.30}{6}} = 13.03$$

$$\varepsilon(\%) = \bar{\varepsilon}(\%) \pm \delta \varepsilon(\%) = 135.92 \pm 13.03\%$$

Tabel L.2.2.4. Persen perpanjangan sampel 15 ppm

No.	ΔL (cm)	L (cm)	ε (%)	$ \varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%) ^2$
1.	4.47	4	111.75	612.56
2.	5.66	4	141.50	25
3.	6.25	4	156.25	390.06
Σ			409.50	1027.62

$$\bar{\varepsilon}(\%) = \frac{\Sigma \varepsilon(\%)}{k} = \frac{409.50}{3} = 136.5\%$$

$$\delta \varepsilon(\%) = \sqrt{\frac{\Sigma |\varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%)|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{1027.62}{6}} = 13.09$$

$$\varepsilon(\%) = \bar{\varepsilon}(\%) \pm \delta \varepsilon(\%) = 136.5 \pm 13.09\%$$

Tabel L.2.2.5 Persen perpanjangan sampel 20 ppm

No.	ΔL (cm)	L (cm)	ε (%)	$ \varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%) ^2$
1.	4.43	4	110.75	612.56
2.	5.61	4	140.25	22.56
3.	6.22	4	155.50	400
Σ			406.50	1035.12

$$\bar{\varepsilon}(\%) = \frac{\Sigma \varepsilon(\%)}{k} = \frac{406.50}{3} = 135.5\%$$

$$\delta \varepsilon(\%) = \sqrt{\frac{\Sigma |\varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%)|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{1035.12}{6}} = 13.13$$

$$\varepsilon(\%) = \bar{\varepsilon}(\%) \pm \delta \varepsilon(\%) = 135.5 \pm 13.13\%$$

Tabel L.2.2.6. Persen perpanjangan sampel 25 ppm

No.	ΔL (cm)	L (cm)	ε (%)	$ \varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%) ^2$
1.	4.36	4	109.00	663.06
2.	5.60	4	140.00	27.56
3.	6.21	4	155.25	420.25
Σ			404.25	1110.87

$$\bar{\varepsilon}(\%) = \frac{\Sigma \varepsilon(\%)}{k} = \frac{404.25}{3} = 134.75\%$$

$$\delta \varepsilon(\%) = \sqrt{\frac{\Sigma |\varepsilon(\%) - \bar{\varepsilon}(\%)|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{1110.87}{6}} = 13.61$$

$$\varepsilon(\%) = \bar{\varepsilon}(\%) \pm \delta \varepsilon(\%) = 134.75 \pm 13.61\%$$

Lampiran 2.3. Perhitungan modulus young komposit

Tabel L.2.3.1. Modulus young sampel habitat

No.	σ (MPa)	ϵ	$E = \sigma/\epsilon$ (MPa)	$ E - \bar{E} ^2$ (MPa)
1.	22.22	1.10	20.20	14.36
2.	21.69	1.41	15.38	1.06
3.	21.16	1.55	13.65	7.62
Σ			49.23	23.04

$$\bar{E} = \frac{\Sigma E}{k} = \frac{49.23}{3} = 16.41 \text{ MPa}$$

$$\delta E = \sqrt{\frac{\Sigma |E - \bar{E}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{23.04}{6}} = 1.96$$

$$E = \bar{E} \pm \delta E = 16.41 \pm 1.96 \text{ MPa}$$

Tabel L.2.3.2. Modulus young sampel 5 ppm

No.	σ (MPa)	ϵ	$E = \sigma/\epsilon$ (MPa)	$ E - \bar{E} ^2$ (MPa)
1.	20.41	1.12	18.22	10.43
2.	20	1.41	14.18	0.66
3.	19.61	1.56	12.57	5.86
Σ			44.97	16.95

$$\bar{E} = \frac{\Sigma E}{k} = \frac{44.97}{3} = 14.99 \text{ MPa}$$

$$\delta E = \sqrt{\frac{\Sigma |E - \bar{E}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{16.95}{6}} = 1.68$$

$$E = \bar{E} \pm \delta E = 14.99 \pm 1.68 \text{ MPa}$$

Tabel L.2.3.3. Modulus young sampel 10 ppm

No.	σ (MPa)	ϵ	$E = \sigma/\epsilon$ (MPa)	$ E - \bar{E} ^2$ (MPa)
1.	20.20	1.12	18.04	8.35
2.	20.67	1.40	14.76	0.15
3.	19.75	1.56	12.66	6.20
Σ			45.46	14.70

$$\bar{E} = \frac{\Sigma E}{k} = \frac{45.46}{3} = 15.15 \text{ MPa}$$

$$\delta E = \sqrt{\frac{\Sigma |E - \bar{E}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{14.70}{6}} = 1.56$$

$$E = \bar{E} \pm \delta E = 15.15 \pm 1.56 \text{ MPa}$$

Tabel L.2.3.4. Modulus young sampel 15 ppm

No.	σ (MPa)	ϵ	$E = \sigma/\epsilon$ (MPa)	$ E - \bar{E} ^2$ (MPa)
1.	23.81	1.12	21.26	14.59
2.	23.26	1.41	16.49	0.90
3.	22.73	1.56	14.57	8.24
Σ			52.32	23.73

$$\bar{E} = \frac{\Sigma E}{k} = \frac{52.32}{3} = 17.44 \text{ MPa}$$

$$\delta E = \sqrt{\frac{\Sigma |E - \bar{E}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{23.73}{6}} = 1.99$$

$$E = \bar{E} \pm \delta E = 17.44 \pm 1.99 \text{ MPa}$$

Tabel L.2.3.5. Modulus young sampel 20 ppm

No.	σ (MPa)	ϵ	$E = \sigma/\epsilon$ (MPa)	$ E - \bar{E} ^2$ (MPa)
1.	19.75	1.11	17.79	6.76
2.	20.67	1.40	14.76	0.18
3.	20.20	1.55	13.03	4.66
Σ			45.58	11.60

$$\bar{E} = \frac{\Sigma E}{k} = \frac{45.58}{3} = 15.19 \text{ MPa}$$

$$\delta E = \sqrt{\frac{\Sigma |E - \bar{E}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{11.60}{6}} = 1.39$$

$$E = \bar{E} \pm \delta E = 15.19 \pm 1.39 \text{ MPa}$$

Tabel L.2.3.6. Modulus young sampel 25 ppm

No.	σ (MPa)	ϵ	$E = \sigma/\epsilon$ (MPa)	$ E - \bar{E} ^2$ (MPa)
1.	19.32	1.09	17.72	9.36
2.	18.91	1.40	13.51	1.32
3.	19.75	1.55	12.74	3.69
Σ			43.97	14.37

$$\bar{E} = \frac{\Sigma E}{k} = \frac{43.97}{3} = 14.66 \text{ MPa}$$

$$\delta E = \sqrt{\frac{\Sigma |E - \bar{E}|^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{14.37}{6}} = 1.55$$

$$E = \bar{E} \pm \delta E = 14.66 \pm 1.55 \text{ MPa}$$

Lampiran 3. Hasil Uji Laboratorium

Lampiran 3.1. Laporan hasil analisa kandungan awal Mg dan Zn



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : A.099/RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2005

1. Data konsumen :
Nama konsumen : Wahyu Indah.
Instansi : Jurusan Fisika FMIPA Unibraw.
Alamat : Jl. Bantaran IV C No. 1 Malang.
Telepon :
Status : Mahasiswa
Keperluan analisis : Penelitian
2. Sampling : Oleh konsumen
3. Identifikasi sampel
Nama sampel : Air Sungai
Wujud : Cair
Warna : Bening
Bau : Tidak Berbau (HB) ; Berbau (HS)
4. Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang.
5. Penyampaian Laporan hasil analisis : Diambil langsung
6. Tanggal terima sampel : 03 September 2005
7. Data hasil analisa :

Nama sampel	Parameter	Kode	Kadar		Metode analisis	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
Air Sungai	Zn	HB	0,00±0,00	ppm	HNO ₃	AAS
		HS	0,00±0,00	ppm	HNO ₃	AAS
	Mg	HB	30,60±0,13	ppm	HNO ₃	AAS
		HS	31,26±0,00	ppm	HNO ₃	AAS

Catatan :

- Hasil analisa ini adalah nilai rata – rata pengerjaan analisis secara duplo.
- Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



M. Farid Rahman, S.Si, M.Si
NIP. 132 158 726

Malang, 06 September 2005
Kalab. Lingkungan,

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
NIP. 131 616 317

Lampiran 3.2. Laporan hasil analisa kandungan Mg dan Zn dalam serbuk eceng gondok



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838 MALANG 65145

LAPORAN HASIL ANALISA

Nomor: TN.008/ RT.5 / T 1 / R 0 / TT. 150803 / 2006

1. Data konsumen :
 - Nama konsumen : Wahyu Indah Retnowati.
 - Instansi : Fakultas MIPA Jurusan Fisika Unibraw.
 - Alamat : Jalan Bantaran IV C. No.1 Malang.
 - Telepon : 081931843056
 - Status : Mahasiswa
 - Kepuasan analisis : Penelitian
2. Sampling dilakukan : Oleh konsumen
3. Identifikasi sampel
 - Nama sampel : *Serat Eceng Gondok*
 - Wujud : Padatan
 - Warna : Coklat
 - Bau : Berbau
4. Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang
5. Penyampaian Laporan hasil analisis : Diambil sendiri/langsung
6. Tanggal terima sampel : 15 Mei 2006
7. Data hasil analisa :

Parameter	No.	Kode	Hasil Analisa		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Mg	1.	A	4519,19 ± 29,87	mg/Kg.	HNO ₃	AAS
	2.	B	5044,08 ± 38,83	mg/Kg.	HNO ₃	AAS
	3.	C	10430,44 ± 30,85	mg/Kg.	HNO ₃	AAS
	4.	D	6111,43 ± 24,58	mg/Kg.	HNO ₃	AAS
	5.	E	6533,58 ± 24,77	mg/Kg.	HNO ₃	AAS
	6.	F	5549,33 ± 7,76	mg/Kg.	HNO ₃	AAS
Zn	7.	A	94,28 ± 0,23	ppm	HNO ₃	AAS
	8.	B	129,63 ± 1,05	ppm	HNO ₃	AAS
	9.	C	127,34 ± 0,17	ppm	HNO ₃	AAS
	10.	D	122,69 ± 0,19	ppm	HNO ₃	AAS
	11.	E	116,82 ± 0,87	ppm	HNO ₃	AAS
	12.	F	61,79 ± 0,80	ppm	HNO ₃	AAS

Catatan :

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata – rata pengerjaan analisis secara duplo.
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



M. Firdaus Rahman, S.Si, M.Si.
NIP. 1972081226

Malang, 27 Mei 2006
Kalab. Lingkungan,

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
NIP. 131 616 317

Lampiran 3.3. Formulir kerja laboratorium metode AAS

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
JURUSAN KIMIA FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

FORMULIR KERJA LABORATORIUM METODE AAS

NO. : / RT.4 / T1 / R.O / TT.010404 / 200...

1. Nama Konsumen : Wahyu Indah
2. Nama Sampel : Air Sungai
3. Jumlah : 3
4. Parameter : Zn ; Pb
5. Kode sampel : HB ; HS
6. Metode Analisa : AAS
7. Analis : Aprilia Istirwa
8. Penyelia : Dra. Tutik Setianingsih, M.Si.
9. Tanggal Terima : 03-Sep-05
10. Tanggal selesai :

Tabel 1 Data kurva kalibrasi

NO	Kadar larutan baku (mg/L)	Pembacaan serapan masuk		
		1	2	Rata-rata

Tabel 2. Hasil uji kadar

NO	Kode sampel	Berat Sampel (g)		Volume sampai hasil destruksi (ml)	Pengenceran		Transmiten	
		1	2		1	2	1	2
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Administrasi :	Analisis :	Penanggung Jawab :
(paraf) <i>[Signature]</i> Tgl: 3/9/05	(paraf) <i>[Signature]</i> Tgl: 3/9/05	(paraf) Tgl:

Lampiran 3.4. Analisa metode AAS

Zn(sampel cair)

C	A
0.05	0.004
0.1	0.01
0.5	0.028
1	0.064
2	0.114
4	0.215

r = 0.998867
slope = 0.053227

konsumen	sampel	tgl terima sampel	kode	A	C (ppm)	rata-2 (ppm)	SD (ppm)	% kesalah
wahyu indah	air sungai	3/9/05	HB	0	0	0	0	0
				0	0	0		
			HS	0	0	0	0	0
				0	0	0		

selisih	kuadrat selisih	total KS	SD
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	#REF!	#REF!

Mg (sampel cair)

C	A
0.5	0.055
1	0.108
1.5	0.219
2	0.347
2.5	0.415

r = 0.991579
slope = 0.1318
intersep = -0.0569

konsumen	sampel	tgl terima sampel	kode	A	fp	C (ppm)	rata-2 (ppm)	SD (ppm)	% kesalah
wahyu indah	air sungai	3/9/05	HB	0.059	50	30.73514	30.6048	0.130344	0.851789
				0.058	50	30.47445	30.6048		
			HS	0.061	50	31.25652	31.25652	0	0
				0.061	50	31.25652	31.25652		

selisih	kuadrat selisih	total KS	SD
0.130344	0.01699	0.01699	0.130344
-0.130344	0.01699		
0	0	0	0
0	0		