

**LAPORAN HASIL PENELITIAN**

**1100160**



**Karakteristik Kekuatan Komposit Polipropilen-Kayu Ulin dengan  
Variasi Fraksi Volume dan Tekanan**

**Oleh:**

**Putu Hadi Setyarini, ST., MT.  
Gandes Anggun Waskito**

**Dilaksanakan atas Biaya Dana DIPA  
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Berdasarkan Kontrak  
Nomor : 23/J.10.1.31/PG/2008  
Tanggal : 22 Mei 2008**

**Fakultas Teknik  
Universitas Brawijaya  
2008**

**HALAMAN PENGESAHAN  
HASIL PENELITIAN DANA DIPA 2008**

---

a. Judul Penelitian : Uji Karakteristik Kekuatan Komposit Polipropilen-Kayu Ulin dengan Variasi Fraksi Volume dan Tekanan

b. Bidang Ilmu : Teknologi

c. Kategon Penelitian : I

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap dan Gelar : Putu Hadi Setyarini, ST., MT.

b. Jenis Kelamin : Perempuan

c. Pangkat/ Golongan/ NIP : Penata Tk.I/III/b/132304301

d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

Anggota Pelaksana : 1 Orang

Nama Anggota Pelaksana : Gandes Anggun Waskito

Lokasi Penelitian : 1. Laboratorium Pengecoran Logam Teknik Mesin Universitas Brawijaya  
2. Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang

Jangka Waktu Penelitian : 6 Bulan

Biaya Penelitian : Rp. 10.000.000,- (Sepuluh Juta Rupiah)

Sumber Dana : Dana DIPA Tahun Anggaran 2008

Mengetahui,  
Ketua BPP Fakultas Teknik  
Universitas Brawijaya



**Dr. Ir. Arief Rachmansyah**  
NIP. 132 059 302

Malang, Oktober 2008  
Ketua Peneliti,



**Putu Hadi Setyarini, ST, MT**  
NIP. 132 304 301

Menyetujui,  
Dean Fakultas Teknik  
Universitas Brawijaya



**(K. Imam Zaky, MT**  
NIP. 130 604 494

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
ABSTRAKSI	iv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Komposit	3
2.2 Klasifikasi Komposit	3
2.3 Matrik Komposit	5
2.4 Polimer	6
2.5 Karakteristik Polimer	9
2.6 Kekuatan Lentur	10
2.7 Kekuatan Kejut	11
2.8 Penguat	13
2.9 Teori Matrik dan Penguat	15
2.10 Metode Pembuatan Komposit Polimer	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian	209
3.2 Variabel Penelitian	19
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.4 Alat dan Bahan	19
3.5 Prosedur Penelitian	21
3.6 Metode Pengujian Kekuatan Lentur	22
3.7 Metode Pengujian Kekuatan Kejut	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil	24
4.2 Pembahasan	24
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	31
DAFTAR PUSTAKA	32
RIWAYAT HIDUP PENELITI	33



## ABSTRAKSI

Pemakaian serbuk kayu sebagai *filler* memiliki beberapa keuntungan diantaranya biaya yang lebih murah, densitasnya jauh lebih rendah, dapat terdegradasi secara alami, serta berasal dari sumber yang dapat diperbaharui. Selain berasal dari kayu yang memiliki sifat mekanik yang baik, serbuk kayu ulin merupakan limbah dari kegiatan penggergajian yang banyak terdapat pada industri pengolahan kayu dan furniture akan tetapi pemanfaatannya belum maksimal. Dengan penambahan *filler* tersebut dapat meningkatkan sifat mekanik komposit. Kekuatan lentur dan kekuatan kejut merupakan salah satu sifat mekanik bahan polimer yang penting dalam kehidupan sehari-hari.

Penelitian ini menggunakan kayu ulin dengan ukuran serbuk kayu 400  $\mu\text{m}$  sebagai *filler*nya. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental nyata. Parameter dalam penelitian ini adalah fraksi volume (%) antara serbuk kayu ulin dengan polipropilen, perbandingannya yaitu: (0:100), (5:95), (10:90), (15:85) dan tekanan penginjeksian yang dipakai adalah 5 bar, 6 bar, 7 bar, 8 bar dengan temperatur injeksi 190°C serta perbandingan fraksi volume (%) serbuk kayu ulin dengan matriks polipropilen yaitu: (0:100), (5:95), (10:90), (15:85) dan temperatur penginjeksian yang digunakan adalah 175°C, 185°C, 195°C, 205°C. Proses pembuatan komposit polipropilen menggunakan sistem injeksi. Data yang diperoleh diolah analisa regresi polinomial serta digambarkan dalam bentuk grafik.

Dari hasil penelitian diketahui kekuatan lentur (*bending strength*) komposit mengalami peningkatan dengan bertambahnya fraksi volume serbuk kayu ulin mulai 0 % sampai 10 % kemudian mengalami penurunan yang terus-menerus sampai fraksi volume serbuk kayu ulin 15 %. Kekuatan lentur komposit tertinggi dicapai pada fraksi volume serbuk kayu ulin 10% pada tekanan injeksi 8 bar sebesar 35,08 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan kekuatannya kejut komposit mengalami peningkatan dengan bertambahnya fraksi volume serbuk kayu ulin dan temperatur injeksi. Dengan menambahkan fraksi volume serbuk kayu ulin sebesar 5% sampai dengan 15% akan meningkatkan kekuatan kejut. Kekuatan kejut juga meningkat seiring dengan penambahan temperatur mulai 175 °C sampai 195°C dan akan sedikit menurun pada temperatur 205 °C yang disebabkan oleh rusaknya serbuk kayu ulin karena temperatur tinggi. Kekuatan kejut komposit tertinggi dicapai pada temperatur injeksi 195°C dengan fraksi volume serbuk kayu ulin 15% yaitu sebesar 30685,30 J/m<sup>2</sup>.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Plastik telah banyak menggantikan material lainnya dalam bidang teknik seperti logam, kayu dan karet, karena plastik *memiliki beberapa* kelebihan dibanding material lainnya. Bahan ini memiliki bobot yang ringan, mampu cetak baik, memiliki tahanan listrik yang tinggi dan harganya *relatif* murah dengan sifat mekanik yang memadai. Hal tersebut terlihat dari peningkatan kebutuhan akan bahan plastik dari tahun ke tahun, sebagaimana terlihat dari data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2007 yang menunjukkan bahwa nilai perdagangan plastik dari barang dari plastik impor Indonesia, terutama polypropylene (PP) pada bulan Januari 2006 sebesar US\$ 128,0 juta sedangkan pada bulan Januari 2007 sebesar US\$ 174.3 juta, sehingga dalam kurun waktu tersebut terjadi peningkatan sebesar 36.17%.

Dalam pemakaiannya di bidang teknik, plastik dituntut untuk memiliki sifat mekanik yang baik. Untuk meningkatkan kekuatan, dalam pemrosesannya, material ini harus ditambahkan bahan penguat di dalamnya. Penguat ini dapat berupa serat maupun serbuk, baik itu yang organik maupun yang anorganik. Salah satunya adalah dengan serbuk kayu.

Pada industri pengolahan kayu yang besar, limbah kayu gergajian hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar yang dijual secara komersial, sedangkan pada industri kecil yang juga mengolah limbah kayu, limbahnya *belum dimanfaatkan* secara optimal. Menurut Dina Setyawati dalam "Makalah Falsafah Sains Program Pascasarjana IPB" tahun 2003 menyebutkan bahwa industri penggergajian kayu, limbah kayu meliputi serbuk gergajian 10.6%, serbetan 25.9% dan potongan 14.3% dengan total limbah sebesar 50.8% dari jumlah bahan baku yang digunakan.

Dalam kenyataannya yang terjadi pada industri skala kecil, penentuan berapakah fraksi volume penguat yang harus ditambahkan dalam campuran bahan komposit dilakukan dengan metode coba-coba, sehingga menghasilkan produk yang kurang optimal baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Hal ini tentu akan mempengaruhi kinerja dari industri tersebut. Pada pengolahan material komposit parameter lain yang mempengaruhi adalah tekanan injeksi, yaitu tekanan untuk memasukkan bahan polimer yang telah dilelehkan ke dalam cetakan.

Tekanan ini harus diperhatikan dengan tepat agar komposit yang dihasilkan tidak cacat.

Pemakaian serbuk kayu sebagai filler memiliki beberapa keuntungan diantaranya biaya yang lebih murah, densitasnya jauh lebih rendah, dapat terdegradasi secara alami, serta berasal dari sumber yang dapat diperbaharui. Selain berasal dari kayu yang memiliki sifat mekanik yang baik, serbuk kayu ulin merupakan limbah dari kegiatan penggergajian yang banyak terdapat pada industri pengolahan kayu dan furniture akan tetapi pemanfaatannya belum maksimal. Dengan penambahan filler tersebut dapat meningkatkan sifat mekanik komposit. Kekuatan lentur dan kekuatan kejut merupakan salah satu sifat mekanik bahan polimer yang penting dalam kehidupan sehari-hari.

Sehubungan hal tersebut di atas maka perlu dilakukan penelitian mengenai seberapa jauh pengaruh tekanan injeksi dan fraksi volume serbuk kayu ulin terhadap kekuatan lentur dan kekuatan kejut komposit matrik polipropilen.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang dapat dikemukakan adalah bagaimanakah pengaruh yang terjadi dari tekanan injeksi dan fraksi volume serbuk kayu ulin terhadap kekuatan lentur dan kekuatan kejut komposit matrik polipropilen

## **1.3 Tujuan Penelitian**

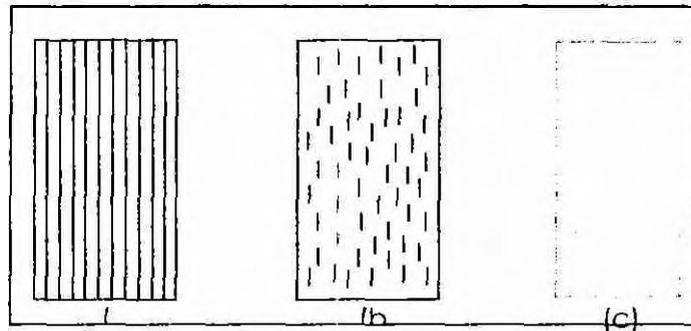
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang terjadi dari tekanan injeksi dan fraksi volume serbuk kayu ulin terhadap kekuatan lentur dan kekuatan kejut komposit polipropilen.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi kepada industri kecil dan menengah sebagai alternatif dalam pemilihan material komposit, khususnya yang berbahan dasar kayu, sehingga mampu meminimalkan ongkos produksi.

Adapun manfaat langsung dari penelitian ini adalah tersedianya informasi mengenai material komposit berbahan dasar kayu.

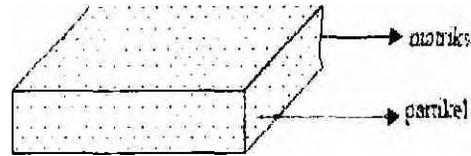
Di dalam komposit, serat disusun dengan berbagai macam skema untuk menentukan sifat mekaniknya. Skema penyusunan serat juga menentukan kemudahan proses pembuatan material komposit. Anderson, *et.al* (1990 : 328) menyatakan bahwa terdapat tiga skema penyusunan serat pada material komposit serat (Gambar 2.1), yaitu



Gambar 2.1 Skema penyusunan serat  
 (a) Serat Panjang yang Disusun Kontinyu, (b) Serat Pendek Tidak Kontinyu dan (c) Serat Acak Tidak Kontinyu  
 Sumber : Anderson *et.al*, 1990 : 32

### 2.2.2. Komposit Serbuk (*Particulate Composite*)

Komposit jenis ini menggunakan penguat yang berbentuk serbuk/butiran (gambar 22). Bahan penguat yang berbentuk serbuk umumnya memiliki ukuran yang hampir sama di segala arah. Bentuk dan penguat serbuk dapat berupa spiral, kubik, pelat, bentuk teratur, ataupun bentuk-bentuk yang tidak teratur. Pada intinya ketika dikenai beban, matrik memindahkan sebagian tegangan ke filler, tingkat penguatan atau peningkatan sifat mekanik tergantung pada kekuatan ikatan pada permukaan antara matrik dan filler, ikatan yang kuat akan memberikan penguatan yang lebih besar. Begitu juga dengan fraksi volume matrik dan filler juga berpengaruh pada sifat mekanik, sifat mekanik akan meningkat dengan meningkatkan fraksi volume filler. Hal ini sesuai dengan rumus *rule of mixture*  $X_c = X_m V_m + X_f V_f$  dengan  $X$  adalah *properties*,  $V$  adalah fraksi volume,  $m$  adalah matrik,  $c$  adalah komposit dan  $f$  adalah filler (Matthews, 1994 : 14).



Gambar 2.2 Komposit serbuk  
Sumber : Antonia Yulian Taurista *et.al*

### 2.2.3. Komposit Berlapis (*Laminate Composite*)

Komposit ini terdiri dari sekurang-kurangnya dua bahan berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna. Komposit lapis dibentuk dari lapisan-lapisan lamina dengan berbagai macam penyusunan arah serat yang telah ditentukan yang disebut *laminate*. Beberapa sifat yang dapat ditingkatkan dengan adanya proses pelapisan antara lain kekuatan, kekakuan, ketahanan korosi, ketahanan aus, isolasi termal dan peredaman suara

### 2.3 Matrik Komposit

Salah satu komponen penyusun komposit adalah matrik. Matrik merupakan unsur pada komposit yang bertindak sebagai perekat yang menyatukan dan melindungi filler. Matrik komposit secara umum ada tiga yaitu polimer, logam dan keramik.

Matrik dalam material komposit mempunyai peran sebagai berikut (Schwartz, 1996):

1. Sebagai bahan pengikat serat atau partikel penguat
2. Mendistribusikan beban yang dikenakan pada material komposit kepada penguat
3. Melindungi penguat dari kerusakan eksternal seperti pengausan secara mekanik
4. Melindungi penguat dari lingkungan yang kurang baik

Karakteristik dari matriks biasanya mempunyai densitas, kekakuan dan kekuatan yang lebih rendah daripada penguat. Kemudian dengan penggabungan antara penguat dan matriks akan didapatkan kekakuan dan kekuatan yang lebih tinggi tetapi masih mempunyai densitas yang rendah. Pada abad XXI ini banyak komposit

yong menggunakan matriks polimer, yang lebih dikenal dengan Polymer Matrix Composites karena dapat diaplikasikan secara luas, lebih mudah diproduksi dalam jumlah besar, mempunyai bentuk yang kompleks dan dapat digunakan dalam dunia penerbangan maupun penggunaan secara umum.

## 2.4 Polimer

Polimer merupakan suatu material yang memiliki banyak molekul yang terdiri dari satuan struktur (monomer) yang tersusun secara berulang dan diikat oleh gaya tarik-menarik yang kuat yang disebut ikatan kovalen (Tata Surdia. 1995 : 171). Secara umum polimer diklasifikasikan menjadi 3 golongan utama (<http://en.wikipedia.org>), yaitu :

1. Termoset
2. Termoplastik
3. Elastomer

### 2.4.1 Polimer Termoset

Resin termoset terbentuk dengan jaringan struktur molekul ikatan kovalen. Resin ini memiliki rantai-rantai molekul yang saling berhubungan sehingga walaupun mengalami pemanasan dan penekanan, masing-masing rantai molekul tidak akan saling bergerak relatif. Resin akan mencair dan kemudian mengeras bersamaan dengan terbentuknya suatu jaringan ikatan rantai monomer sehingga akan bersifat stabil. Oleh karena itu resin termoset tidak dapat dipanaskan dan dicairkan ulang seperti pada resin termoplastik, hal tersebut menjadi kekurangan bagi resin ini karena tidak dapat didaur ulang. Beberapa macam resin termoset yaitu \*

- a. Resin fenol
- b. Epoksi
- c. Poliester tak jenuh

### 2.4.2 Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah material yang mempunyai sifat mampu bentuk cukup baik, artinya meleleh menjadi cair apabila dipanaskan. Resin ini mempunyai ikatan linear dan branched antara monomer-monomer penyusunnya, sehingga kestabilan struktur kimianya akan relatif rendah. Resin termoplastik ini bersifat reversibel sehingga memungkinkan untuk didaur ulang dan dibentuk ulang. Menurut Tata Surdia (1985 : 209) resin termoplastik digolongkan menjadi 2 macam yaitu Resin untuk penggunaan umum dan Resin untuk industri

- Resin untuk penggunaan umum



Resin yang dipakai sebagai bahan untuk memproduksi batong-barang yang diperlukan sehari-hari, berbagai barang kecil, kotak alat-alat listrik, film dan lembaran tipis pada umumnya, seharusnya mudah dicetak dan murah. Beberapa macam resin untuk penggunaanurn, seperti :

a. Polietilen

Polietilen dibuat dengan cara polimerisasi gas etilen, yang diperoleh dengan memberi hidrogen gas petroleum pada pernecahan minyak, gas alam atau asetilan. Karena sifat-sifatnya erat dengan hubungannya dengan massa jenis maka polietilen digolongkan menjadi polietilen massa jenis rendah (LDPE) yang mempunyai massa jenis 0,910-0,926, polietilen massa jenis medium (MDPE) dengan massa jenis 0,926-0,940 dan polietilen massa jenis tinggi (HDPE) yang mempunyai massa jenis 0,941-0,965. Aplikasi polietilen secara luas digunakan sebagai wadah, botol-botol, isolator kabel listrik dan kantong tempat sampah.

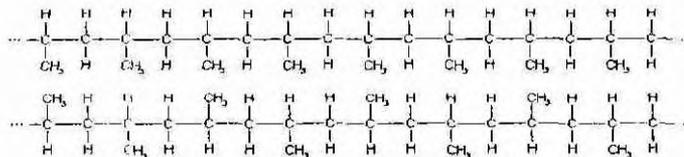
b. Polipropilen

Polypropylene adalah sebuah polimer termoplastik, digunakan di berbagai aplikasi seperti kemasan makanan, tekstil, peralatan laboratorium, komponen otomotif, dan lain sebagainya.



Gambar 2.4 Simbol Resin Polypropylene  
Sumber : [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

Polypropylene biasanya diproses melalui proses *injection* moulding dengan temperatur pemrosesan antara 173 – 180 °C [Jacobs. 1997 : 430]. Polypropylene mempunyai ketahanan lelah (*fatigue*) yang bagus, hal ini mengakibatkan sebagian besar tutup botol plastik dibuat dari material ini. Gambar dibawah ini menunjukkan struktur kimia dari polypropylene :



Gambar 2.5 Short Segment polipropilen  
Sumber . [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

Polipropilen mempunyai sifat mampu cetak yang baik seperti halnya polietilen. Polipropilen mempunyai faktor penyusutan cetakan yang lebih kecil dibandingkan dengan polietilen yang bermassa jenis tinggi, pada kondisi optimal dapat diperoleh produk dengan ketelitian dimensinya yang baik (Surdia, 1995:212).

Polipropilen digunakan diberbagai aplikasi seperti bahan dalam produksi peralatan meja makan, keranjang, peralatan kamar mandi, keperluan rumah tangga, mainan, peralatan listrik, tekstil, peralatan laboratorium, komponen otomotif, berbagai macam botol, dan lain sebagainya. (Surdia, 1995:213).

#### c. Polistiren

Monomer stiren dibuat dari benzen dan etilen dipolimerisasikan oleh panas, cahaya dan katalis. Polistiren mempunyai sifat tidak berwarna dan merupakan resin transparan (bening). Mempunyai massa jenis lebih rendah dari polietilen dan polipropilen. Memiliki sifat listrik yang baik sekali terutama bagi frekuensi tinggi. Kegetasan yang merupakan kekurangan bagi polistiren, telah diperbaiki terutama jalan mencampurkan 5-20% karet sintetik atau SBR (Styrene Butadiene Rubber) Pada polistiren yang mempunyai ketahanan impak tinggi, dipakai untuk kotak radio, TV, refrigerator dan komponen interior mobil.

- Resin untuk industri

Resin ini adalah plastik yang dapat digunakan dalam kondisi agak berat, sebagai bahan dan bagian-bagian untuk industri. Berbagai macam bahan sekarang dikembangkan dan banyak digunakan secara efektif sebagai komponen, dengan menggunakan sifat ringan, kemampuan bentuk yang baik, meredam suara, lubrikasi dan tahan abrasi. Beberapa macam resin untuk industri ini antara lain :

- a. Poliamid (Nylon)
- b. Poliasetal
- c. Polikarbonat aromatik
- d. Polietilen tereftalat

#### 2.4.3 Elastomer

Elastomer atau karet merupakan material polimer yang dimensinya dapat berubah secara signifikan apabila diberi beban atau tegangan dan kembali ke dimensi awal ketika beban atau tegangan dihilangkan (Smith, 2004 . 343). Terdapat

beberapa macam tipe dari elastomer, yaitu karet alam, sintetik poliisoprene, karet butadiene karet nitril poliklorofen dan silicon.

## 2.5 Karakteristik Polimer

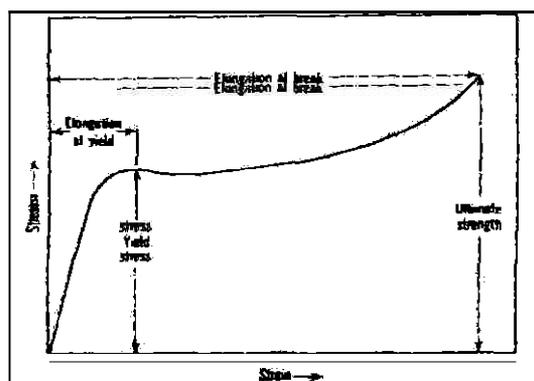
Dalam pemilihan polimer untuk membuat suatu produk tertentu, harus mempertimbangkan sifat-sifatnya yang disesuaikan dengan fungsi dan kriteria yang harus dipenuhi oleh produk tersebut. Sifat-sifat bahan polimer yang perlu diperhatikan adalah massa jenis, sifat mekanik, sifat kimia, sifat kefstrikan dan katahanan lama (*durability*).

### 2.5.1 Sifat Viskoelastis Polimer

Bahan polimer tidak sepenuhnya merupakan bahan elastis, tetapi juga mempunyai sifat kental atau memiliki faktor viskositas, sehingga disebut juga bahan viskoelastik. Sifat mekanik bahan polimer adalah khas karena kelakuan viskoelastiknya yang dominan. Yang terjadi pada bahan polimer adalah peregangan tidak selalu berbanding lurus dengan beban yang diberikan. Pada penurunan kembali beban, sebagian kecil regangan hilang kembali tetapi sebagian besar tetap ada yang tidak kembali ke panjang semula karena material polimer tidak sepenuhnya merupakan bahan yang elastik tetapi juga mempunyai viskositas.

### 2.5.2 Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Polimer

Disebabkan oleh kelakuan viskoelastisnya yang sangat berpengaruh, maka kurva hubungan tegangan-regangan pada bahan polimer berbeda dengan kurva hubungan tegangan-regangan pada bahan logam dalam hal batas daerah *proportional stress*, titik luluh dan daerah luluh, seperti terlihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Polimer

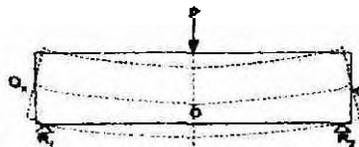
Sumber : Billmeyer, 1984 : 109

Dan kurva hubungan tegangan-regangan bahan polimer di atas dapat diterangkan beberapa hal sebagai berikut

1. Polimer mempunyai batas daerah elastis sebagaimana bahan-bahan lainnya. Besar kecilnya batas daerah elastis pada bahan polimer sangat tergantung pada perubahan temperatur, lama pembebanan, dan besar gaya yang diberikan saat pembebanan. Pada umumnya material polimer mempunyai batas daerah elastis yang lebih kecil dibanding material logam.
2. Polimer tidak mempunyai batas daerah proporsional yang pasti, disebabkan penambahan tegangan pada bahan polimer pada suatu batas daerah tertentu tidak selalu sebanding dengan penambahan regangan.
3. Polimer tidak mempunyai titik luluh yang pasti untuk diketahui. Pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan cara menarik garis lurus sejajar dengan garis kurva tegangan-regangan yang digunakan sebagai acuan dengan jarak 0,2% dari panjang kurva secara horisontal.
4. Tegangan maksimum pada kurva hubungan tegangan-regangan bahan polimer adalah angka tegangan tertinggi yang dapat dicapai bahan polimer sebelum atau ketika bahan tersebut mengalami patah.
5. Titik patah adalah titik di mana suatu material polimer mengalami patah.

## 2.6 Kekuatan Lentur (*Bending Strength*)

Pengujian lentur bagi bahan keras dan getas adalah cara terbaik untuk menentukan kekuatan dan kegetasan suatu material. Pada pengujian lentur, spesimen ditempatkan pada alat uji kemudian diberi beban pada bagian tengah penampang spesimen hingga spesimen patah.



Gambar 2.7 Skema pengujian lentur

Sumber : Tata Surdia 1984:183

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 di atas, kalau batang uji ditumpu pada  $R_1$  dan  $R_2$  dan beban lentur ( $P$ ) diberikan di tengah, maka tegangan lentur yang terjadi adalah:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Dengan P : Beban lentur  
b . Lebar batang uji  
d : Tebal batang uji  
L : Jarak antara titik tumpu

## 2.7 Kekuatan Kejut

Kekuatan kejut dinyatakan oleh banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan specimen. Prinsipnya adalah memberikan beban kejut berupa ayunan pendulum pada specimen bertakik sehingga akan terjadi laju regangan yang sangat besar pada specimen hingga patah. Pengukuran energi impact dilakukan dengan menghisung selisih energi pendulum saat mematahkan specimen dan saat tidak mematahkan specimen (dryrun)

### 2.7.1 Macam Pengujian Kekuatan Kejut

Terdapat 3 macam pengujian kekuatan kejut berdasarkan cara pembebanan dan posisi specimen pada mesin uji impact, antara lain:

#### 1. Tension Impact Test (Tarik Kejut).

Specimen yang digunakan tidak menggunakan notch (takik).

#### 2. Pengujian Pukul

Macam-macam Pengujian pukul sebagai berikut:

##### A. *Impact Charpy test*

Pengujian dilakukan dengan beban pemukul terletak pada posisi vertikal. Energi yang diperlukan untuk mematahkan/merusak specimen merupakan energi potensial pendulum, karena pendulum diletakkan pada ketinggian tertentu. Energi ini nantinya yang diserap sebagian oleh specimen untuk mematahkan specimen dan sebagian hilang karena gesekan pada poros pendulum.

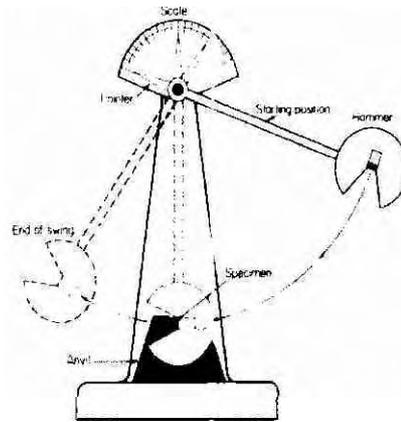
##### B. *Izod Impact Test (cara pembebanan izod)*

Pengujian ini dilakukan dengan cara menjepit specimen pada salah satu ujungnya secara vertical. Posisi notch terletak pada sejajar dengan penjepit. Beban impact bekerja secara horizontal pada bagian atas specimen.

#### 3. Torsion Impact Test.

Prinsip kerjanya sama dengan tension impact test, perbedaannya terletak pada pemberian beban kejut terhadap specimen.





Garnbar 2.8 Alat Uji Kejut  
Sumber . Ward, 1993

Persamaan yang digunakan dalam pengujian kejut

a] Energi yang diperlukan secara ideal

$$A_a = GR [\cos(90-\alpha_1) - \cos \alpha] \quad (2)$$

Dengan :

$A_a$  = Energi yang diperlukan secara ideal dalam satuan Kg.mm

$G$  = Berat pendulum dalam satuan Kg

$R$  = Radius lintasan pendulum dalam satuan mm (600mm)

$\alpha_1$  = Sudut ayunan terjauh pendulum

$\alpha$  = Sudut awal pendulum ( $90^\circ$ )

b) Kerugian energi pada alat

$$f = GR [\cos(90-\alpha_0) - \cos \alpha] \quad (3)$$

Dengan :

$f$  = Kerugian energi pada alat dalam satuan Kg.mm

$\alpha_0$  = Sudut dry run

c) Energi aktual yang diperlukan

$$A = A_a - f \quad (4)$$

d) Energi yang diperlukan untuk menatahkan spesimen tiap satuan luas penampang

$$A_k = \frac{A}{f_0} \quad (5)$$

Dengan

$A$  = Energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen tiap satuan luas penampang dalam satuan  $\frac{Kg.mm}{mm^2}$

$f_0$  = Luas penampang patahan benda kerja dalam  $mm^2$

Umumnya kekuatan kejut bahan polimer lebih kecil daripada kekuatan kejut bahan logam. Jika ikatan antar molekul kuat, atau berat molekul besar, kekuatan kejut biasanya besar. Lain halnya pada polipropilen yang termasuk kelompok paling ringan diantara bahan polimer, sehingga ketahanan kejutnya rendah. Pada umumnya sifat-sifat yang dimiliki tersebut dapat diperbaiki dengan menambahkan bahan pengisi (filler) yang cocok kedalam matrik

## 2.8 Penguat (reinforcement)

Reinforcement atau disebut juga material pengisi (filler) merupakan komponen yang terpenting di dalam material komposit yang bertujuan untuk menambah sifat mekanik maupun elektrik dari sifat matriks yang digunakan (<http://en.wikipedia.org>). Perpaduan antara matriks dan penguat akan menghasilkan sifat material yang tidak dimiliki masing-masing ketika sebelum digabungkan.

### 2.8.1 Serbuk Kayu sebagai Filler

Menurut Strak dan Berger (1997), serbuk kayu memiliki kelebihan sebagai filler bila dibandingkan dengan filler mineral seperti mika, kalsium karbonat, dan talk yaitu: temperatur proses lebih rendah (kurang dari 400°F) dengan demikian mengurangi biaya energi, dapat terdegradasi secara alami, berat jenisnya jauh lebih rendah, sehingga biaya per volume lebih murah, gaya geseknya rendah sehingga tidak merusak peralatan pada proses pembuatan, serta berasal dari sumber yang dapat diperbaharui.

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan serbuk kayu sebagai filler dalam pembuatan komposit kayu plastik adalah jenis kayu, ukuran serbuk serta nisbah antara serbuk kayu dan plastik. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah sifat dasar dari serbuk kayu itu sendiri. Kayu merupakan bahan yang sebagian besar terdiri dari selulosa (40-50%), hemiselulosa (20-30%), lignin (20-30%), dan sejumlah kecil bahan-bahan anorganik dan ekstraktif.

### **2.8.2 Sifat Umum Kayu**

Kayu berasal dari berbagai jenis pohon yang memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda. Bahkan dalam satu pohon, kayu mempunyai sifat yang berbeda-beda. Dari sekian banyak sifat-sifat kayu yang berbeda satu sama lain, ada beberapa sifat yang umum terdapat pada semua jenis kayu yaitu : Kayu tersusun dari sel-sel yang memiliki tipe bermacam-macam dan susunan dinding selnya terdiri dari senyawa kimia berupa selulosa dan hemi selulosa (karbohidrat) serta lignin (non karbohidrat), semua kayu memiliki daya hantar listrik dan panas yang buruk sehingga banyak dipakai untuk membuat barang-barang yang bersifat sebagai isolator, kayu merupakan bahan yang bersifat higroskopis, yaitu dapat menyerap atau melepaskan kadar air (kelembaban) sebagai akibat perubahan kelembaban dan suhu udara disekelilingnya, kayu dapat diserang oleh hama dan penyakit dan dapat terbakar terutarna dalam keadaan kering.

### **2.8.3 Sifat Mekanik Kayu**

Sifat-sifat kayu yang penting sehubungan dengan penggunaannya meliputi sifat fisik (massa jenis, warna, tekstur), sifat mekanik, sifat kimia dan keawetan alami. Sifat kayu yang erat kaitannya dengan kekuatan kayu adalah sifat mekanik kayu. Kekuatan dan ketahanan terhadap perubahan bentuk suatu bahan disebut sebagai sifat-sifat mekaniknya (Haygreen dan Bowyer, 1993 :307). Perubahan-perubahan bentuk yang terjadi segera setelah beban dikenakan dan dapat dipulihkan jika beban dihilangkan disebut perubahan bentuk elastis.

Istilah kekuatan sering digunakan dalam arti umum untuk menyatakan semua sifat mekanik. Hal ini dapat menyebabkan kekeliruan karena banyak terdapat tipe-tipe kekuatan dan sifat elastic yang berbeda beda. Sifat-sifat mekanik kayu yang penting diketahui kaitannya dengan kekuatan kayu, yaitu (Iskandar, Revondy, 2005) :

1. Kekuatan lengkung : kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan kayu atau untuk menahan beban mati maupun hidup selain beban pukulan.
2. Kekuatan tekan : kekuatan kayu untuk menahan muatan/beban.
3. Kekuatan tarik : kekuatan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha menarik kayu.

4. Kekuatan geser : kemampuan kayu untuk menahan gaya-gaya yang membuat suatu bagian kayu tersebut turut bergeser dari bagian lain di dekatnya.
5. Keuletan : kemampuan kayu untuk menyerap sejumlah tenaga yang relatif besar atau tahan terhadap kejutan-kejutan atau tegangan-tegangan yang berulang-ulang yang melampaui batas proporsional serta mengakibatkan perubahan bentuk yang permanen dan kerusakan sebagian.
6. Kekerasan : kemampuan kayu untuk menahan gaya yang membuat takik atau lekukan atau kikisan (abrasi). Bersama-sama dengan keuletan, kekerasan merupakan suatu ukuran tentang ketahanan terhadap pengausan kayu.
7. Kekakuan . kemampuan kayu untuk menahan perubahan bentuk atau lengkungan. Kekakuan tersebut dinyatakan dalam modulus elastisitas.

#### **2.8.4 Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwagerii* Teijsm)**

Kayu Ulin merupakan salah satu jenis kayu keras yang ada di Indonesia. Daerah penyebarannya terdapat di Sumatra dan Kalimantan, dengan tempat tumbuh pada tanah yang kering, tanah liat dan tanah endapan batuan pasir, pada lapangan datar, miring atau bergelombang ringan. Jenis ini memerlukan iklim basah pada dataran rendah sampai ketinggian 400 meter dari permukaan laut. Kelebihan dari kayu ini disamping mempunyai sifat-sifat yang lebih baik dari kayu yang lain, yaitu secara umum karena kekuatan, kekakuannya sebagai bahan bangunan, sangat awet dan juga retakan pada kayu ini relatif kecil.

Sifat-sifat kayu Ulin ([www.indonesianforest.com](http://www.indonesianforest.com))

- Warna kayu : Kayu teras berwarna kuning coklat, coklat kelabu/kehitam-hitaman. Kayu gubal berwarna coklat, kuning muda dan mempunyai batas yang jelas dengan kayu teras.
- Tekstur : Kasar
- Arah serat . Lurus atau berpadu
- Kesan raba : permukaan kayu licin atau agak licin
- Massa jenis :
  - Maksimum : 1.19
  - Minimum : 0,88
  - Rata-rata : 1.04
- Modulus Elastisitas : 17,7-18,7 Gpa
- Kelas kuat : I

- Kembang susut : kecil
- Kekerasan : sangat keras

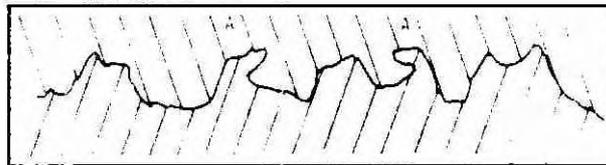
Karena berbagai keunggulannya, pemanfaatan kayu ulin sangat luas, diantaranya untuk furniture mewah, pintu dan kudo-kudo rumah, kusen konstruksi seperti gelagar pada jembatan, balok bantalan rel kereta api serta dindingnya pada jaman dahulu, geladak kapal dan sebagainya.

## 2.9 Teori Ikatan Matrik dan Penguat

Ketika matrik melapisi dan melekat pada permukaan penguat, terjadi ikatan antara permukaan matrik dan penguat. Terdapat beberapa macam ikatan yang terbentuk, antara lain :

### a. Ikatan mekanik (*Mechanical bonding*)

Matrik cair akan menyebar ke seluruh permukaan penguat dan mengisi setiap lekuk dan permukaan penguat yang kasar sehingga terjadi mekanisme saling mengunci (*interlocking mechanism*) seperti pada Gambar 29 dan semakin kasar permukaan penguat maka semakin kuat ikatan yang terbentuk.

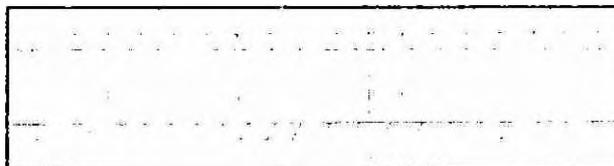


Gambar 29 *Mechanical Bonding*  
Sumber : Matthews and Rawlings, 1994 : 62

### b. Ikatan elektrostatik (*Electrostatic bonding*)

Ikatan elektrostatik seperti yang ditunjukkan Gambar 2.8 terjadi antara matrik dan penguat ketika salah satu permukaan mempunyai muatan positif dan permukaan lain

mempunyai muatan negatif, sehingga terjadi tarik menarik antara dua permukaan tersebut.



Gambar 2.10 *Electrostatic Bonding*  
Sumber : Matthews and Rawlings, 1994 : 62

c. Ikatan reaksi (*Reaction bonding*)

Atom atau molekul dari dua komponen dalam komposit dapat bereaksi pada permukaannya sehingga terjadi ikatan reaksi (Gambar 2.11). Ikatan ini akan membentuk lapisan permukaan (*interfacial layer*) yang mempunyai sifat yang berbeda dari kedua komponen tersebut. Ikatan ini dapat terjadi karena adanya difusi atom-atom permukaan dari komponen komposit.



Gambar 21 1 Reaction Bonding  
Sumber : Matthews and Rawlings, 1994 : 63

## 2.10 Metode Pembuatan Komposit Polimer

Untuk mempermudah penggunaan selanjutnya produk polimer dijadikan berupa butiran (pellets), yang kemudian dapat dikerjakan dengan proses bermacam-macam untuk memenuhi suatu produk yang diinginkan. Dalam proses pembuatan komposit, sifat-sifatnya sangat dipengaruhi oleh komposisi dan sifat-sifat dari matriks dan penguat. Menurut Matthews and Rawlings (1994: 13), perhitungan komposit dilakukan dengan menggunakan fraksi volume sebagai berikut.

$$v_f + v_m = 1 \quad (6)$$

dengan :  $v_f$  = fraksi volume filler ( $V_f/V_c$ )

$v_m$  = fraksi volume matriks ( $V_m/V_c$ )

### 2.10.1 Injection Moulding

Injeksi plastik adalah salah satu proses pencetakan plastik yang dilakukan dengan cara memberikan tekanan injeksi (*injection pressure*) yang besarnya tertentu kepada material plastik yang telah dilelehkan pada titik lelehnya oleh sejumlah energi panas, untuk dimasukkan ke dalam cetakan (mould) sehingga didapatkan bentuk yang diinginkan. Proses pencetakan injeksi plastik banyak digunakan untuk membuat berbagai jenis produk plastik mulai dari peralatan rumah tangga sampai dengan komponen-komponen mesin perkakas.

Penggunaan proses injeksi plastik didasarkan atas kelebihan-kelebihan sebagai berikut .

- Komponen dapat dihasilkan dengan tingkat produksi tinggi.

- d. Piston, sebagai pemberi tekanan pada material dengan memanfaatkan tekanan dari kompresor.
- e. Nozzle. untuk menginjeksikan material kedalam cetakan.

BAB III  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental sejati (*true experimental research*) untuk mendapatkan data-data dan informasi tambahan diperoleh melalui kajian literatur dari buku, jurnal penelitian dan internet.

**3.2 Variabel Penelitian**

I. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum dilakukan penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perbandingan fraksi volume (%) antara serbuk kayu ulin dengan polipropilen, perbandingannya yaitu: (0:100), (5:95), (10:90), (15:85) dan tekanan penginjeksian yang dipakai adalah 5 bar, 6 bar, 7 bar, 8 bar dengan temperatur injeksi 190°C serta perbandingan fraksi volume (%) serbuk kayu ulin dengan matriks polipropilen yaitu: (0:100), (5:95), (10:90), (15:85) dan temperatur penginjeksian yang digunakan adalah 175°C, 185°C, 195°C, 205°C. Masing-masing menggunakan ukuran serbuk kayu 400 µm.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel besar nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan lentur dan kekuatan impak.

**3.3 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan pada bulan Juni-Agustus dan tempat yang digunakan untuk penelitian yaitu :

1. Laboratorium Pengecaran Logam Teknik Mesin Universitas Brawijaya
2. Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang

**3.4 Alat dan Bahan yang Digunakan**

- Alat yang digunakan

1. Mesin injection molding

Merek           TEFORMA Maschinenbau GmbH D-6991 Igersheim  
Tipe             RN 350 220 V. 50 Hz, 600 W  
Tekanan Maks   . 10 bar

2. Mesin pengujian lentur

3. Timbangan digital

Merek : METTLER

4. Cetakan spesimen

5. Mesin ayak Rotab

6. Jangka sorong

■ Bahan yang digunakan

1. Termoplastik jenis Polipropilen

2. Bahan serbuk kayu alami dari kayu ulin

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan Serbuk Kayu

Pada prinsipnya penyiapan filler difujukan untuk mendapatkan serbuk kayu dengan ukuran dan kadar air yang seragam. Pengayakan dilakukan dengan *mesh* ukuran 400  $\mu\text{m}$ . Setelah di ayak kemudian serbuk tersebut di oven pada suhu  $\pm 120^\circ\text{C}$  selama 15 menit, dengan pengadukan yang merata. Hal ini bertujuan agar kandungan air di dalam serbuk kayu dapat diminimalisasikan.

#### 3.5.2 Pembuatan Spesimen Komposit

Langkah-langkah pembuatan spesimen komposit pada penelitian ini adalah sebagai berikut .

a. Menyalakan mesin injeksi plastik

b. Melakukan penyetingan mesin injeksi

c. Serbuk yang telah dipersiapkan untuk masing-masing fraksi volume dicampur dengan matrik plastik polipropilen

d. Diadakan pengadukan sampai merata secara manual dalam keadaan dingin

e. Dimasukkan ke dalam hopper untuk dilakukan pemanasan dalam barel

f. Setelah temperatur yang diinginkan tercapai kemudian mengamhkan nozzle ke *gate* cetakan

g. Menekan tombol *start* pada panel kontrol agar terjadi proses injeksi

h. Cetakan dibiarkan dingin kemudian dilakukan pengambilan spesimen

#### 3.6 Metode Pengujian Lentur

Spesimen pengujian lentur dibuat dengan proses *injection* moulding pada cefakan yang telah disiapkan sesuai dengan ASTM D790. Proses dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing komposisi fraksi volume dan tekanan injeksi. Pada

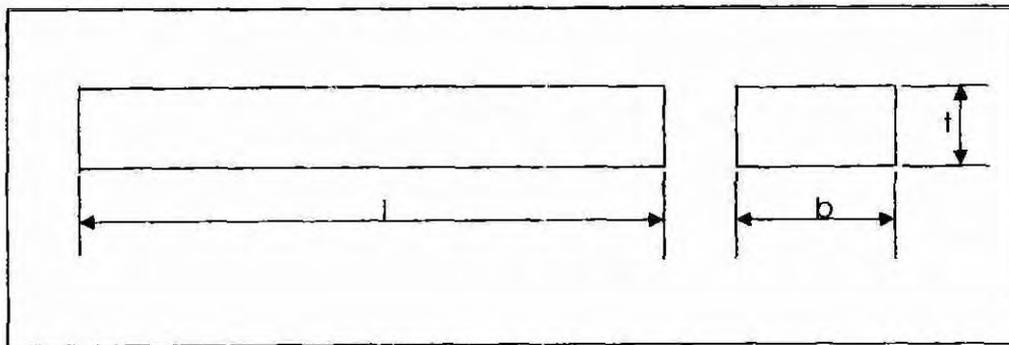
pengujian lentur, spesimen ditempatkan pada alat uji kemudian diberi beban pada bagian tengah penampang spesimen hingga spesimen patah.

Dimensi spesimen

Dimensi spesimen pada pengujian kekuatan lentur dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1. Ukuran spesimen uji lentur

<i>Length (l)</i> (mm)	<i>Width (b)</i> (mm)	<i>Thickness (t)</i> (mm)
127	12,7	6,4



Gambar 3.1. Spesimen uji lentur  
Sumber : ASTM D790 Bending Properties of Plastic

### 3.7 Metode Pengujian Kekuatan Kejut

Spesimen pengujian kejut dibuat dengan proses injection moulding pada cetakan yang telah disiapkan sesuai standar ASTM D256-81. Proses dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk tiap fraksi volume serbuk kayu ulin dan temperatur penginjeksian yang berbeda. Setelah itu spesimen diletakkan pada mesin uji kejut.

Dimensi spesimen yang akan digunakan untuk pengujian Kejut adalah seperti gambar di bawah ini.

Tabel 3.2 Dimensi Spesimen Pengujian Kekuatan Kejut

A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (°)
10.16 ± 0.05	63.50	127,00	0,25 R	12,7 ● 0,5	22.5 ± 0.5



Gambar 3.2 Spesimen Pengujian Kekuatan kejut  
Sumber . ASTM D256-81, *Impact Properties of Plastics*



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan data kekuatan lentur dan kekuatan kejut yang selanjutnya dibuat grafik untuk mempermudah analisa

Tabel 4.1. Data hasil pengujian kekuatan lentur (N/mm<sup>2</sup>)

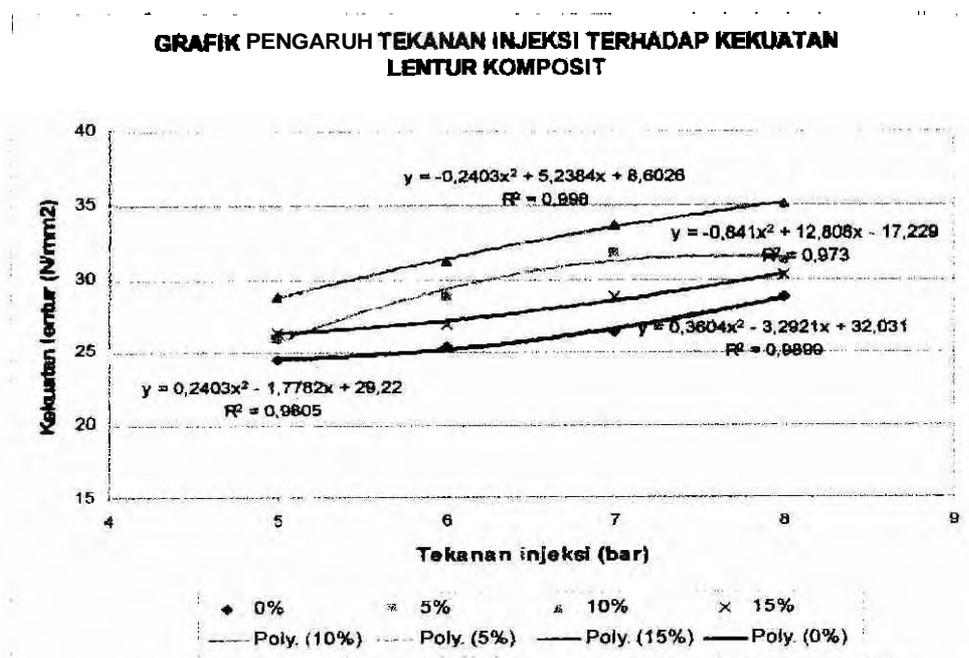
Variasi fraksi volume (%)	Tekanan injeksi (bar)			
	5	6	7	8
0	24,51018	25,47136	26,43255	28,83551
5	25,95196	28,83551	31,71906	31,23847
10	28,83551	31,23847	33,64142	35,0832
15	26,43255	26,91314	28,83551	30,27728

Tabel 4.1. Data hasil pengujian kekuatan lentur (N/mm<sup>2</sup>)

Variasi fraksi volume (%)	Temperatur (C)			
	175	185	195	205
0	8176.08	11384.96	12336,77	15138,33
5	16839.75	18381,03	20086.12	16790.43
10	19416.77	21018.43	23319.33	20913.94
15	25418,08	28915,08	30424,17	29079,51

### 4.2 Pembahasan

#### 4.2.1 Analisis Pengaruh Tekanan Injeksi Terhadap Kekuatan Lentur Komposit



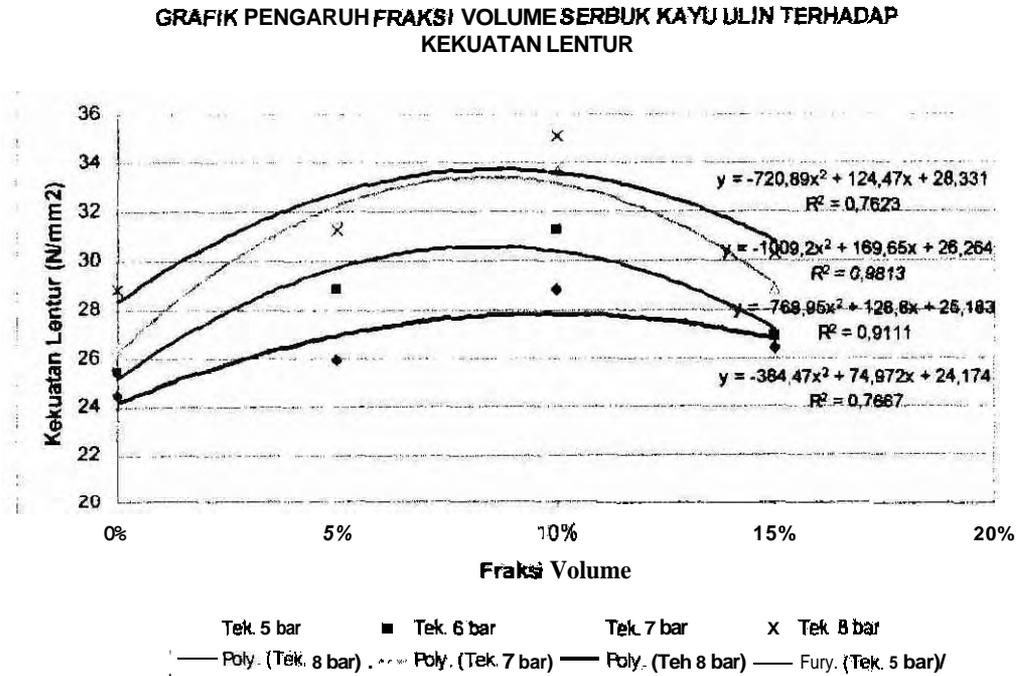
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Tekanan Injeksi Terhadap Kekuatan Lentur Komposit

Dari grafik di atas dapat dilihat pengaruh tekanan injeksi terhadap kekuatan lentur komposit pada berbagai variasi fraksi volume serbuk kayu ulin. Grafik tersebut menunjukkan bahwa kecenderungan kekuatan lentur komposit mengalami peningkatan seiring dengan semakin besarnya tekanan injeksi.

Pada fraksi volume 0% dengan tekanan injeksi 5 bar diperoleh kekuatan lentur sebesar 24.51 N/mm<sup>2</sup> dan terus mengalami kenaikan sampai tekanan injeksi 8 bar sebesar 28.84 N/mm<sup>2</sup>. Untuk fraksi volume 5% pada tekanan injeksi 5 bar diperoleh kekuatan lentur sebesar 25.95 N/mm<sup>2</sup> dan mengalami kenaikan sampai tekanan injeksi 7 bar sebesar 31.72 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan pada tekanan injeksi 8 bar kekuatan lentur komposit sedikit mengalami penurunan yaitu 31.24 N/mm<sup>2</sup>. Penurunan ini dimungkinkan terjadi karena masih adanya udara yang terjebak dalam cetakan sehingga ketika spesimen mengering timbul rongga-rongga pada spesimen yang menyebabkan kekuatan lentur sedikit menurun. Untuk fraksi volume 10% pada tekanan injeksi 5 bar kekuatan lentur sebesar 28.84 N/mm<sup>2</sup> dan terus mengalami kenaikan sampai tekanan injeksi 8 bar sebesar 35.08 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk fraksi volume 15% pada tekanan injeksi 5 bar kekuatan lentur sebesar 26.43 N/mm<sup>2</sup> dan terus mengalami kenaikan sampai tekanan injeksi 8 bar sebesar 30.28 N/mm<sup>2</sup>.

Pada proses pembuatan komposit dengan injection moulding salah satu parameter yang berpengaruh terhadap sifat mekanik adalah tekanan injeksi. Dan grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan injeksi maka kekuatan lentur akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan pada tekanan injeksi yang besar maka gaya dorong *tekanan material* ke dalam cetakan akan semakin besar sehingga timbulnya rongga-rongga atau ruang kosong dapat berkurang sehingga terbentuklah spesimen yang lebih padat ketika mengering. Selain itu dengan tekanan injeksi yang besar maka kecepatan pendinginan akan lebih seragam sehingga matriks akan dapat mengikat *filler* secara lebih merata bila dibandingkan dengan tekanan injeksi yang lebih kecil.

#### 4.2.2 Analisis Pengaruh Fraksi Volume Serbuk Kayu Ulin Terhadap Kekuatan Lentur Komposit



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Fraksi Volume Serbuk kayu Ulin Terhadap Kekuatan Lentur Komposit

Dari grafik pengaruh fraksi volume serbuk kayu ulin terhadap kekuatan lentur di atas dapat diketahui bahwa kekuatan lentur komposit cenderung meningkat sampai dengan fraksi volume 10% kemudian mengalami penurunan kekuatan lentur sampai pada fraksi volume 15%.

Pada tekanan injeksi 5 bar dan fraksi volume 0% diperoleh kekuatan lentur sebesar 24.51 N/mm<sup>2</sup> kemudian meningkat sampai fraksi volume 10% sebesar 28.84 N/mm<sup>2</sup>, namun terjadi penurunan sampai fraksi volume 15% sebesar 24.51 N/mm<sup>2</sup>. Untuk tekanan injeksi 6 bar pada fraksi volume 0% diperoleh kekuatan lentur 25.47 N/mm<sup>2</sup> dan terus mengalami peningkatan sampai fraksi volume 10% sebesar 34.60 N/mm<sup>2</sup> namun terjadi penurunan sampai fraksi volume 15% sebesar 24.51 N/mm<sup>2</sup>. Untuk tekanan injeksi 7 bar pada fraksi volume 0% diperoleh kekuatan lentur sebesar 26.43 N/mm<sup>2</sup> dan mengalami kenaikan sampai fraksi volume 10% sebesar 33.64 N/mm<sup>2</sup>, namun setelah itu terjadi penurunan sampai fraksi volume 15% sebesar 28.84 N/mm<sup>2</sup>. Untuk tekanan injeksi 8 bar pada fraksi volume 0% diperoleh kekuatan lentur sebesar 28.84 N/mm<sup>2</sup> dan terus mengalami kenaikan sampai fraksi volume 10%

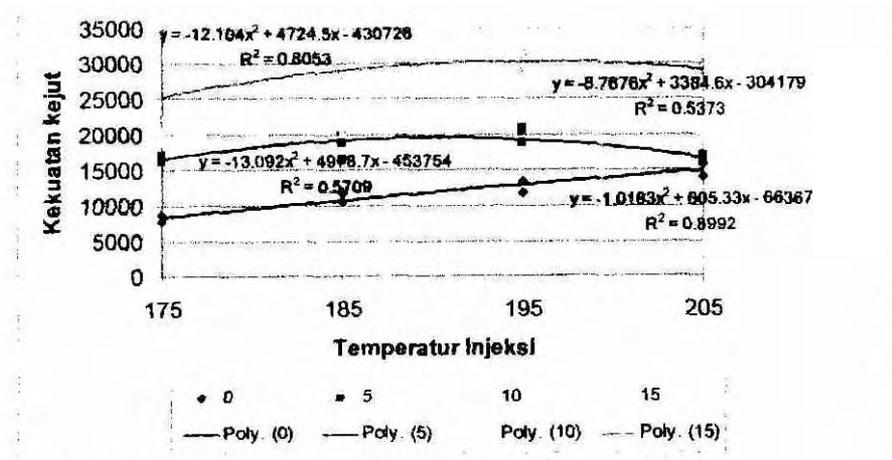
sebesar 35.08 N/mm<sup>2</sup> setelah itu mengalami penurunan sampai fraksi volume 15% sebesar 30,28 N/mm<sup>2</sup>.

Peningkatan kekuatan lentur komposit dengan bertambahnya fraksi volume serbuk kayu ulin menunjukkan bahwa filler tersebut memberikan efek penguatan yang positif yaitu sampai fraksi volume 10% terhadap matriks polipropilen, hal ini sesuai dengan teori *rule of mixture* (ROM), dimana dengan penambahan fraksi volume serbuk kayu akan meningkatkan kekuatan lentur komposit karena tegangan lentur serbuk kayu ulin lebih tinggi dari matriksnya (polipropilen). Penguatan pada komposit disebabkan adanya ikatan secara mekanik antara matriks dan filler, dimana matriks polipropilen mengisi setiap lekuk permukaan serbuk kayu ulin ketika proses pelelehan berlangsung sehingga terjadi mekanisme saling mengunci (*interlocking* atau *keying*) antara permukaan matriks polipropilen dan serbuk kayu ulin. Ketika komposit dikenai beban, terjadi tegangan geser pada permukaan antara filler dan matriks di sekitarnya dan tegangan geser tersebut akan ditahan oleh ikatan mekanik dengan mekanisme *interlocking* atau *keying* tersebut (Sriatje Djaprie. 1991).

Pada fraksi volume serbuk kayu ulin di atas 10% sampai 15% cenderung terjadi penurunan kekuatan lentur, hal ini dimungkinkan daya ikat dari matriks terhadap filler mulai berkurang karena proses pengikatan serbuk kayu ulin oleh matriks tidak sempurna. Dimana filler tidak dapat menyebar merata dalam matriks dan terjadi gumpalan-gumpalan serbuk kayu ulin yang permukaannya tidak ferikat oleh matriks polipropilen. sehingga mengakibatkan kekuatan lentur komposit menurun.

### 4.2.3 Analisa Pengaruh Temperatur Injeksi Terhadap Kekuafan Kejut Komposit

GRAFR PENGARUH TEMPERATUR INJEKSI TERHADAP KEKUATAN KEJUT KOMPOSIT



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Temperatur Injeksi Terhadap Kekuatan Kejut Komposit

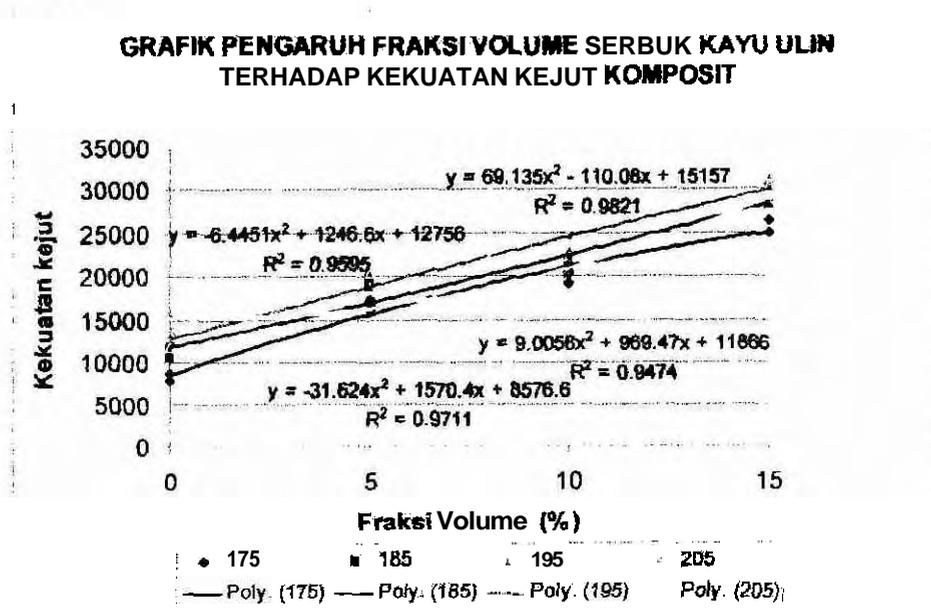
Dari grafik 4.3 di atas dapat diketahui pengaruh temperatur injeksi terhadap kekuatan kejut komposit pada berbagai variasi fraksi volume serbuk kayu ulin. Grafik tersebut menunjukkan kecenderungan kekuatan kejut komposit mengalami peningkatan seiring dengan semakin besarnya temperatur injeksi.

Pada fraksi volume 0% dengan temperatur injeksi 175°C diperoleh kekuatan kejut sebesar 7876,04 J/m<sup>2</sup> dan terus mengalami kenaikan sampai temperatur injeksi 205°C sebesar 15746,72 J/m<sup>2</sup>. Untuk fraksi volume 5% pada temperatur injeksi 175°C diperoleh kekuatan kejut sebesar 17058,95 J/m<sup>2</sup> dan mengalami kenaikan sampai temperatur injeksi 195°C sebesar 20467,05 J/m<sup>2</sup>, sedangkan pada temperatur injeksi 205°C kekuatan kejut komposit sedikit mengalami penurunan yaitu 17058,95 J/m<sup>2</sup>. Untuk fraksi volume 10% pada temperatur injeksi 175°C kekuatan kejut sebesar 20197,75 J/m<sup>2</sup> dan terus mengalami kenaikan sampai temperatur injeksi 195°C sebesar 23230,29 J/mm<sup>2</sup>, akan tetapi saat temperatur injeksi 205°C kekuatan kejutnya menurun sebesar 2073210 J/m<sup>2</sup>. Sedangkan untuk fraksi volume 15% pada temperatur injeksi 175°C kekuatan kejut sebesar 24887,72 J/m<sup>2</sup> dan terus mengalami kenaikan sampai temperatur injeksi 195°C sebesar

30685.30 J/m<sup>2</sup>, sedangkan untuk temperatur injeksi 205<sup>o</sup>C kekuafan kejutnya menurun menjadi sebesar 28695.03 J/m<sup>2</sup>.

Pada proses pembuatan komposit dengan *injection* molding salah satu parameter yang berpengaruh terhadap sifat mekanik adalah temperatur injeksi. Kekuatan kejut polipropilen mumi akan meningkat seiring dengan bertambahnya femperatur injeksi sampai dengan 230<sup>o</sup>C (Lamminmaki, J and Lindgren, T. 2001). Grafik di atas menunjukkan dengan semakin bertambahnya temperatur injeksi mako akan meningkatkan kekuatan kejut dari komposit, karena semakin tinggi temperatur injeksi, maka polipropilen akan semakin mencair dan encer yang akan mempermudah bercampurnya matriks dengan filler sehingga lebih merata dan tidak menggumpal. Akan tetapi saat temperatur injeksi 205<sup>o</sup>C kekuatan kejut komposit akan mengalami penurunan karena temperafur yang terlalu tinggi merusak serbuk kayv ulin sehingga mengakibatkan kekuatan kejutnya menurun.

#### 4.2.4 Analisa Pengaruh Fraksi Volume Serbuk Kayu Ulin Terhadap Kekuatan Kejut Komposit



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Fraksi Volume Serbuk Kayu Ulin Terhadap Kekuatan Kejut Komposit

Dari grafik pengaruh fraksi volume serbuk kayu ulin terhadap kekuatan kejut di atas dapat diketahui bahwa kekuatan kejut komposit cenderung meningkat sampai dengan fraksi volume 15%.

Pada temperatur injeksi 175<sup>o</sup>C dan fraksi volume 0% diperoleh kekuatan kejut sebesar 7876.04 J/m<sup>2</sup> kemudian terus meningkat sampai fraksi volume 15% sebesar 24887.72 J/m<sup>2</sup>. Untuk temperatur injeksi 185<sup>o</sup>C pada fraksi volume 0% diperoleh kekuatan kejut 11812,09 J/m<sup>2</sup> dan terus mengalami peningkatan sampai fraksi volume 15% sebesar 28266,13 J/m<sup>2</sup>. Untuk temperatur injeksi 195<sup>o</sup>C pada fraksi volume 0% diperoleh kekuatan kejut sebesar 13386.12 J/m<sup>2</sup> dan mengalami kenaikan sampai fraksi volume 15% menjadi sebesar 30685.30 J/m<sup>2</sup>. Untuk temperatur injeksi 205<sup>o</sup>C pada fraksi volume 0% diperoleh kekuatan kejut sebesar 15746.72 J/m<sup>2</sup> dan terus mengalami kenaikan sampai fraksi volume 15% sebesar 28695.03 J/m<sup>2</sup>.

Peningkatan kekuatan kejut komposit dengan bertambahnya fraksi volume serbuk kayu ulin menunjukkan bahwa filler tersebut memberikan efek penguatan yang positif yaitu sampai fraksi volume 15% terhadap matriks polipropilen, hal ini sesuai dengan teori *rule of mixture* [ROM], dimana dengan penambahan fraksi volume serbuk kayu ulin akan meningkatkan kekuatan kejut komposit karena kekuatan kejut kayu ulin lebih tinggi dari matriksnya (polipropilen). Penambahan serbuk kayu sebagai penguat akan membantu matriks dalam menyerap beban kejut, sehingga kekuatannya akan meningkat (Prachayawarakorn, J and Anggulalat, K. 2003).

Penguatan pada komposit disebabkan adanya ikatan secara mekanik antara matriks dengan filler, dimana matriks polipropilen akan mengisi setiap lekuk permukaan serbuk kayu ulin pada saat proses pelelehan berlangsung sehingga terjadi mekanisme saling mengunci [interlocking atau keying] antara permukaan matriks polipropilen dan serbuk kayu ulin. Ketika komposit dikenai beban, terjadi tegangan geser pada permukaan antara filler dan matriks di sekitarnya dan tegangan geser tersebut akan ditahan oleh ikatan mekanik dengan mekanisme interlocking atau keying tersebut (Sriatidjaprie, 1991).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

dari penelitan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. kekuatan lentur (bending strength) komposit mengalami peningkatan dengan bertambahnya fraksi volume serbuk kayu ulin mulai 0 % sampai 10 % kemudian mengalami penurunan yang terus-menerus sampai fraksi volume serbuk kayu ulin 15 %. Kekuatan lentur komposit tertinggi dicapai pada fraksi volume serbuk kayu ulin 10% pada tekanan injeksi 8 bar sebesar 35,08 N/mm<sup>2</sup>.
2. kekuatan kejut komposit mengalami peningkatan dengan bertambahnya fraksi volume serbuk kayu ulin dan temperatur injeksi. Dengan menambahkan fraksi volume serbuk kayu ulin sebesar 5% sampai dengan 15% akan meningkatkan kekuatan kejut. Kekuatan kejut juga meningkat seiring dengan penambahan temperatur mulai 175 °C sampai 195 °C dan akan sedikit menurun pada temperatur 205 °C yang disebabkan oleh rusaknya serbuk kayu ulin karena temperatur tinggi. Kekuatan kejut komposit rata-rata tertinggi dicapai pada temperatur injeksi 195 °C dengan fraksi volume serbuk kayu ulin 15% yaitu sebesar 30685.30 J/m<sup>2</sup>.

#### 5.2 Saran

Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan reaktan pengikat antara polimer termoplastik dan penguat organik yang lain sehingga dapat meningkatkan ikatan mekanik komposit yang berimbas pada peningkatan kekuatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.C. *et.al.* 1990. *Materials Science*. London: Chapman & Hall
- Anonimous.1982. *Annual Book of ASTM Standart: Pfosic General Tesf Methods*.  
Nomenclature: Part 35A
- Djaprie, Sriati. 1991. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Jakarta:Pradnya Paramita.  
<http://www.indonesianforest/ulin.html>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Polypropylene>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Composite material>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Polymer>
- Haygreen, John dan Hodikusumo, Sutjipto A. 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu Suatu Pengonfar*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Jacob, J.A.1997 *Engineering Material Technology*. New Jersey:Prentice Hall. Inc
- Joseph B. 1991. *Injection Molds and Molding, A Practical Manual*. New York: Van Nostrand Reinhold Company
- Lamminmaki, J and Lindgren. T, 2001. *Influence of Injection Mouldrng Process Parameters on Mechnrcol Properties of Polypropylene Specimen*.
- Matthews F. L. and Rawlings R. D. 1994. *Composite Materials: Engineering and Science* London: Chapman and Hall.
- Prachayawarakorn, J and Anggulalaf, K. 2003. *Influence of Meronti Sawdust Aspect Ratios and Amount of Loadings on Mechanical and Morphological Properties of Composites from Polypropylene and Meronti Sawdust*. Songklanakarin J. Sci. Technol.
- Smith. William F 2004. *Foundation of Material Science and Engineering*. New York: Mc Graw Hill
- Stork, Nicole M. 1999. *Wood Fibert Drived From Scrap Pallets Used In Polypropylene Composite*. *Forest Product Journal* Vol. 49, no.6.
- Surdia, Tata. 1995. *Pengetohuon Bahan Teknik*. Jakarta:Pradnya Paramita.

## RIWAYAT HIDUP PENELITI

### 1. Kefua **Peneliti**

Nama Lengkap dan Gelar : Putu Hadi Setyarini, ST., MT

Jenis Kelamin : Perempuan

Gol/Pangkat/NIP : IIIb/Asisten Ahli/132 304 301

Jabatan Struktural -

Fakultas/Jurusan : Teknik/Mesin

Pendidikan : - S1 : Jur. Mesin, Fak. Teknik, Univ. Brawijaya,  
Malang  
- S2 : Program Studi Tek. Mesin, Program Pasca  
Sarjana, Univ. Brawijaya. Malang

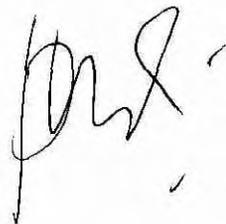
Fakultas/Jurusan : Teknik/Mesin

Pusat Penelitian : Universitas Brawijaya

Penelitian yang pernah dilakukan :

- i. Pengaruh alur memanjang terhadap koefisien gesek pada pipa horizontal (2003)
- ii. Pengaruh Pengaruh Fraksi Massa Carbon Black terhadap Koefisien Konduktivitas Termal Karet Alam (DPP SPP 2007)

Yang membuat pernyataan



Putu Hadi Setyarini, ST., MT.  
NIP. 132 304 301

1100160

**2. Anggota Peneliti**

Nama Lengkap dan Gelar : Gandes Anggun Waskito

Jenis Kelamin . Laki-laki

NIM : 0210620046

Fakultas/Jurusan . Teknik/Mesin

Pusat Penelitian : Universitas Brawijaya

Yang membuat pernyataan

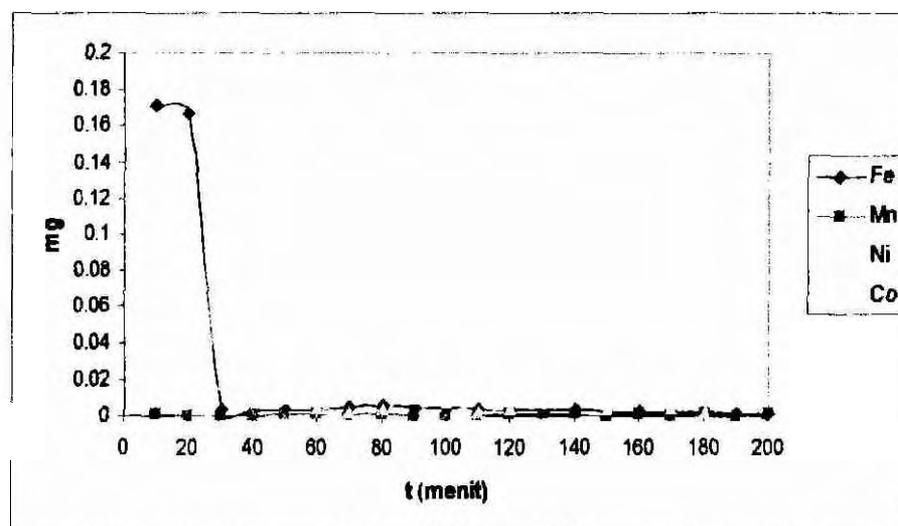


Gandes Anggun Waskito

NIM. 0210620046

34





Gambar 4.12 Pemisahan ion logam sebagai kompleks klonda dengan eluen HCl 0,5M– metanol (6:4) pada panjang kolom 10 cm

Pengaruh fasa gerak campuran HCl 0,1M dengan metanol perbandingan 4:6 dan 6:4 terhadap kromatogram keempat ion kompleks logam klonda tersaji pada Gambar 4.9 hingga Gambar 4.12 Penambahan zat organik dalam fasa gerak pada kromatografi penukar kation menghasilkan puncak kromatogram yang tajam dan mengurangi waktu retensi (Shpigun dan Yu, 1988). Penambahan pelarut organik dapat meningkatkan kestabilan suatu kation untuk membentuk kompleks dengan ligan. Ligan pada kompleks akan berpasangan lebih kuat dalam sistem pelarut organik dibandingkan dalam air. Namun, pada penelitian ini diperoleh hasil yang berbeda. Penambahan metanol pada fasa gerak HCl tidak memberikan pengaruh pada pola pemisahan keempat ion logam sebagai kompleks klorida.

Fasa gerak campuran HCl 0,1M-metanol (6:4) mempunyai kepolaran yang lebih kecil daripada fasa gerak HCl 0,1M, hal ini mengakibatkan kompleks  $MnCl_4^+$  semakin tertahan dalam kolom karena perbedaan kepolarannya dengan fasa gerak. Sedangkan kompleks  $FeCl_4^-$  keluar kolom namun dengan jumlah yang lebih sedikit dibandingkan pada saat menggunakan fasa gerak HCl 0,1M. Hal ini disebabkan distribusi  $Cl^-$  untuk kompleks  $FeCl_4^-$  berkurang akibat adanya metanol. Kondisi ini juga mempengaruhi kestabilan kompleks  $FeCl_4^-$  yang mengakibatkan spesiasi kompleks  $FeCl_4^-$  menghasilkan spesies  $Fe^{3+}$ , namun  $Fe^{3+}$  lebih tertahan dalam kolom dibandingkan saat menggunakan fasa gerak HCl 0,1M. Hal tersebut ditunjukkan adanya pergeseran dasar puncak pada menit ke-160 pada Gambar 4.9.

Pengaruh penambahan metanol pada HCl 0,1 M sebagai eluen tidak mempengaruhi profil kromatogram dari Co(II). Hal ini menunjukkan perubahan kepolaran tidak akan mempengaruhi spesies  $\text{CoCl}_3^-$  yang bermuatan negatif sehingga tidak mengalami pertukaran dengan gugus aktif  $\text{H}^+$  pada zeolit dan akan keluar pada awal pengelusan.

Hal ini berbeda dengan kromatogram dari Ni(II). Penggunaan metanol menyebabkan eluen menjadi kurang polar sehingga ada kemungkinan pada awal pengelusan kompleks yang akan keluar dari kolom pada awal pengelusan adalah kompleks  $\text{NiCl}_2$ . Spesies kompleks  $\text{NiCl}_2$  yang tidak bermuatan lebih mudah terelusi dengan eluen yang cenderung kurang polar. Puncak selanjutnya kemungkinan adalah  $\text{NiCl}_4^{2-}$  yang bermuatan negatif. Puncak ketiga dan keempat adalah  $\text{NiCl}^+$  dan  $\text{Ni}^{2+}$ .

Kromatogram fasa gerak campuran HCl 0,1M-metanol (4:6) yang tersaji pada Gambar 4.10, menunjukkan bahwa  $\text{MnCl}^+$  semakin tertahan dalam kolom akibat perbedaan kepolaran dengan fasa gerak. Adanya metanol yang cukup banyak meningkatkan kestabilan kompleks  $\text{MnCl}^+$  dan  $\text{FeCl}_4^-$  sehingga kompleks  $\text{FeCl}_4^-$  keluar kolom dengan jumlah yang lebih banyak.

Peningkatan konsentrasi HCl 0,5M pada variasi penambahan metanol tidak memberikan hasil yang berbeda jauh. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12. Penambahan metanol pada fasa gerak HCl 0,5M-metanol (6:4) yang tersaji pada Gambar 4.12, mengakibatkan kestabilan kompleks  $\text{FeCl}_4^-$  semakin tinggi, sehingga  $\text{FeCl}_4^-$  keluar kolom dengan jumlah yang lebih banyak daripada menggunakan fasa gerak HCl 0,5M. Hal ini karena penambahan metanol yang lebih banyak mengganggu distribusi ion  $\text{Cl}^-$  pada kestabilan kompleks  $\text{FeCl}_4^-$  akibatnya  $\text{FeCl}_4^-$  keluar kolom dengan jumlah yang lebih kecil daripada menggunakan fasa gerak HCl 0,5M-metanol (6:4).

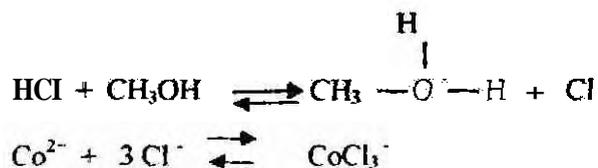
Sedangkan  $\text{MnCl}^+$  semakin tertahan dalam kolom karena perbedaan kepolaran dengan fasa gerak. Komposisi fasa gerak yang digunakan dalam penelitian ini tidak dapat melulusi  $\text{MnCl}^+$ , hal ini menunjukkan bahwa  $\text{MnCl}^+$  terikat kuat pada zeolit. Jika digunakan HCl dengan konsentrasi yang lebih tinggi akan menyebabkan zeolit mengalami dealuminasi dan mengakibatkan rusaknya struktur aktif zeolit. Maka harus dicari komposisi fasa gerak lain yang lebih tepat untuk melulusi  $\text{MnCl}^+$ . Sedangkan bentuk kromatogram  $\text{FeCl}_4^-$  hampir sama pada semua fasa gerak yaitu keluar kolom dengan jumlah yang besar pada menit-menit

pertama dan sangat kecil pada menit-menit selanjutnya. Hal ini merupakan tailing dari kromatogram  $\text{FeCl}_4^-$  yang disebabkan oleh faktor difusi Eddy sehingga jalan tempuh untuk keluar kolom menjadi panjang.

Peningkatan konsentrasi fasa gerak HCl 0,5 M menyebabkan jumlah  $\text{FeCl}_4^-$  yang keluar kolom menjadi 1,9 kali dari fasa gerak HCl 0,1 M, sedangkan jumlah  $\text{MnCl}^+$  yang dapat terelusi menurun dari 0,0139 mg menjadi 0,0110 mg. Penambahan metanol pada fasa gerak HCl 0,1 M menyebabkan  $\text{FeCl}_4^-$  keluar kolom dengan jumlah yang lebih sedikit yaitu 0,2609 mg pada fasa gerak HCl 0,1 M-metanol (4:6) dan 0,1614 mg pada HCl 0,1 M (6:4).  $\text{MnCl}^+$  yang dapat terelusi menggunakan fasa gerak HCl 0,1 M-metanol (4:6) sebesar 0,0083 mg dan 0,0072 mg pada HCl 0,1 M (6:4). Penambahan metanol pada fasa gerak HCl 0,5 M menyebabkan jumlah  $\text{FeCl}_4^-$  yang keluar kolom semakin banyak yaitu sebesar 0,2459 mg pada HCl 0,5 M-metanol(4:6) dan meningkat menjadi 1,65 kali pada HCl 0,5 M-metanol (6:4) yaitu sebesar 0,3963 mg.

Perbandingan HCl dengan metanol (4:6) dan (6:4) menunjukkan eluen menjadi semakin tidak polar. Gambar 4.10 menunjukkan luas puncak  $\text{Ni}^{2+}$  yang besar, hal ini dikarenakan kepolaran eluen yang rendah menyebabkan  $\text{Ni}^{2+}$  yang terbentuk semakin meningkat. Penambahan metanol mempengaruhi disosiasi HCl membentuk ion-ionnya menjadi semakin sulit. Terganggunya disosiasi HCl mengakibatkan pembentukan kompleks Ni(II) dengan kloridanya semakin sedikit, sehingga spesies kompleks Ni(II) yang paling banyak terbentuk adalah  $\text{Ni}^{2+}$ .

Penambahan metanol pada HCl 0,5 M menyebabkan eluen menjadi kurang polar, hal ini dikarenakan disosiasi HCl menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  sedikit terganggu karena penambahan metanol, akibatnya distribusi  $\text{Cl}^-$  untuk membentuk kompleks  $\text{CoCl}_3^-$  juga berkurang. Hal ini mengakibatkan spesies kompleks  $\text{CoCl}_3^-$  yang keluar pada awal pengelusan menjadi kecil, dengan reaksi :



Kromatogram Ni(II) juga dipengaruhi oleh kepolaran eluen HCl 0,5 M, dimana spesies kompleks Ni dengan klorida yang terbentuk semakin berkurang. Pembentukan spesies kompleks Ni(II) dengan klorida semakin kecil disebabkan



perbedaan kepolaran antara fasa diam dan fasa gerak. Perbedaan kepolaran menyebabkan spesies kompleks Ni yang terbentuk semakin sulit untuk terelusi keluar kolom. Eluen yang bersifat kurang polar memiliki kemampuan melarutkan komponen yang terikat pada zeolit menurun. Kecenderungan ini sesuai dengan kaidah like dissolves like (Dean, 1970). dimana setiap senyawa kimia akan lebih suka berinteraksi dengan senyawa lain yang memiliki sifat dan karakteristik yang mirip.

Berdasar dari berbagai komposisi fasa gerak yang dipelajari, pola pemisahan yang paling baik untuk pemisahan keempat ion logam sebagai kompleks kloridanya adalah penggunaan eluen HCl 0.1 M . metanol dengan perbandingan (4:6).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut .

- 1 Kapasitas Tukar Kation Zeolit terhadap kation  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , dan  $\text{Mn}^{2+}$  masing-masing adalah :  $(1,98 \pm 0,00)$ ;  $(8,5 \pm 0,06)$ ;  $(9,16 \pm 0,06)$ ; dan  $(13,62 \pm 0,06)$  meq/100 gram zeolit
- 2 Kondisi optimum untuk mendapatkan pemisahan ion logam  $\text{Fe(III)}$ ,  $\text{Mn(II)}$ ,  $\text{Co(II)}$  dan  $\text{Ni(II)}$  yang dipelajari secara kromatografi penukar kation dengan fasa diam zeolit teraktivasi, dilakukan sebagai kompleks kloridanya, menggunakan eluen  $\text{HCl}$  0,1 M-metanol (4:6) dengan panjang kolom 10 cm.

#### **5.2 Saran**

1. Kromatogram  $\text{Co(II)}$  dan  $\text{Fe(III)}$  dari kondisi optimum yang dipilih, masih saling tumpang tindih, sehingga perlu dipelajari penggunaan pengompleks lain, yang mampu menghasilkan ion kompleks yang bermuatan positif dengan perbedaan tetapan stabilitas kompleks yang besar, sehingga bisa terpisah dengan resolusi yang baik.
2. Kompleks klorida dari  $\text{Mn(II)}$  sangat kuat tertahan dalam kolom, sehingga perlu dipelajari penggunaan eluen lain yang mampu melepaskan kompleks Mn-klorida dari dalam kolom.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, U., 2001, *Pemisahan Ni(II) dan Co(II) dalam Mineral Laterit secara Kromatografi Penukar Anion dengan Oksalat sebagai Pengompleks dan Fasa Gerak*, UGM. Yogyakarta.
- Andayani, U., Bisri, C., dan Febria V., 2003, *Studi Pengaruh Komposisi Fase Gerak Terhadap Pemisahan Ni(II) dan Co(II) dengan Fase Diam Zeolit*, Unibraw, Malang.
- Andayani, U., Bisri, C., dan Sulistyanto, T., 2003, *Studi Pengaruh Komposisi Fase Gerak Terhadap Pemisahan Ni(II) dan Co(II) dengan Fase Diam Zeolit*, Unibraw, Malang.
- Andayani, U., Wiryawan, A., dan Fitriyah, N.Y., 2003, *Pemisahan Fe(II) dan Mn(II) secara Kromatografi Penukar Anion Menggunakan Fasa Gerak Oksalat*, Unibraw, Malang.
- Andayani, U., Indahyanti, E., dan Wityawan, A., 2007, *Peningkatan Kapasitas Tukar Kation dengan Metode Pilarisasi*, Unibraw, Malang.
- Andayani, U., Setianingsih, T, dan Yulianti, S, 2008, *Studi Pengaruh Aktivasi Zeolit terhadap Kemampuannya sebagai Penukar Kation Logam Tanah Jarang*, Unibraw, Malang
- Anonim 2008 Nickel (II) Chloride. [http://id.wikipedia.org/wiki/Nickel\(II\) Chloride](http://id.wikipedia.org/wiki/Nickel(II)_Chloride). Diakses tanggal 19 april 2008.
- Anonim. 2008. Daftar Istilah/Glosary. <http://209.85.175.104/search?q=cache:rGOLLuzfNzUJ:media.diknas.go.id/media/document/3140.pdf+fungsi+fasa+gerak&hl=id&ct=clnk&cd=5&gl=id>. Diakses tanggal 12 Juni 2008.
- Barrer, R.M. 1982, *Hydrothermal Chemistry of Zeolit*, Academic Press. London.
- Bouma, J 2008 Logam Transisi. <http://f31bde1787aeb62a87442e0a7869bf.ta.licestudy.org/id/logam%20transisi>. tanggal akses : 31 Maret 2008.
- Braithwaite A dan Smith. FJ. 1985. *Chromatographic Methods*. 4<sup>th</sup> Edition. Chapman and Hall. New York. pp 104.
- Cotton, FA and Wilkinson, G., 1989, *Basic Inorganic Chemistry*, 5<sup>th</sup> Ed, John Willey and Sons, Inc., New York.
- Dean, J. A. 1970. *Lange's Handbook of Chemistry*. 13<sup>th</sup> Edition. Mc Graw Hill Book Co. New York. pp. 5-6.

- Edward, F.T. Lee dan Lovat V.C. Rees. 1987. *Dealumination of Sodium Y Zeolit with Hydrochloric Acid. Physical Chemistry Laboratories, Imperial College of Science and Technology*. London SW7 2AY. hal.1531-1533.
- Field, T.B and W.A.E. McBryde. 1981. *Apparent Stability Constants of Proton and Metal Ion Complexes of Glycine, Iminodiacetic Acid, Nitrilotriacetic Acid, and Triethylenetetramine in Aqueous methanol*. J of Chemistry. Vol 59. pp 555.
- Hendayana, S. 2006 *Kimia Pemisahan Metode Kromatografi Dan Elektroforesis Modern*. PT Remaja Rosakarya. Bandung.
- Huheey, J E., E.A Keiter and R L. Keiter. 1983. *Inorganic Chemistry*. 4<sup>th</sup> ed. Hapercollins College Publishers New York
- Lee, J.D 1994. *Concise Inorganic Chemistry*. 4<sup>th</sup> Edition. Chapman and Hall. New York. pp. 156-157.
- Othmer, DF and Kirk. 1982. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol. 15. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Prayitno, K.B 1989. *Zeolit sebagai Industri Komoditi Mineral di Indonesia*. Majalah BPPT No 35. Bandung.
- Poerwadi Bambang, Pariadi, Budi Kamulyan, 1998, *Pemanfaatan Zeolit Alam Indonesia sebagai Adsorben Limbah Cair dan Media Fluidisasi dalam kolom Fluidisasi*, Jurnal Penelitian Ilmu-ilmu Teknik, Vol. 10 No. 1, ISSN 0852-1751, Universitas Brawijaya Malang.
- Riani, B 1999. *Pengaruh Konsentrasi HCl Pada Proses Aktifasi Zeolit Alam Turen Terhadap Kapasitas Tukar Kation  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$* . Skripsi Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya. Malang
- Rosanti, V F. 2003. *Studi Pengaruh Komposisi Fasa Gerak (HCl-Metanol) Terhadap Pemisahan  $Ni^{2+}$  Dan  $Co^{2+}$  Menggunakan Fasa Diam Zeolit Pada Kromatografi Kolom*. Skripsi. FMIPA. Jurusan Kimia. Universitas Brawijaya. Malang.
- Rustiadi, P dan Firdiyono, F., 1990. *Penggunaan Karakteristik Bijih Laterit Pomala*, Jurnal Metalurgi, 8 : 11-18
- Setiawan, D. 2002. *Pengaruh Perlakuan Asam, Hidrotermal dan Impregnasi Logam Kromium Pada Zeolit Alum dalam Preparasi Katalis*. Jurnal Ilmu Dasar, Vol 3 No. 2. hal 103-109
- Shpigun, O and Yu A, Z 1988. *Ion Chromatography In Water Analysis* John Wiley & Sons. New York. hal 69-72.
- Smart, L and Moore, M., 1992, *Solid State Chemistry an Introduction*, Chapman and Hall, London.

- Suyartono, 1992. *Tinjauan terhadap Kegiatan Penelitian Karakteristik dan Pemanfaatan Zeolit*. dalam buletin PPTM. vol. 13. No. 4. Bandung.
- Tan, K.H., 1998, *Dasar-dasar Kimia Tanah*, Universitas Gadjah *Mada* Press. Yogyakarta
- Vogel, A. 1994. *Buku Ajar Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Edisi 4. Alih Bahasa Dn. R Soentoro. Penerbit Buku Kedokteran *EGC* .Jakarta.

## Lampiran 1

Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi

I. 1 Pengaruh Panjang Kolom HCl 0,5 M

L.1 1 Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi Pada Panjang Kolom 10 cm

Menggunakan Fasa Gerak HCl 0,5 M

Fraksi	Fe	Ni	Co	Mn
0	0.04	0.04	0.04	0.04
30	0.0829	0.0515	0.0448	0.0708
40	0.0857	0.0536	0.0481	0.0709
50	0.0858	0.0548	0.0486	0.0715
60	0.0859	0.0564	0.0487	0.0718
70	0.087	0.0576	0.049	0.0720
80	0.0878	0.0594	0.0492	0.0725
90	0.089	0.061	0.0493	0.0728
100	0.0891	0.0628	0.0501	0.0728
110	0.091	0.0651	0.0509	0.0733
120	0.0891	0.0657	0.0517	0.0739
130	0.0878	0.067	0.0518	0.0740
140	0.0876	0.066	0.0521	0.0743
150	0.0873	0.0657	0.0525	0.0745
160	0.0859	0.0638	0.0528	0.0748
170	0.0857	0.0628	0.0541	0.0750
180	0.0853	0.0622	0.0513	0.0752
190	0.0851	0.0619	0.0509	0.0759
200	0.0843	0.0607	0.0487	0.0771
210	0.0842	0.0604	0.0466	0.0771
220	0.0842	0.0597	0.0458	0.0778
230	0.084	0.0591	0.0458	0.0784
240	0.0839	0.0567	0.0445	0.0791
250	0.0838	0.0564	0.0441	0.0791
260	0.0837	0.0548	0.0437	0.0791
270	0.0835	0.0539	0.0435	0.0797
280	0.0833	0.0536	0.0429	0.0797
290	0.0832	0.0506	0.0425	0.0803
300	0.083	0.0506	0.0398	0.0823



L 1 2 Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi Pada Panjang Kolom 20 cm  
Menggunakan Fasa Gerak HCl 0.5 M

Fraksi	Fe	Ni	Co	Mn
0	0.03	0.03	0.03	0.03
60	0.0444	0.0506	0.0622	0.0343
70	0.046	0.0589	0.0638	0.0355
80	0.0462	0.0626	0.0681	0.036
90	0.0509	0.0629	0.0691	0.0378
100	0.0511	0.0644	0.0697	0.0426
110	0.0517	0.0657	0.0701	0.045
120	0.0519	0.066	0.0708	0.0456
130	0.0526	0.0663	0.0714	0.0456
140	0.0532	0.0675	0.0718	0.0468
150	0.0534	0.0688	0.072	0.0492
160	0.0536	0.0694	0.072	0.0498
170	0.0543	0.0694	0.0722	0.0516
180	0.0501	0.0694	0.0728	0.048
190	0.0501	0.0707	0.073	0.0462
200	0.0499	0.071	0.0732	0.0408
210	0.0495	0.0723	0.0736	0.0402
220	0.0493	0.0723	0.0736	0.039
230	0.0482	0.0729	0.0738	0.0378
240	0.048	0.0736	0.074	0.0372
250	0.0478	0.0739	0.0743	0.0343
260	0.0474	0.0739	0.0747	0.0337
270	0.0474	0.0742	0.0747	0.0337
280	0.0474	0.0758	0.0751	0.0337
290	0.0474	0.0797	0.0761	0.0337
300	0.0474	0.0742	0.0709	0.0337

L 1 3 Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi Pada Panjang Kolom  
Menggunakan Fasa Gerak HCl 0,5 M

Fraksi	Fe	Ni	Co	Mn
0	0.02	0.02	0.02	0.02
50	0.0428	0.0237	0.0689	0.0343
60	0.0639	0.0443	0.0691	0.0408
70	0.079	0.0669	0.071	0.0444
80	0.0812	0.0742	0.0738	0.051
90	0.079	0.0758	0.0759	0.0608
100	0.074	0.0814	0.0795	0.0615
110	0.0678	0.0824	0.0824	0.0639
120	0.0579	0.0827	0.0826	0.0652
130	0.0577	0.0831	0.0828	0.0664
140	0.0577	0.0834	0.0837	0.0608
150	0.0575	0.0837	0.0842	0.0553
160	0.0575	0.0841	0.0847	0.0553
170	0.0575	0.0854	0.0851	0.0541
180	0.0564	0.0864	0.0851	0.0516
190	0.0564	0.0871	0.0856	0.051
200	0.056	0.0888	0.0856	0.0498
210	0.0547	0.0898	0.0856	0.0468
220	0.0547	0.0864	0.0858	0.0432
230	0.0545	0.0861	0.0861	0.0432
240	0.0541	0.0854	0.0865	0.0408
250	0.0534	0.0841	0.0906	0.0402
260	0.0532	0.0821	0.0822	0.0396
270	0.0522	0.0791	0.0819	0.0396
280	0.0511	0.0784	0.0811	0.039
290	0.0511	0.0774	0.078	0.0372
300	0.0511	0.0768	0.0749	0.0372

L.2 Pengaruh Pengompleks Padii Panjang Kolom 10 cm Menggunakan Fasa Gerak  
HCl 0,5 M

L.2.1 Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi Tanpa Pembentukan Kompleks  
Kloridanya

Fraksi	Fe	Ni	Co	Mn
0	0.04	0.04	0.04	0.04
30	0.0829	0.0515	0.0448	0.0708
40	0.0857	0.0536	0.0481	0.0709
50	0.0858	0.0548	0.0486	0.0715
60	0.0859	0.0564	0.0487	0.0718
70	0.087	0.0576	0.049	0.0720
80	0.0878	0.0594	0.0492	0.0725
90	0.089	0.061	0.0493	0.0728
100	0.0891	0.0628	0.0501	0.0728
110	0.091	0.0651	0.0509	0.0733
120	0.0891	0.0657	0.0517	0.0739
130	0.0878	0.067	0.0518	0.0740
140	0.0876	0.066	0.0521	0.0743
150	0.0873	0.0657	0.0525	0.0745
160	0.0859	0.0638	0.0528	0.0748
170	0.0857	0.0628	0.0541	0.0750
180	0.0853	0.0622	0.0513	0.0752
190	0.0851	0.0619	0.0509	0.0759
200	0.0843	0.0607	0.0487	0.0771
210	0.0842	0.0604	0.0466	0.0771
220	0.0842	0.0597	0.0458	0.0778
230	0.084	0.0591	0.0458	0.0784
240	0.0839	0.0567	0.0445	0.0791
250	0.0838	0.0564	0.0441	0.0791
260	0.0837	0.0548	0.0437	0.0791
270	0.0835	0.0539	0.0435	0.0797
280	0.0833	0.0536	0.0429	0.0797
290	0.0832	0.0506	0.0425	0.0803
300	0.083	0.0506	0.0398	0.0823



L.2.2 Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi Dengan Pembentukan Kompleks Kloridanya

Fraksi	Fe	Mn	Ni	Co
10	0.1498	0.0013	0.0275	0.2720
20	0.1345	0.0009	0.2720	0.0083
30	0.0075	0.0013	0.0083	0.0055
40	0.0085	0.0003	0.0055	0.0000
50	0.0088	0.0003	0.0000	0.0018
60	0.0084	0.0003	0.0018	0.0045
70	0.0075	0.0003	0.0045	0.0064
80	0.0063	0.0006	0.0064	0.0000
90	0.0057	0.0006	0.0000	0.0000
100	0.0052	0.0006	0.0146	0.0000
110	0.0042	0.0003	0.0222	0.0000
120	0.0044	0.0006	0.0146	0.0000
130	0.0038	0.0006	0.0249	0.0000
140	0.0035	0.0006	0.0275	0.0000
150	0.0031	0.0006	0.0146	
160	0.0031	0.0003	0.0197	
170	0.0029	0.0003	0.0249	
180	0.0026	0.0003	0.0146	
190	0.0024	0.0006		
200	0.0020	0.0003		

### L.3 Pengaruh Fasa Gerak Pada Panjang Kolom 10 cm

#### L.1.1 Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi Menggunakan Fasa Gerak HCl 0,1 M

Fraksi	Fe	Mn	Ni	Co
10	0.1728	0.0013	0.0146	0.0496
20	0.0909	0.0006	0.0222	0.0017
30	0.0048	0.0011	0.0121	0.0015
40	0.0124	0.0013	0.0197	0.0035
50	0.0089	0.0016	0.0302	0.0038
60	0.0102	0.0016	0.0275	0.0039
70	0.0124	0.0006	0.0222	0.0048
80	0.0279	0.0006	0.0197	0.0058
90	0.0163	0.0006	0.0096	0.0063
100	0.0008	0.0006	0.0048	0.0066
110	0.0006	0.0006	0.0222	0.0068
120	0.0006	0.0001	0.0072	0.0079
130	0.0004	0.0001	0.0048	0.0073
140	0.0004	0.0006	0.0023	0.0068
150	0.0006	0.0006	0.0072	0.0056
160	0.0008	0.0006	0.0048	0.0056
170	0.0006	0.0001	0.0072	0.0051
180	0.0029	0.0006	0.0096	0.0039
190	0.0006	0.0006		
200	0.0015	0.0001		

L.3 2 Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi Menggunakan Fasa Gerak

HCl 0,5 M

Fraksi	Fe	Mn	Ni	Co
10	0.1498	0.0013	0.0275	0.2720
20	0.1345	0.0009	0.2720	0.0083
30	0.0075	0.0013	0.0083	0.0055
40	0.0085	0.0003	0.0055	0.0000
50	0.0088	0.0003	0.0000	0.0018
60	0.0084	0.0003	0.0018	0.0045
70	0.0075	0.0003	0.0045	0.0064
80	0.0063	0.0006	0.0064	0.0000
90	0.0057	0.0006	0.0000	0.0000
100	0.0052	0.0006	0.0146	0.0000
110	0.0042	0.0003	0.0222	0.0000
120	0.0044	0.0006	0.0146	0.0000
130	0.0038	0.0006	0.0249	0.0000
140	0.0035	0.0006	0.0275	0.0000
150	0.0031	0.0006	0.0146	
160	0.0031	0.0003	0.0197	
170	0.0029	0.0003	0.0249	
180	0.0026	0.0003	0.0146	
190	0.0024	0.0006		
200	0.0020	0.0003		

L 3 3 Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi Menggunakan Fasa Gerak

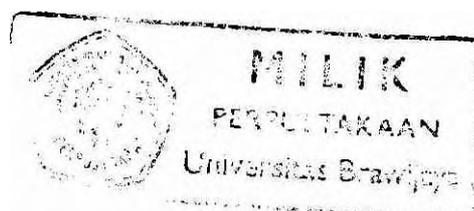
HCl 0,1 M : Metatiol -4-6

Fraksi	Fe	Mn	Ni	Co
10	0.2438	0.0001	0.0356	0.0854
20	0.0128	0.0006	0.0146	0.0083
30	0.0004	0.0006	0.0096	0.0064
40	0.0001	0.0006	0.0171	0.0059
50	0.0001	0.0006	0.0197	0.0045
60	0.0001	0.0009	0.0096	0.0036
70	0.0001	0.0006	0.0197	0.0022
80	0.0001	0.0006	0.0096	0.0036
90	0.0003	0.0001	0.0146	0.0018
100	0.0001	0.0001	0.0096	0.0040
110	0.0001	0.0001	0.0121	0.0032
120	0.0003	0.0006	0.0059	0.0018
130	0.0001	0.0001	0.0776	0.0013
140	0.0003	0.0001	0.0808	0.0022
150	0.0001	0.0001	0.0842	0.0009
160	0.0001	0.0006	0.0146	0.0032
170	0.0003	0.0006	0.0096	0.0013
180	0.0001	0.0006	0.0048	0.0022
190	0.0001	0.0001		
200	0.0001	0.0006		

L 3 4 Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi Menggunakan Fasa Gerak

HCl 0,1 M : Metanol = 6 4

Fraksi	Fe	Mn	Ni	Co
10	0.1048	0.0001	0.0249	0.1063
20	0.0210	0.0006	0.0197	0.0113
30	0.0006	0.0001	0.0275	0.0103
40	0.0012	0.0001	0.0222	0.0093
50	0.0009	0.0006	0.0146	0.0103
60	0.0036	0.0009	0.0121	0.0144
70	0.0009	0.0006	0.0171	0.0103
80	0.0008	0.0006	0.0302	0.0093
90	0.0006	0.0006	0.0222	0.0083
100	0.0005	0.0001	0.0222	0.0055
110	0.0006	0.0001	0.0356	0.0045
120	0.0003	0.0005	0.0329	0.0055
130	0.0033	0.0006	0.0249	0.0064
140	0.0029	0.0001	0.0222	0.0045
150	0.0015	0.0001	0.0275	0.0036
160	0.0102	0.0006	0.0146	0.0027
170	0.0033	0.0006	0.0096	0.0022
180	0.0031	0.0001	0.0004	0.0018
190	0.0006	0.0001		
200	0.0006	0.0001		



L 3 5 Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi Menggunakan Fasa Gerak

HCl 0,5 M . Metanol = 3 6

Fraksi	Fe	Mn	Ni	Co
10	0.1922	0.0006	0.0440	0.0528
20	0.0054	0.0001	0.0356	0.0055
30	0.0012	0.0006	0.0527	0.0027
40	0.0014	0.0001	0.0329	0.0022
50	0.0015	0.0001	0.0302	0.0000
60	0.0019	0.0006	0.0275	0.0000
70	0.0020	0.0006	0.0171	0.0000
80	0.0048	0.0001	0.0222	0.0000
90	0.0036	0.0006	0.0121	0.0000
100	0.0038	0.0001	0.0171	0.0000
110	0.0033	0.0001	0.0159	0.0000
120	0.0031	0.0006	0.0096	
130	0.0035	0.0006	0.0072	
140	0.0031	0.0006	0.0146	
150	0.0031	0.0001	0.0048	
160	0.0029	0.0006	0.0072	
170	0.0026	0.0006	0.0096	
180	0.0024	0.0006	0.0048	
190	0.0020	0.0001		
200	0.0017	0.0001		

L 3 6 Data Jumlah Ion Logam Pada Setiap Fraksi Menggunakan Fasa Gerak

HCl 0,5 M Metanol - b 4

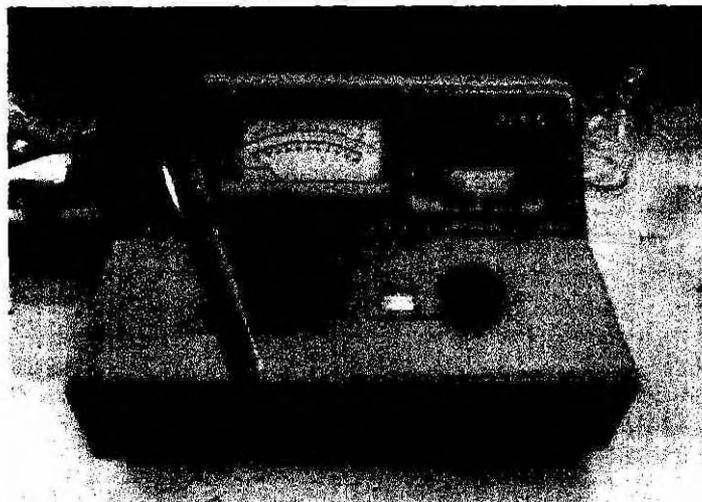
Fraksi	Fe	Mn	Ni	Co
10	0.1719	0.0006	0.0356	0.0278
20	0.1673	0.0001	0.0527	0.0219
30	0.0036	0.0001	0.0356	0.0133
40	0.0038	0.0001	0.0072	0.0018
50	0.0035	0.0006	0.0096	0.0000
60	0.0038	0.0006	0.0048	0.0000
70	0.0040	0.0005	0.0024	0.0000
80	0.0054	0.0006	0.0048	0.0000
90	0.0040	0.0001	0.0096	0.0000
100	0.0040	0.0001	0.0072	0.0000
110	0.0038	0.0005	0.0024	0.0000
120	0.0035	0.0006	0.0048	
130	0.0033	0.0006	0.0072	
140	0.0031	0.0006	0.0302	
150	0.0027	0.0005	0.0048	
160	0.0022	0.0006	0.0096	
170	0.0020	0.0001	0.0048	
180	0.0019	0.0006	0.0024	
190	0.0012	0.0001		
200	0.0010	0.0006		



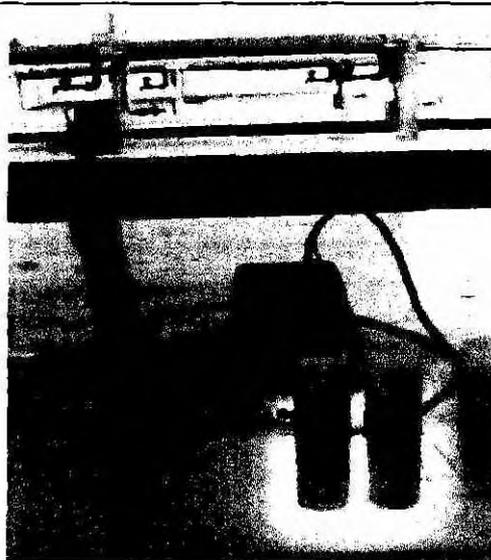
## Lampiran 2

### Foto Obyek penelitian





Pengukuran sampel Ni-DMG pada panjang gelombang 530 nm



Pengukuran konduktivitas sampel ion logam pada setiap fraksi

