

**STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN KOMPOSIT DARI
BULU AYAM SEBAGAI BAHAN PENGUAT DENGAN
MATRIKS RESIN EPOKSI**

SKRIPSI

Oleh
HASNUL SYAFRI
0510920031-92



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2010**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN KOMPOSIT DARI
BULU AYAM SEBAGAI BAHAN PENGUAT DENGAN
MATRIKS RESIN EPOKSI**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Oleh
HASNUL SYAFRI
0510920031-92



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2010**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN KOMPOSIT DARI
BULU AYAM SEBAGAI BAHAN PENGUAT DENGAN
MATRIKS RESIN EPOKSI**

Oleh
HASNUL SYAFRI
0510920031-92

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

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Bambang Ismuyanto, MSi
NIP. 19600504 198603 1 003

Dr. Diah Mardiana, MS
NIP. 19630529 199103 2 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Sasangka Prasetyawan, MS
NIP. 19630404 198701 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hasnul Syafri
NIM : 0510920031-92
Jurusan : Kimia
Penulis skripsi berjudul :

**” Studi Pendahuluan Pembuatan Komposit dari Bulu Ayam
sebagai Bahan Penguat dengan Matriks Resin Epoksi”**

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 tercantum di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam tugas akhir ini.
2. Apabila di kemudian 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, Januari 2010
Yang menyatakan,

(Hasnul Syafri)
NIM. 0510920031-92

STUDI PENDAHULUAN PEMBUATAN KOMPOSIT DARI BULU AYAM SEBAGAI BAHAN PENGUAT DENGAN MATRIKS RESIN EPOKSI

ABSTRAK

Bulu ayam sebagai bahan buangan kemungkinan dapat digunakan sebagai penguat dalam komposit dengan matriks resin epoksi. Pada penelitian ini digunakan resin epoksi dengan ditambah *hardener* pada perbandingan berat 1: 1 untuk komposisi bulu ayam 3, 5, 7 dan 9%-dari berat resin dan proses pengeringan selama 12 jam. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan komposisi optimum komposit dan mengetahui karakteristiknya. Komposisi optimum ditentukan berdasarkan harga massa jenis komposit dan penentuan derajat pengembangan untuk memperkirakan terjadinya ikatan silang. Selain itu, kristalinitas komposit optimum dan ikatan yang terjadi berturut-turut ditentukan secara difraktometri sinar-X dan Spektrofotometri FTIR serta dibandingkan dengan campuran resin-*hardener*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi optimum adalah 7% bulu ayam dengan massa jenis $0,878 \text{ g/cm}^3$ dan kerapatan ikatan silang tinggi sehingga bersifat amorf. Interaksi antara serat dan resin nampaknya terjadi melalui ikatan antara gugus amina dari *hardener* dengan gugus -OH dari karboksil pada asam amino lisina.

Kata kunci : komposit, bulu ayam, resin epoksi

THE PRELIMINARY STUDY OF COMPOSITE PRODUCTION USING CHICKEN FEATHER AS REINFORCEMENT WITH EPOXY RESIN MATRIX

ABSTRACT

Chicken feathers, as a waste material is probably can be used as reinforcement of epoxy resin matrix composite. In this research, the mixing of epoxy resin and hardener with weight composition of 1 : 1 has been used. The fiber compositions based on resin weight were 3, 5, 7 and 9% and the drying process was 12 hours. The aims of this research were to determine the optimum composition of composite and to determine its characteristic. The optimum composition was investigated by its density and degree of swelling for predicting the crosslink of resin and fiber. In addition, the optimum composite was further analyze for degree of crystallinity and bonding formed using XRD and FTIR spectrophotometry, respectively. Furthermore, these properties were then compared to mixing of resin and hardener. The results showed that the optimum composition was 7% with 0.878 gcm^{-3} of density and amorphous because of the high degree of crosslink. Interaction between fiber and resin seem happen with bound of -NH groups of hardener and -OH groups of carboxyl - lysine amino acid.

Key words: *composite, chicken feather, epoxy resin*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul **Studi Pendahuluan Pembuatan Komposit dari Bulu Ayam sebagai Bahan Penguat dengan Matriks Resin Epoksi**. Maksud dan tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Ilmu Kimia.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ir. Bambang Ismuyanto, MSi selaku dosen Pembimbing I, dan Dr. Diah Mardiana, MS selaku dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, inspirasi, dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Dr. Hermin Sulistyarti selaku dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan nasehat dan arahan selama masa studi.
3. Ellya Indahyanti, S.si selaku dosen yang telah membantu pendanaan penelitian ini.
4. Dr. Soebiantoro, Apt.Msc, Drs. Sutrisno, M.Si, Ulfa Handayani, S.Si,M.Si, Dr. rar nat. Rahmat Triyandi selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam perbaikan skripsi ini.
5. Dr. Sasangka Prasetyawan, MS, selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Brawijaya.
6. Ibu, bapak, dan seluruh keluargaku yang selalu mendoakan, menyemangati, dan memberi dukungan.
7. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Kimia Universitas Brawijaya atas segala ilmu dan bantuan yang diberikan.
8. Semua teman-teman di Jurusan Kimia atas doa dan dukungannya.

Akhir kata penulis hanya berharap bahwa skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Malang, Januari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit	4
2.2 Penguat	6
2.2.1 Bulu Ayam	7
2.2.2 Sistein	8
2.2.3 Lisin	9
2.3 Matriks	9
2.3.1 Resin Epoksi	11
2.4 <i>Hardener</i>	13
2.5 Pembuatan Komposit	13
2.6 Karakterisasi Komposit	15
2.6.1 Analisa Kualitatif	15
2.6.2 Penentuan Derajat Kristalinitas	16
2.6.3 Ikatan Silang	18
2.6.4 Massa jenis	19
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	20
3.2.1 Bahan penelitian	20
3.2.2 Bahan kimia	20
3.2.2 Alat penelitian	20

3.3 Tahapan Penelitian	21
3.4 Cara Kerja Penelitian	
3.4.1 Pembuatan komposit	21
3.4.1.1 Persiapan sampel bulu ayam	21
3.4.1.2 Pencetakan komposit	21
a. Variasi waktu pengeringan	21
b. Variasi komposisi serat	22
3.4.2 Karakterisasi komposit	22
3.4.2.1 Uji kelarutan komposit	22
3.4.2.2 Penentuan massa jenis	22
a. Bulu ayam.....	22
b. Resin epoksi	23
c. Komposit	23
3.4.2.3 Derajat pengembangan komposit	24
3.4.2.4 Penentuan derajat kristalinitas secara XRD.....	24
3.4.2.5 Analisa gugus fungsi.....	24
a. Resin epoksi- <i>hardener</i>	24
b. Komposit.....	24
3.5 Analisa Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Penentuan waktu pengeringan komposit bulu ayam	25
4.2 Penentuan komposisi komposit bulu ayam	26
4.2.1 Massa jenis komposit.....	27
4.2.2 Derajat pengembangan	28
4.3 Penentuan derajat kristalinitas.....	29
4.4 Penentuan gugus fungsi	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Komposit serat.....	4
Gambar 2.2 Komposit laminat	5
Gambar 2.3 Komposit partikel	5
Gambar 2.4 Rumus molekul sistein.....	8
Gambar 2.5 Rumus molekul sistin	8
Gambar 2.6 Rumus molekul lisin.....	9
Gambar 2.7 Struktur Bisfenol-A	12
Gambar 2.8 Struktur Epiklorohidrin.....	12
Gambar 2.9 Struktur Resin Epoksi	12
Gambar 2.10 Skema <i>Spray Up</i>	13
Gambar 2.11 Skema <i>Hand Lay-Up</i>	14
Gambar 2.12 Skema Infusi	14
Gambar 2.13 Struktur polimer semikristalin	16
Gambar 2.14 Difraksi sinar-X dalam kristal	17
Gambar 2.15 Fasa amorf dan fasa kristalin pada difraktogram XRD	18
Gambar 4.1 Grafik hubungan perbandingan komposisi dan massa jenis komposit.....	27
Gambar 4.2 Grafik hubungan perbandingan komposisi dan perubahan massa komposit.....	28
Gambar 4.3 Difraktogram sinar-X resin epoksi- <i>hardener</i> -bulu ayam	29
Gambar 4.4 Difraktogram sinar-X resin epoksi- <i>hardener</i>	30
Gambar 4.5 Spektra IR resin epoksi- <i>hardener</i> dan resin epoksi- <i>hardener</i> -bulu ayam 7% (^w / _w).....	31
Gambar 4.6 Reaksi antara resin dan <i>hardener</i>	33
Gambar 4.7 Campuran resin- <i>hardener</i> berikatan silang.....	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan bulu ayam.....	7
Tabel 2.2 Bilangan gelombang beberapa gugus fungsi	16
Tabel 4.1 Pengaruh pelarutan terhadap perubahan massa komposit pada berbagai waktu penyimpanan.....	25
Tabel 4.2 Sifat fisik komposit bulu ayam pada berbagai komposisi ..	26
Tabel 4.3 Hasil interpretasi spektrum FTIR untuk campuran resin- <i>hardener</i> dan komposit resin epoksi-bulu ayam.....	32



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Diagram Alir Penelitian	41
Lampiran 2 Diagram Alir Pembuatan Komposit.....	42
Lampiran 3 Diagram Alir Karakterisasi Komposit Bulu Ayam dan Resin Epoksi	44
Lampiran 4 Perhitungan % perubahan massa komposit.....	48
Lampiran 5 Perhitungan Massa Jenis Komposit	51
Lampiran 6 Uji Statistik	55
Lampiran 7 Frekuensi Jawaban Responden tentang Warna dan Kekakuan Komposit.....	57
Lampiran 8 Gambar Alat Pendukung.....	59
Lampiran 9 Gambar Hasil Komposit	60
Lampiran 10 Spektra IR	61



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini penggunaan material komposit semakin berkembang, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan komposit di berbagai bidang seperti keperluan rumah tangga sampai sektor industri baik skala kecil maupun besar (Purboputro, 2008). Komposit merupakan campuran makroskopik antara penguat dan matriks. Penguat berfungsi memperkuat matriks, karena umumnya penguat jauh lebih kuat dari matriks. Matriks berfungsi melindungi penguat dari efek lingkungan dan kerusakan akibat benturan (Yudhanto, 2008).

Bahan komposit mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan konvensional seperti logam, sebagai contohnya bahan komposit mempunyai massa jenis yang jauh lebih rendah (1,4 g/mL untuk komposit epoksi-kevlar) dibandingkan dengan bahan konvensional (7,2 g/mL). Ini memberikan implikasi yang penting dalam konteks penggunaan karena komposit akan mempunyai kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi (646,3 MNm/kg dan 28,6 MNm/kg) dari bahan konvensional (14,4-28,7 MNm/kg dan 11,5 MNm/kg). Implikasi kedua ialah produk komposit yang dihasilkan akan mempunyai berat yang lebih rendah dari logam (Hendra, 2002).

Komposit memerlukan penguat dalam pembuatannya. Bentuk penguat dapat bermacam-macam baik butiran, serat halus, serat diskontinu, serat kontinu dan lempengan. Jenis penguat yang sering digunakan adalah bentuk serat karena lebih mudah dibentuk dibandingkan lempengan, serta kemampuan meneruskan beban lebih besar dibandingkan bentuk butiran (Chawla, 1987).

Serat sintetik yang sering digunakan yaitu serat terbuat dari karbon, aramida, silikon karbida, boron, alumina (Yudhanto, 2008), serat kaca, dan kevlar (Hakim, 2005). Perkembangan teknologi komposit saat ini sudah mulai mengalami pergeseran dari bahan komposit berpenguat serat sintetik menjadi bahan komposit berpenguat serat alam (Sumardi *dkk*, 2003). Pergeseran ini dilandasi oleh sifat komposit berpenguat serat alam yang lebih ramah lingkungan serta memiliki rasio kekuatan terhadap densitas yang tinggi sehingga komponen yang dihasilkan lebih ringan. Jenis serat

alami yang telah digunakan antara lain jerami, serat dari batang tanaman, serat daun, atau serat akar tanaman (Hadiyawarman, *dkk.*, 2008). Satu potensi serat lain adalah serat bulu ayam, yang pemanfaatannya masih perlu dikembangkan.

Bulu ayam sebagai bahan buangan akibat konsumsi ayam potong perlu dimanfaatkan secara maksimal. Selama ini pemanfaatan bulu ayam adalah sebagai bahan lukisan, hiasan, *shuttle cock*, dan pakan ternak sehingga perlu dikembangkan alternatif pemanfaatan. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan bulu ayam sebagai penguat dalam bahan komposit (Yudhanto, 2008).

Adapun matriks atau resin yang umum digunakan untuk pembuatan komposit adalah resin epoksi dan resin ester. Pada penelitian ini komposit dibuat dari bulu ayam dengan menggunakan matriks resin epoksi. Resin epoksi memiliki keunggulan dibanding resin ester karena kekuatan dan kekakuan resin epoksi relatif lebih baik, daya hantar listrik yang baik, penyusutan rendah, perekat yang tahan terhadap kelembaban udara serta tahan terhadap tekanan (Hadiyawarman, 2008). Resin ini juga mampu berperan sebagai pemlastis, penstabil, pentranfer gaya, pendistribusi gaya (Tsai and Hahn, 1980), dan dapat berperan sebagai matriks untuk mengikat serat pendek. Kelebihan lain karena daya pembasahan baik, kekuatan kohefif tinggi, dan dapat diubah – ubah sifatnya dengan memilih resin-*hardener* yang tepat, serta menambahkan polimer atau *filler*. Bila mengalami pemanasan, resin akan menghasilkan bahan termoset sehingga produk tahan terhadap temperatur tinggi dan stabil terhadap cahaya (Walsh, 2001).

Perbandingan antara penguat dan matriks (bulu ayam dan resin epoksi) dalam komposit pada penelitian ini dapat memberikan perbedaan sifat komposit. Semakin banyak penguat maka komposit yang dihasilkan akan semakin kaku, namun setelah melebihi komposisi optimum penambahan penguat dapat menyebabkan komposit menjadi mudah patah. Sifat ini juga dipengaruhi oleh kemungkinan terjadinya ikatan silang antara komponen dalam komposit. Oleh karena itu, perlu diteliti pengaruh komposisi bulu ayam dan resin epoksi terhadap sifat komposit.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah sifat komposit yang dihasilkan pada berbagai komposisi serat bulu ayam dan resin epoksi?
2. Bagaimanakah karakteristik (massa jenis, derajat pengembangan, pola difraksi sinar-X dan struktur kimia) komposit yang dihasilkan pada komposisi optimum?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah dibatasi pada :

1. Resin epoksi yang digunakan adalah resin perdagangan merek Avian.
2. Bulu ayam yang digunakan adalah bulu ayam kampung bagian dada dan ekor.
3. Komposit terdiri atas serat bulu ayam berukuran lebih kurang 1 cm yang tersusun acak.
4. Perbandingan resin dan *hardener* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1:1 ($^w/w$).
5. Variasi komposisi bulu ayam yang digunakan pada penelitian adalah 3%, 5%, 7%, dan 9% ($^w/w$).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Menentukan komposisi optimum antara bulu ayam dan resin epoksi dalam membuat komposit.
2. Menentukan karakteristik komposit bulu ayam dengan matriks resin epoksi pada komposisi optimum.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan bulu ayam sebagai bahan buangan menjadi komposit dengan matrik resin epoksi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit merupakan kombinasi dua material atau lebih yang berbeda bentuk dan komposisi kimianya serta saling tak larut (Mallick, 1983). Karakteristik bahan pembentuk berbeda-beda, sehingga akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu (Schwartz, 1997):

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang dapat dibentuk tetapi lebih kaku serta lebih kuat.
2. Matriks, umumnya lebih dapat dibentuk tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah.

Secara garis besar ada 3 jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan, yaitu (Schwartz, 1997):

1. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

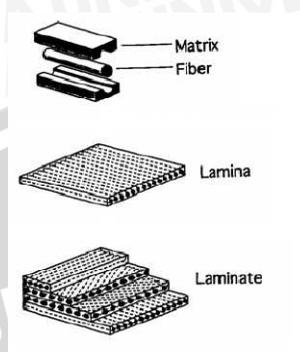
Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat (Gambar 2.1). Serat yang digunakan dapat berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid (poliamida). Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.



Gambar 2.1 Komposit serat

2. Komposit Laminat (*Laminated Composites*)

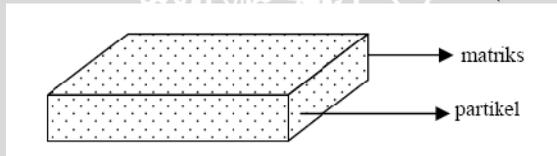
Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat masing – masing (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Komposit laminat

3. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguat dan terdistribusi secara merata dalam matriks (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Komposit partikel

Berdasarkan jenis matriks, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu komposit matriks polimer, komposit matriks logam, dan komposit matriks keramik. Matriks berfungsi untuk mengikat bahan penguat. Kegunaan bahan penguat berbeda-beda bergantung pada matriks penyusunnya. Matriks logam berguna untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap suhu tinggi, matriks polimer berguna untuk memperbaiki sifat kekakuan, kekuatan dan ketelitiannya. Matriks keramik berfungsi untuk memperbaiki ketelitiannya (Mathews and Rawlings, 1994).

Selama penggunaan, baik matriks maupun serat dapat mengalami deformasi. Perbedaan deformasi akan mempengaruhi kekuatan tarik komposit karena selama pembebanan dapat timbul tegangan dan regangan geser pada daerah antarmuka. Karenanya penting untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan komposit (Vaughan and Pherson, 1986).

Kekuatan komposit juga dipengaruhi oleh lingkungan tempat bahan digunakan. Bila bahan dipakai pada kondisi temperatur tinggi maka bahan cenderung menjadi getas dan mudah patah. Karenanya

sifat termal bahan sangat menentukan kekuatan bahan komposit. Di samping itu, adanya kemungkinan terjadi degradasi hidrolitik pada resin maupun serat memberikan pengaruh bila komposit digunakan pada kondisi basah terutama dengan adanya peningkatan temperatur (Vaughan and Pherson, 1986).

Serat dalam suatu komposit berfungsi sebagai penguat yang akan bergabung dengan matriks berasal dari resin yang berfungsi untuk meneruskan gaya selama terjadi pembebanan saat digunakan. Indikator kekuatan komposit adalah dari kekuatan tarik maksimum dan kekakuan terhadap massa jenis komposit yang mencapai harga tinggi. Keandalan bahan komposit dipengaruhi oleh sifat masing-masing bahan matriks dan serat dengan kekuatan diperoleh karena adanya ikatan antara keduanya (Yan Li, 2007).

2.2 Penguat

Penguat, sesuai namanya berfungsi sebagai penguat dalam bahan komposit. Bentuk penguat dapat bermacam-macam baik butiran, serat halus, serat diskontinu, serat kontinu dan lempengan. Jenis penguat yang sering digunakan adalah bentuk serat karena jenis ini lebih mudah dibentuk dibandingkan lempengan serta kemampuan meneruskan beban lebih besar dibandingkan bentuk butiran (Chawla, 1987). Jenis serat sintetik yang umum digunakan sebagai penguat adalah serat gelas, aramid dan serat karbon. Serat gelas merupakan serat sintetik yang banyak digunakan karena memberikan kombinasi yang baik antara kekuatan, kekakuan dan harga relatif murah.

Sebagai tambahan untuk resin yang berbeda, bermacam jenis penguat serat digunakan dalam komposit. Serat gelas digunakan lebih dari 90% dari komposisi komposit. Walaupun demikian, serat seperti Kevlar atau serat karbon memberikan tampilan tingkat tinggi dengan harga yang signifikan (Joshi, *et al.*, 2003).

Berdasarkan bentuk akhir serat sebagai penguat, maka dikenal beberapa jenis serat, yaitu (Mallick, 1983) :

- a. *Roving*, bentuk akhir serat ini diperoleh bila panjang serat tidak terbatas dan biasanya berbentuk gulungan. Serat roving merupakan bentuk yang diperoleh dari gabungan serat tanpa dianyam.
- b. *Mat*, bentuk mat merupakan benang-benang serat yang memiliki panjang 4 hingga 5cm yang direkatkan satu dan lainnya dalam

aturan letak yang tidak menentu. Hasil akhir gabungan serat ini merupakan lapisan menyerupai tikar.

- c. *Woven roving*, merupakan benang-benang serat roving dengan panjang tak terbatas kemudian dianyam dengan aturan tertentu sehingga berbentuk tikar.

Saat ini, serat alam mulai mendapatkan perhatian yang serius dari para ahli material komposit karena serat alam memiliki kekuatan spesifik yang tinggi disebabkan massa jenis yang rendah, serat alam mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat diolah kembali, harganya relatif murah dan tidak beracun (Purboputro, 2006). Indonesia sebagai salah satu negara yang kaya akan sumber daya alam, memiliki berbagai sumber serat alami. Beberapa di antaranya adalah adanya serat sisal, serat rami, eceng gondok dan serat pandan, juga sumber serat sebagai bahan buangan seperti serat nenas, tandan kelapa sawit, serabut kelapa hingga bulu ayam. Pada penelitian ini sumber serat yang dipilih adalah bulu ayam.

2.2.1 Bulu ayam

Bulu ayam banyak tersedia di tempat-tempat pemotongan ayam yang terdapat di sekitar perkotaan. Bulu ayam yang tersedia bergantung pada jumlah ayam yang dipotong. Setiap ekor ayam potong (bobot potong $\pm 1,5$ Kg) menghasilkan bulu sebanyak 5-6 % dari bobot potong (Acda, 2008).

Bulu ayam memiliki kandungan seperti tertera pada Tabel 2.1 (Hartadi *dkk*, 1997) :

Tabel 2.1 Kandungan nutrient dalam bulu ayam

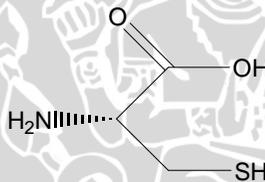
Nutrien	Kandungan (%)
Bahan kering	91-91,6
Serat kasar	0,6-0,9
Protein kasar	81,7-83,74
Lemak	3,0-3,81
Abu	2,76-3,7
Kalsium (K)	0,17-0,25
Fosfor (P)	0,13-0,65

Bulu ayam, sebagian besar terdiri atas keratin yang digolongkan ke dalam protein serat. Keratin merupakan protein yang

kaya akan asam amino bersulfur seperti sistein dan metionin. Keratin mengandung belerang 2,9 %, nitrogen 15,5 %, dan abu 1 %. Ikatan disulfida yang dibentuk dua molekul sistein, memberikan kekuatan pada sistein dan melindungi dari serangan enzim (Wrzeńniewska *et al*, 2007). Disamping itu keratin sangat reaktif sebagaimana sistein yang mudah direduksi, dioksidasi dan dihidrolisis (Akahane *et al*, 1977).

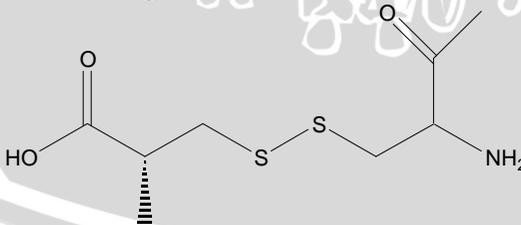
2.2.2 Sistein

Sistein merupakan asam amino bukan esensial bagi manusia yang memiliki atom S, bersama-sama dengan metionin. Atom S ini terdapat pada gugus *tiol* (dikenal juga sebagai *sulhidril* atau *merkaptan*), karena memiliki atom S, sistein menjadi sumber utama pada keratin dalam sintesis senyawa-senyawa biologis lain yang mengandung belerang. Sistein dan metionin pada protein juga berperan dalam menentukan konformasi protein karena adanya ikatan hidrogen pada gugus tiol.



Gambar 2.4 Rumus Molekul Sistein

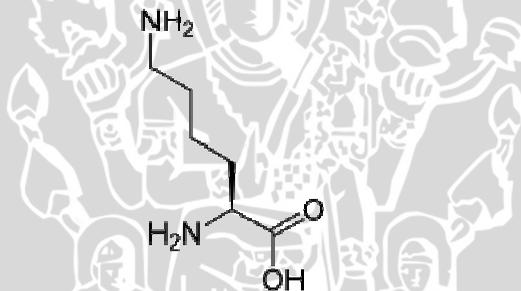
Sistein mudah teroksidasi oleh oksigen dan membentuk sistin, senyawa yang terbentuk dari dua molekul sistein yang berikatan pada atom S masing-masing. Reaksi ini melepas satu molekul air atau reaksi dehidrasi (Lehninger, 1982).



Gambar 2.5 Rumus Molekul Sistin

2.2.3 Lisin

Lisin adalah asam amino- α dan merupakan asam amino esensial, yang tidak dapat disintesis oleh tubuh manusia. Lisin merupakan basa, seperti arginin dan histidin. Lisin merupakan asam amino yang mempunyai gugus R dengan muatan total positif pada pH 7,0; yang mengandung tambahan gugus amino (kedua) pada posisi ϵ di rantai alifatiknya. Gugus amino- ϵ biasanya digunakan pada ikatan hidrogen dan sebagai basa dalam proses katalisis. Lisin sangat penting untuk pertumbuhan, dan memiliki peranan penting dalam produksi karnitin, suatu bahan gizi yang bertanggung jawab terhadap perubahan lemak menjadi energi dan membantu penurunan kolesterol. Lisin berfungsi untuk membantu absorpsi tubuh dan memiliki peranan penting dalam pembentukan kolagen, senyawa penting untuk tulang dan lapisan penghubung termasuk didalamnya kulit, dan tendon (Anonymous¹, 2009).



Gambar 2.6 Rumus Molekul Lisin

2.3 Matriks

Matriks adalah bahan yang berfungsi mengikat penguat satu dengan yang lain. Matriks digunakan untuk menyambung berbagai jenis bahan berbeda atau tidak sepadan modulus dan ketebalannya. Matriks juga memudahkan penyambungan dan pembuatan bentuk-bentuk rumit. Menurut suhu terbentuknya ikatan, matriks terbagi atas yang bersuhu dingin (di bawah 20°C), suhu kamar (20-30°C), suhu sedang (31-100°C) dan suhu panas (di atas 100°C). Menurut sumbernya, matriks dapat berasal dari bahan alam maupun sintetik. Berdasar cara ikatannya, dikelompokkan sesuai fisik atau cara memakai matriks tersebut. Ada matriks peka-tekanan (*pressure*

sensitive), matriks lelehan-panas (jenis *hot-melt*), matriks jenis setting-kimia, dan matriks pelepasan-pelarut (Hartomo, dkk, 1992).

Bahan yang umum dipakai sebagai matriks adalah logam, keramik dan polimer. Dewasa ini polimer lebih sering digunakan sebagai matriks karena lebih ringan dan tidak korosif (Schwartz, 1997). Secara umum resin polimer terdiri dari dua macam, yakni (Surdia dan Saito, 1993) :

1. Resin termoset

Resin termoset adalah resin yang paling umum digunakan sebagai matriks pada pembuatan polimer komposit. Berbagai alasan yang mendasari penggunaan resin termoset ini seperti massa jenis yang rendah, dapat diproses pada suhu kamar, dan harganya lebih murah dibanding resin termoplastik. Beberapa bahan termoset yang biasa digunakan adalah :

a. Epoksi

Resin ini memiliki kegunaan luas dalam industri teknik kimia, listrik, mekanik dan sipil sebagai perekat, cat pelapis dan pencetakan coran terutama dalam industri listrik. Resin ini memiliki sifat – sifat yang unggul seperti kelekatan terhadap bahan yang baik, tahan terhadap zat kimia dan kestabilan dimensi yang baik

b. Poliester

Resin ini memiliki keseimbangan sifat yang sangat baik dan dapat dibentuk pada suhu kamar, digunakan secara luas sebagai plastik yang diperkuat serat gelas, banyak digunakan pada industri pesawat terbang, otomotif, perkapalan ataupun bidang konstruksi.

c. Fenolik

Memiliki sifat kestabilan dimensi yang sangat baik, mudah dibentuk, tahan panas, rambatan patah yang lambat, ketahanan kimia yang baik dan emisi racun yang rendah saat terbakar.

2. Resin termoplastik

Dalam penggunaannya pada material komposit, resin termoplastik yang biasa digunakan adalah :

a. Nilon (poliamida)

Sebagai resin dalam industri, bahan ini memiliki sifat yang kuat dan unggul dalam pelumasan, ketahanan abrasi dan ketahanan kimia. Bahan ini memiliki keunggulan dalam kekuatan tarik dan impak.

b. Polikarbonat

Berupa resin transparan yang tangguh, sensitif terhadap lekukan, memiliki ketahanan impact yang baik, namun ketahanan ketahanan lelah bahan ini kurang baik dibandingkan nilon. Banyak digunakan untuk komponen listrik dan elektronik.

c. Polistirena

Resin ini tidak berwarna, memiliki massa jenis yang rendah, murah biayanya, sedikit menyerap air, memiliki kestabilan panas dan ketahanan radiasi yang baik, tetapi memiliki ketahanan impact yang rendah dan bersifat getas.

Adapun fungsi matriks di dalam material komposit adalah menjaga agar serat tetap berada di dalam struktur komposit, membantu mendistribusi atau mentransfer beban yang diterima. Selain itu juga melindungi serat dari kerusakan eksternal seperti pengausan, memberi perlindungan serat terhadap lingkungan yang kurang baik (Schwartz, 1997). Matriks memiliki sifat yang berlainan meskipun menggunakan bahan dasar yang sama. Hal ini diakibatkan adanya penambahan zat – zat lain dalam formulasi khususnya. Sifat matriks tidak hanya ditentukan oleh komposisi bahan kimianya namun juga oleh kondisi saat dibuat dan dipergunakan. Salah satu contoh matriks yang baik adalah resin epoksi (Hartomo, *dkk*, 1992).

Resin epoksi merupakan polimer yang banyak dipakai untuk material komposit, hal ini antara lain disebabkan oleh sifat berikut (Crawford, 1989; Lubin, 1982):

- i. Resin epoksi melekat dengan baik untuk berbagai macam bahan pengisi, penguat dan bahan lainnya.
- ii. Penyusutan setelah pengerasan lebih sedikit dibanding resin fenolik dan poliester.
- iii. Resin epoksi yang telah mengeras tahan terhadap bahan kimia dan merupakan insulator yang baik.

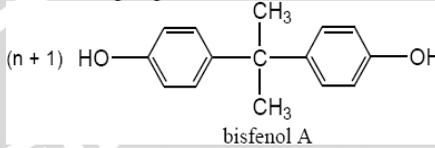
2.3.1 Resin epoksi

Resin epoksi didefinisikan sebagai molekul yang mengandung lebih dari satu gugus epoksi. Gugus epoksi ini biasa disebut oksiran atau *ethoxyline*. Resin ini memiliki karakteristik listrik yang baik, daya penyusut yang rendah, perekat yang baik untuk banyak bahan logam dan tahan terhadap kelembaban udara serta tahan terhadap tekanan. Resin epoksi dapat digunakan sebagai

bahan pembuat komponen elektronik, bahan perekat pada logam, material konstruksi, dan bahan sintetik lainnya (Ellis, 1993).

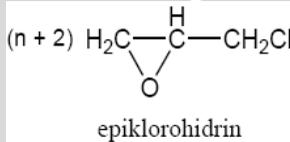
Sebelum mengalami pengerasan resin epoksi berupa cairan yang sangat kental atau padatan yang sangat getas yang akan mencair bila dipanaskan. Sebagian resin epoksi dibuat dari :

Bisfenol-A atau difenilol propana (Gambar 2.7)



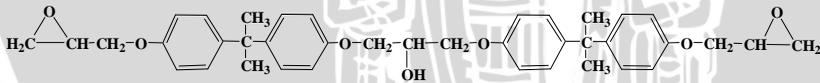
Gambar 2.7 Struktur Bisfenol-A

dan epiklorohidrin (Gambar 2.8)



Gambar 2.8 Struktur Epiklorohidrin

Resin ini memperlihatkan ciri khusus polieter yang dipreparasi melalui reaksi polimerisasi bertahap antara epoksida dan senyawa dihidroksi, biasanya bisfenol dengan adanya basa. Umumnya resin epoksi yang digunakan secara luas adalah jenis DGEBA (*diglycidyl ether of bisphenol-A*) yang memiliki struktur pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Struktur Resin Epoksi

Harga n menunjukkan jumlah unit ulang dalam resin yang belum mengeras (*prepolimer*). Nilai $n = 0 - 1$ akan menghasilkan produk berupa cairan yang kental, tetapi jika lebih besar dari 1 maka produk berbentuk padatan rapuh. Prepolimer cairan akan membentuk padatan yang mengeras (*curing epoxy*) jika telah ditambahkan *hardener* atau *curing agent*. Jenis *hardener* yang banyak digunakan adalah golongan amina polifungsi seperti senyawa diamina, golongan anhidrida misal anhidrida ftalat (Lubin, 1982).

2.4 *Hardener*

Resin epoksi yang dijual di pasaran biasanya terdiri dari campuran berbagai jenis resin atau telah ditambahkan bahan lain seperti pengeras (*hardener*), bahan pengisi (*filler*), pemlastis (*plasticizer*), pengencer dan aditif lainnya.

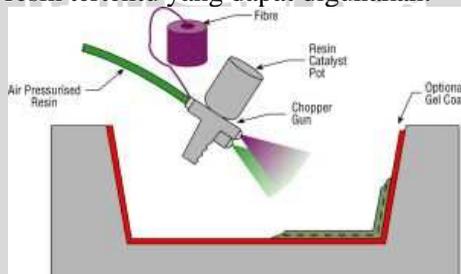
Bahan *hardener* yang biasa dipakai pada resin epoksi adalah poliamida, poliamina, polisulfida, asam atau anhidrida asam. Efek pengerasan dapat dicapai melalui pembentukan ikatan silang antara rantai polimer resin dengan bahan *hardener*. Pengencer sesuai namanya akan menurunkan viskositas resin (Hartomo, dkk, 1992)

2.5 **Pembuatan komposit**

Dalam pembuatan komposit diperlukan suatu cetakan yang bersih dan permukaannya halus. Untuk bahan cetakan dapat digunakan dari logam, kayu, gips, dan kaca. Secara garis besar pembuatan komposit dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu (Anonymous², 2009):

1. *Spray Up*

Resin/ matriks, katalis, dan filler dicampur di dalam penyemprot lalu kemudian disemprotkan ke dalam cetakan. Campuran didiamkan pada suhu ruang untuk pembentukan komposit. Metode ini telah digunakan selama beberapa tahun karena prosesnya cepat. Namun kekurangan dari metode ini antara lain; laminat menjadi berat karena mengandung banyak resin, resin yang digunakan harus memiliki viskositas rendah sehingga hanya resin – resin tertentu yang dapat digunakan.

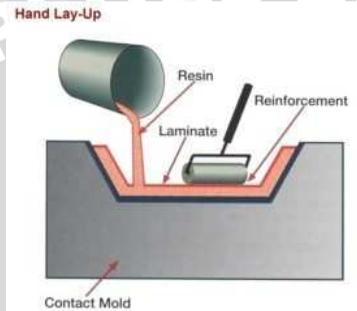


Gambar 2.10 Skema *Spray Up*

2. *Hand Lay up*

Cara ini pengerjaannya sederhana, yaitu dengan cara menuang resin yang telah dicampur dengan pengikat ke dalam cetakan.

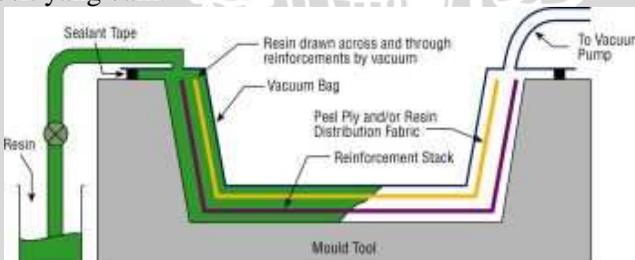
Setelah itu menggunakan *roller* untuk meratakan hasilnya dan juga bertujuan agar tidak ada udara yang terjebak di dalam cetakan sehingga hasilnya menjadi lebih padat. Cara ini digunakan untuk mendapatkan komposit dengan permukaan halus di satu sisi dan kasar di sisi lainnya. Metode ini menggunakan resin pada suhu ruang dan memiliki kekuatan serat yang lebih dibandingkan metode spray up karena mengandung serat yang lebih tinggi dengan ukuran lebih panjang.



Gambar 2.11 Skema Hand Lay-Up

3. Infusi

Cara yang satu ini menggunakan proses vakum. Resin dialirkan menuju penguat yang telah diletakkan pada cetakan. Resin dapat dialirkan dengan mudah karena adanya media cetakan vakum. Cara ini memerlukan resin dengan viskositas rendah dan memerlukan proses yang rumit untuk mendapatkan komposit yang baik.



Gambar 2.12 Skema Infusi

Proses pembuatan komposit yang digunakan dalam penelitian ini adalah proses *hand lay-up* yaitu dengan menggabungkan serat penguat dan resin cair secara manual atau

dengan tangan. Proses ini merupakan metode yang paling sederhana untuk memproduksi plastik yang diperkuat serat. Cara pembuatan dengan metoda *hand lay-up* dilakukan dengan penggunaan *release film* agar material komposit tidak lengket pada cetakan, terutama pada sudut – sudut cetakan. *Release film* ini juga membantu membentuk permukaan komposit menjadi lebih baik. Setelah serat diletakkan pada cetakan selanjutnya matrik dituang dalam cetakan, rol penekanan digunakan untuk meratakan dan menghilangkan udara yang terperangkap. Resin yang paling umum digunakan dalam pembuatan komposit dengan metode *hand lay-up* adalah epoksi karena resin ini cepat membeku pada suhu kamar. Kekurangan metode ini adalah sulitnya menghilangkan udara yang terjebak di dalam cetakan pada saat membuat material komposit.

2.6 Karakterisasi Komposit

2.6.1 Analisa kualitatif

Analisa kualitatif yang dilakukan meliputi identifikasi struktur molekul resin yang digunakan dalam sampel dan struktur komposit yang dihasilkan. Untuk pengujian ini digunakan spektroskopi infra merah.

Spektroskopi Inframerah merupakan studi mengenai interaksi energi cahaya infra merah dengan molekul-molekul dalam suatu senyawa. Penyerapan radiasi infra merah oleh suatu senyawa organik didasarkan pada perbedaan energi vibrasi dalam molekul. Inti-inti atom yang terikat secara kovalen dalam suatu molekul akan mengalami getaran (vibrasi) dengan cara serupa dua bola yang terikat oleh suatu pegas. Bila molekul menyerap radiasi infra merah, energi yang diserap menyebabkan kenaikan dalam amplitudo getaran atom-atom yang terikat itu. Getaran-getaran yang mempunyai perubahan momen dwi kutub yang akan teramati pada infra merah (Mohan, 2003).

Spektroskopi inframerah bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang ada dalam suatu senyawa pada daerah bilangan gelombang (ν) $4000-650 \text{ cm}^{-1}$. Beberapa gugus fungsi yang menghasilkan puncak pada spektroskopi inframerah dicantumkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Bilangan gelombang beberapa gugus fungsi

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
Alkohol (O-H)	3000 – 3700
Ester	1735 – 1750
C-O	1110 – 1300
C-H sp^3 (alkena atau alkil)	2800 – 3000
C-H sp^2 (=CH-)	3000 – 3300
Alkena trans	970 – 960
Alkena cis	730 – 675

Cara umum yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu polimer adalah dengan membandingkan spektrum sampel resin epoksi dengan spektrum sampel komposit yang sudah dihasilkan dan menganalisa gugus fungsi yang terdapat pada sampel, resin-*hardener* yang sudah mengeras dan komposit yang dihasilkan.

2.6.2 Penentuan derajat kristalinitas

Kristal adalah padatan yang terbentuk oleh pengulangan pola yang teratur dari atom atau molekul yang terhubung satu sama lain (Campbell and Campbell, 2008). Sebagian polimer merupakan semikristalin yang terdiri dari bagian amorf dan bagian kristalin. Bagian amorf ditandai dengan struktur yang tidak teratur, sedangkan bagian kristalin ditandai dengan struktur yang teratur (Sperling (1986)). Kristalinitas mempengaruhi beberapa sifat polimer diantaranya kekerasan, modulus, daya rentang, kekakuan, kekusutan dan titik leleh. Gambar 2.13 menunjukkan struktur polimer semikristalin (Raghavendra *et al*, 2008).



Gambar 2.13 Struktur polimer semikristalin

Derajat kristalinitas dapat diketahui dengan menggunakan difraksi sinar-X. Difraksi sinar-X didasarkan pada persamaan Bragg (2.2) (West, 1984; Rabek, 1980) dengan fenomena berdasarkan Gambar 2.14 (Rabek, 1980).

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.1)$$

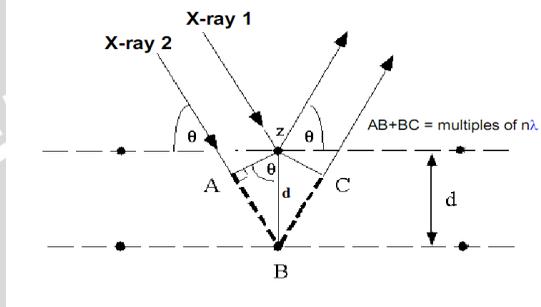
Dimana:

n = suatu bilangan 0,1,2,3,....., di sebut juga order

λ = panjang gelombang sinar X

d = jarak antara plan paralel dengan kristalit

θ = sudut deviasi sinar difraksi dari sinar X yang terjadi.

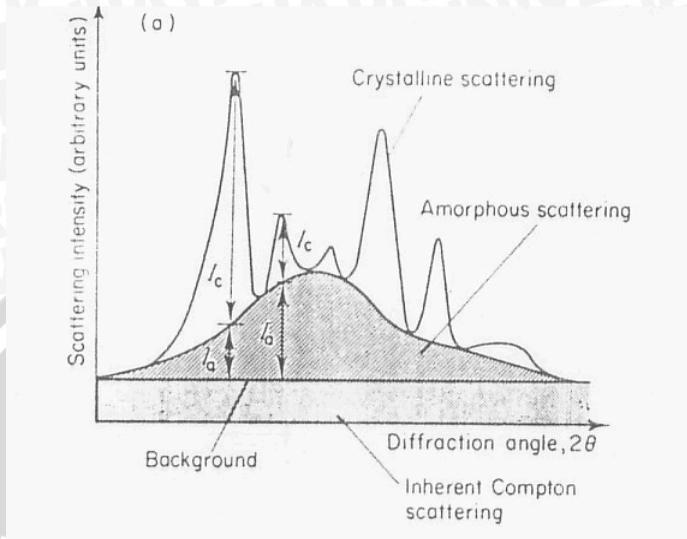


Gambar 2.14 Difraksi Sinar-X dalam Kristal

Posisi 2θ dari berkas sinar-X suatu kristal tergantung pada jenis unit sel kristal dan panjang gelombang sinar-X. Intensitas berkas sinar-X yang terdifraksi juga ditentukan oleh jenis atom dan kedudukannya dalam suatu sel kristal. Setiap zat mempunyai pola difraksi (difraktogram) yang spesifik sehingga setiap kristal dapat diidentifikasi meskipun berada dalam campuran (Willard *et al*, 1998).

Derajat kristalinitas (χ_c) dapat ditentukan jika hamburan kristalinitas dan amorf pada pola difraksi dapat dipisahkan satu dengan yang lain. Derajat kristalinitas sebanding dengan integral hamburan kristalinitas terhadap total hamburan (kristalin dan amorf). (Rabek, 1980).

Secara matematis, integral menyatakan luas kurva hubungan 2θ dengan intensitas hamburan, sehingga kristalinitas dapat dihitung berdasarkan perbandingan luas fase kristalin dengan total fase. Hasil analisa secara XRD berupa difraktogram. Derajat kristalinitas dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menentukan fasa kristalin dan fasa amorf pada difraktogram hubungan 2θ dengan intensitas hamburan sesuai Gambar 2.15 (Rabek, 1980).



Gambar 2.15 Fasa amorf dan fasa kristalin pada Difraktogram XRD

Fasa kristalin ditunjukkan dengan adanya puncak tajam pada difraktogram, sedangkan fasa amorf ditunjukkan dengan tidak adanya puncak tajam pada difraktogram (Rabek, 1980).

2.6.3 Ikatan silang

Ikatan silang adalah ikatan yang menghubungkan satu rantai polimer dengan rantai polimer yang lain. Ikatan silang terbentuk jika polimer memiliki gugus fungsi lebih dari dua. Pengaruh terbentuknya ikatan silang dapat menyebabkan (Sperling, 1986):

1. pembentukan cincin atau struktur heliks yang tidak aktif terutama jika dua ujung segmen terhubung oleh ikatan silang yang sama
2. berkurangnya gugus ujung karena terikat dengan jaringan yang terbentuk

Ikatan yang terjadi dapat berlangsung secara fisik, seperti ikatan hidrogen dan ikatan kimia yang melibatkan ikatan kovalen. Polimer berikatan silang umumnya membentuk polimer termoset.

Ikatan silang dapat terjadi karena transformasi ikatan resin dalam arah tiga dimensi, sehingga bahan berubah menjadi keras dan tidak larut (Burg and Bradford in Klein, 1966). Perubahan saat resin

mengalami pengerasan dikenal sebagai konversi atau mengalami pengikatan silang, *cross-linking*, akibat adanya reaksi kimia.

Umumnya polimer berikatan silang akan sulit larut, kecuali untuk ikatan silang ionik. Adanya pelarut akan menyebabkan polimer mengembang karena pelarut menembus jaringan dan derajat pengembangan akan dipengaruhi derajat ikatan silang dan afinitas antara pelarut dan polimer. Suatu polimer ikat silang yang tergebung oleh pelarut merupakan suatu gel. Jika partikel – partikel gel sangat kecil (300 – 1000 μm), maka disebut mikrogel. Mikrogel – mikrogel berkelakuan sebagai bulatan – bulatan yang tersusun rapat yang bisa tersuspensi dalam pelarut – pelarut (Steven, 2001).

2.6.4 Massa jenis

Jumlah serat dalam komposit biasanya dinyatakan sebagai fraksi volume, V_f terhadap volume komposit, V_c . Fraksi berat serat, W_f jika dihubungkan dengan fraksi volume sesuai dengan persamaan 2.4 (Crawford, 1989).

$$W_f = \frac{W_f}{W_c} = \frac{\rho_f v_f}{\rho_c v_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} V_f \quad (2.2)$$

Aturan pencampuran dalam material komposit umumnya digunakan untuk memperkirakan kekuatan tarik atau Modulus Young, E , bahan didasarkan pada fraksi volume matriks dan serat. Modulus Young juga dapat digunakan untuk memperkirakan harga massa jenis komposit berdasarkan fraksi berat serat. Dalam hal ini berlaku persamaan 2.3:

$$\rho_c = \rho_f V_f + \rho_m V_m = \rho_f V_f + \rho_m (1 - V_f) \quad (2.3)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang mulai bulan April 2009 sampai dengan Juli 2009.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan penelitian

Sampel sebagai bahan utama adalah satu set resin epoksi merek Avian dan bulu ayam kampung potong dari Pasar Sawojajar Malang.

3.2.2 Bahan kimia

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah : aquades, etanol teknis 96%, kristal KBr anhidrat, aseton teknis.

3.2.3 Alat penelitian

Alat – alat yang digunakan untuk pembuatan spesimen komposit yaitu : 1 pasang plat stainless steel ukuran 20 x 20 cm² dengan ketebalan 2 mm dan cetakan aluminium 3 x 8 cm² dengan ketebalan 1 mm, besi pejal tinggi 7 cm diameter 5 cm sebagai alat untuk meratakan, plat kaca ukuran 15 x 15 x 0,5 cm³, *syringe* 10 mL, seperangkat alat pemotong (pisau atau gunting), pinset, batang pengaduk plastik, tempat adonan plastik ukuran 7 x 7 cm, bungkus plastik tipis, mikrometer sekrup, desikator. Alat – alat pendukung lainnya yaitu : mesin *shaker* merek Edmund tipe 25, kompor listrik , oven, seperangkat pompa vakum, neraca analitik Mettler tipe AE 50, seperangkat alat untuk membuat pelet KBr, spektrofotometer FTIR Shimadzu IR-8400S, instrumen Difraksi Sinar-X (XRD) merek Philips tipe X'pert.

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, meliputi :

1. Pembuatan komposit
 - 1.1 Persiapan sampel
 - 1.2 Pencetakan komposit
2. Karakterisasi komposit bulu ayam dan resin epoksi
 - 2.1 Uji kelarutan komposit
 - 2.2 Penentuan massa jenis komposit
 - 2.3 Penentuan derajat kristalinitas secara XRD
 - 2.4 Penentuan struktur kimia secara FTIR
3. Analisis Hasil dan Analisis Data

3.4. Cara Kerja Penelitian

3.4.1 Pembuatan komposit

3.4.1.1 Persiapan sampel bulu ayam

Bulu ayam terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran. Selanjutnya bulu ayam direndam sambil diaduk dengan air panas pada suhu lebih kurang 80 °C dalam gelas kimia 250 mL. Bulu ayam ditiriskan dan dibersihkan kembali dari kotoran yang menempel. Kemudian bulu ayam direndam dengan etanol 96% dalam gelas kimia 250 mL sambil diaduk. Bulu ayam dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C selama 30 menit dan disimpan dalam desikator. Serat diambil pada bagian tengah bulu untuk menghomogenkan diameter serat, dipotong memanjang sealur tulang bulu dengan panjang lebih kurang 1 cm sedangkan tulang bulu tidak digunakan. Kemudian dikeringkan selama 30 menit dalam oven, dimasukkan dalam desikator dan disimpan dalam kantong plastik kedap udara. Teknik pemotongan serat bulu ayam terdapat pada Lampiran 8.

3.4.1.2 Pencetakan komposit

a. Variasi waktu pengeringan

Resin epoksi ditimbang 1,2 g, dituang ke dalam tempat adonan berukuran 7 x 7 cm² yang terbuat dari plastik. Resin epoksi yang telah dicampur *hardener* 1:1 (^{w/w}) diaduk sampai homogen. Ditambahkan bulu ayam 5% (^{w/w}) dan diaduk sampai homogen. Campuran dituang ke dalam cetakan *stainless steel* berukuran 3x8 cm² dan diratakan dengan pengaduk plastik, kemudian ditutup

dengan plastik tipis. Campuran resin-*hardener* dan bulu ayam diratakan satu arah menggunakan besi silinder pejal dengan tinggi 7 cm dan diameter 5 cm sampai rata dan ditutup lempeng *stainless steel*. Campuran dikeringkan dengan variasi waktu 6, 12, 18, dan 24 jam. Setelah kering, lempengan komposit diambil dan dipotong-potong dengan ukuran 1 x 3 cm². Lempeng yang diperoleh digunakan sebagai spesimen uji untuk karakterisasi.

b. Variasi komposisi serat

Resin epoksi ditimbang 1,2 g, dituang ke dalam tempat adonan berukuran 7x7 cm² yang terbuat dari plastik. Resin epoksi yang telah dicampur *hardener* 1:1 (^{w/w}) diaduk sampai homogen. Ditambahkan bulu ayam dengan komposisi 3%, 5%, 7% dan 9% (^{w/w}) dan diaduk sampai homogen. Campuran dituang ke dalam cetakan *stainless steel* berukuran 3 x 8 cm² dan diratakan dengan pengaduk plastik, kemudian ditutup dengan plastik tipis. Campuran resin-*hardener* dan bulu ayam diratakan satu arah menggunakan besi pejal dengan tinggi 7 cm dan diameter 5 cm sampai rata dan ditutup lempeng *stainless steel* yang. Campuran dikeringkan selama 12 jam. Setelah kering, lempengan komposit diambil dan dipotong-potong dengan ukuran 1 x 3 cm². Lempeng yang diperoleh digunakan sebagai spesimen uji untuk karakterisasi.

3.4.2 Karakterisasi komposit

3.4.2.1 Uji kelarutan komposit

Spesimen komposit (m_0) dimasukkan dalam botol film yang berisi pelarut aseton sebanyak 10 mL. Dikocok menggunakan *shaker* lebih kurang 15 menit dengan kecepatan 150 rpm. Dikeringkan dengan pompa vakum pada tekanan 400 mmHg lebih kurang 15 menit. Dimasukkan dalam desikator dan dibiarkan selama satu hari. Selanjutnya ditentukan massa akhirnya (m_1).

3.4.2.2 Penentuan massa jenis

a. Bulu ayam

Piknometer yang telah di siapkan ditimbang massa kosongnya (m_1), diisi air sampai penuh dan ditutup. Ditentukan massa piknometer yang terisi air (m_2). Penentuan ini digunakan untuk menentukan massa jenis air. Bulu ayam serat pendek, diambil beberapa bagian untuk di timbang massanya (m_5). Setelah itu, bulu

ayam dimasukkan kedalam piknometer yang telah dikurangi airnya hingga sepertiga bagian. Piknometer diisi air lagi hingga penuh dan ditentukan massanya (m_3). Untuk mengetahui volume air yang hilang karena adanya bulu ayam ($V_{\text{bulu ayam}}$), dihitung massa air tanpa bulu ayam (m_7) yang didapatkan dari pengurangan massa air dan bulu ayam (m_4) dan massa bulu ayam. Massa jenis bulu ayam didapat dengan membagi antara massa bulu ayam dengan volumenya, sesuai persamaan 3.2:

$$\rho_{\text{air}} = \frac{m_6}{v_{\text{piknometer}}} = \frac{m_2 - m_1}{v_{\text{piknometer}}} \quad (3.1)$$

$$\rho_{\text{bulu}} = \frac{m_5}{v_{\text{bulu ayam}}} = \frac{m_5}{v_{\text{piknometer}} - v_{\text{air}}} \quad (3.2)$$

Volume bulu ayam adalah selisih antara volume air dalam piknometer dengan volume air piknometer dengan adanya bulu ayam.

b. Resin epoksi

Resin epoksi yang diambil menggunakan *syringe* lebih kurang 1 mL, dimasukkan ke dalam botol film yang sudah diketahui massa kosongnya. Kemudian ditentukan massa resin epoksi dan botol film. Massa jenis diperoleh dengan membagi antara massa resin epoksi dengan volumenya, sesuai dengan persamaan 3.4:

$$\rho_{\text{resin epoksi}} = \frac{\text{massa resin epoksi}}{\text{volume resin epoksi}} \quad (3.3)$$

c. Komposit

Spesimen komposit yang dibuat diukur panjang, lebar dan tebalnya menggunakan penggaris dan mikrometer sekrup, kemudian dihitung volumenya. Ditentukan massa spesimen dengan menimbanginya. Massa jenis ditentukan dengan membagi massa spesimen dengan volume spesimen. Perlakuan dilakukan untuk semua spesimen yang dibuat.

$$\rho_{\text{komposit}} = \frac{\text{massa komposit}}{\text{volume komposit}} \quad (3.4)$$

Massa jenis komposit dapat juga ditentukan dengan menggunakan piknometer.

3.4.2.3 Derajat pengembangan komposit

Spesimen komposit (m_0) dimasukkan dalam botol film yang berisi pelarut aseton sebanyak 10 mL. Dikocok menggunakan *shaker* lebih kurang 15 menit dengan kecepatan 150 rpm. Dikeringkan dengan pompa vakum pada tekanan 400 mmHg lebih kurang 15 menit dan ditimbang massanya sebagai m_1 .

3.4.2.4 Penentuan derajat kristalinitas secara XRD

Spesimen resin epoksi-*hardener* dan komposit ditentukan derajat kristalinitasnya dengan instrumen difraksi sinar-X. Spesimen dimasukkan dalam *sampleholder* dan diletakkan dalam alat XRD. Kemudian dilakukan analisis untuk harga 2θ mulai 5° hingga 90° .

3.4.2.5 Analisa gugus fungsi

a. Resin epoksi - *hardener*

Pengambilan spektrum untuk campuran resin-*hardener* dilakukan dalam bentuk film tipis. Resin ditimbang seberat 0,5 g dan dicampur *hardener* dengan perbandingan 1: ($\%w/w$) hingga homogen. Campuran dituang di atas plat *stainless steel* 20 x 20 cm² yang sudah dilapisi dengan plastik. Kemudian diratakan dengan sendok plastik, dilapisi plastik dan diratakan satu arah dengan besi pejal dengan panjang 7 cm dan diameter 5 cm sampai didapat bentuk film yang transparan. Setelah kering film dipotong dengan ukuran tertentu untuk dianalisis menggunakan FT-IR.

b. Komposit

Analisa gugus fungsi komposit yang sudah mengeras dilakukan dalam bentuk pelet KBr. Spesimen yang sudah ada ditepungkan dengan cara memotong kecil – kecil dan menghaluskan menggunakan mortar. Kemudian di campur dengan serbuk KBr dan dibuat pelet dengan bantuan dongkrak hidrolik.

3.5 Analisa Data

Data penentuan massa jenis komposit dianalisis dengan uji F menggunakan metode analisis ragam pola rancangan acak lengkap sederhana, dengan derajat $\alpha = 5\%$. Apabila terdapat perbedaan di antara perlakuan, diuji lebih lanjut dengan uji beda nyata terkecil.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Waktu Pengeringan Komposit Bulu Ayam

Pada penelitian ini pembuatan komposit terlebih dahulu dilakukan untuk komposisi 5% bulu ayam (w/w) dengan variasi waktu 6, 12, 18 dan 24 jam pada temperatur ruang. Komposit yang dihasilkan diamati berdasarkan tingkat kekeringan secara manual menggunakan tangan. Komposit dengan lama pengeringan 6 jam masih belum kering ditandai dengan sifatnya yang masih lengket, sedangkan komposit dengan lama pengeringan 12 jam sudah tidak lengket. Demikian juga untuk komposit dengan lama pengeringan 18 dan 24 jam. Hasil ini juga didukung dengan kekakuan bahan komposit. Setelah 12 jam komposit yang terbentuk sudah mulai kaku. Komposit yang kering dan kaku kemungkinan disebabkan resin epoksi-*hardener*-bulu ayam telah bereaksi sempurna. Pada percobaan ini sebagai pendukung terhadap dugaan ini maka dilakukan uji kelarutan komponen komposit.

Uji kelarutan dilakukan dengan cara melarutkan sejumlah komposit pada berbagai lama penyimpanan kemudian dikeringkan dan dianalisa secara gravimetri. Selisih massa komposit setelah pelarutan, dinyatakan sebagai persen perubahan massa dengan cara perhitungan dan data lengkap (duplo) dicantumkan pada Lampiran 4.

Tabel 4.1. Pengaruh pelarutan terhadap perubahan massa komposit pada berbagai waktu penyimpanan

Waktu (jam)	Rata-rata perubahan massa (%)
6	-5,09
12	0,50
18	1,40
24	1,34

Hasil pada Tabel 4.1 memperlihatkan bahwa saat disimpan 6 jam masih ada komponen komposit yang terlarut dalam aseton sehingga komposit kehilangan massa sebesar 5,09%. Hal ini menunjukkan bahwa masih adanya resin epoksi yang dapat larut

dalam aseton disebabkan belum semua resin bereaksi dengan *hardener* dan penguat bulu ayam. Hasil ini didukung dengan adanya noda kuning mengkilat pada dasar wadah (identik dengan warna resin-*hardener*) setelah semua pelarut diuapkan. Setelah 12 jam tidak ada lagi resin yang larut karena telah habis bereaksi dan terjadi kenaikan massa. Kenaikan massa komposit untuk waktu 12 jam setelah pelarutan kemungkinan terjadi karena komposit memiliki ikatan silang sehingga pelarut terjebak dalam jaringan (Sperling, 1986). Atas dasar hal ini maka pada penelitian ini lama penyimpanan komposit dilakukan minimal selama 12 jam.

4.2 Penentuan Komposisi Komposit Bulu Ayam

Komposisi resin dan penguat yang digunakan pada penelitian ini adalah 3, 5, 7 dan 9% (^w/_w) dengan lama penyimpanan 12 jam. Hasil komposit yang diperoleh berwarna kuning dengan tingkat keburaman warna dan kekakuan yang berbeda-beda. Komposit yang dihasilkan dilakukan *hedonic test* kepada 12 responden untuk mengetahui tingkat keburaman dan kekakuan, hasilnya disimpulkan pada Tabel 4.2. Sebagai pendukung pada Lampiran 7 ditampilkan data frekuensi jawaban *hedonic test* responden tentang warna dan kekakuan komposit dan pada Lampiran 9 diberikan foto hasil komposit.

Tabel 4.2 Sifat fisik komposit bulu ayam pada berbagai komposisi

Komposisi bulu ayam(%)	Warna	Sifat mekanik (kekakuan)
3	****	*
5	***	**
7	**	***
9	*	****

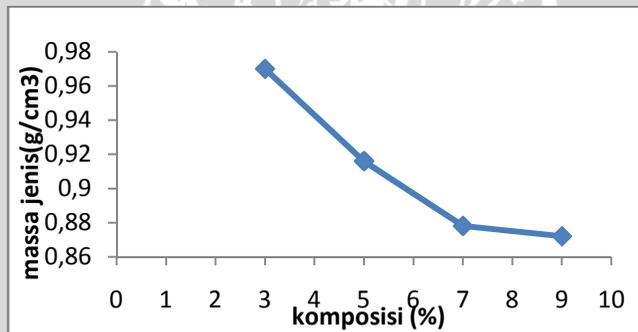
Keterangan: * = sangat buram / lentur sekali
 ** = buram / lentur
 *** = terang / kaku
 **** = sangat terang / sangat kaku

Hasil pada Tabel 4.2. diketahui bahwa semakin besar massa bulu ayam, maka komposit yang dihasilkan semakin kaku dan buram dan sebaliknya, komposit dengan massa bulu ayam paling kecil memiliki warna paling terang dan kekakuan paling rendah. Kekakuan

komposit ini terutama karena semakin banyaknya ruang dalam komposit yang terisi bulu ayam. Sesuai dengan perannya, maka bulu ayam sebagai penguat komposit, menyebabkan komposit semakin kaku (Mallick, 1983). Selanjutnya hasil komposit dikarakterisasi lebih lanjut berdasarkan parameter sifat fisik, meliputi massa jenis dan perkiraan ikatan silang berdasarkan uji pengembangan.

4.2.1 Massa jenis komposit

Massa jenis merupakan salah satu karakter komposit yang penting karena komposit memiliki ciri khas bahan kuat dengan massa jenis yang kecil. Pada penelitian ini massa jenis komposit diukur berdasarkan dimensinya (massa dalam volume). Hasil pengukuran massa jenis terhadap komposisi ditunjukkan pada Gambar 4.1. Secara lengkap cara perhitungan dan data dicantumkan pada Lampiran 5.



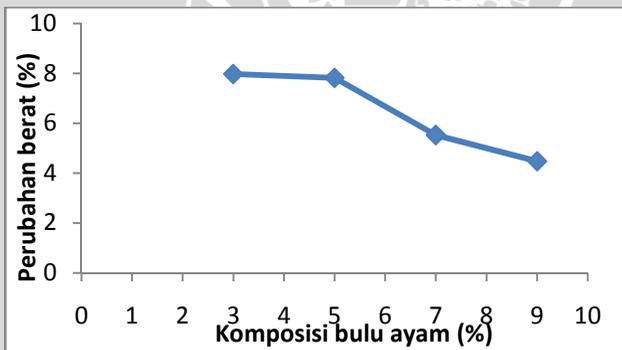
Gambar 4.1 Grafik hubungan perbandingan komposisi dan massa jenis komposit

Hasil pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa terjadi penurunan massa jenis untuk setiap peningkatan komposisi bulu ayam terhadap resin. Massa jenis komposit turun sampai dengan komposisi 7% bulu ayam, kemudian komposisi 9% bulu ayam penurunan massa jenis tidak memberikan beda nyata (Lampiran 6). Penurunan massa jenis komposit dengan bertambahnya massa bulu ayam dikarenakan massa jenis bulu ayam (0,133 g/mL) yang lebih kecil dibandingkan dengan massa jenis resin epoksi (1,18 g/mL). Dengan demikian, semakin banyak bulu ayam, ruang dalam komposit semakin terisi oleh bulu ayam. Parameter massa jenis merupakan besaran yang bersifat aditif sesuai fraksi volume setiap

komponen dalam komposit. Hal ini sesuai dengan aturan atau hukum pencampuran (persamaan 2.3). Berdasarkan hasil ini diperoleh bahwa komposisi optimum adalah 7% bulu ayam. Sebagai pendukung hasil ini maka pada penelitian ini dilakukan analisis derajat pengembangan.

4.2.2. Derajat pengembangan

Adanya struktur jaringan dalam komposit akan menyebabkan pelarut yang berdifusi terjebak dan membentuk gel sehingga meningkatkan massa komposit. Atas dasar hal ini maka derajat pengembangan (*swelling index*) dilakukan dengan cara merendam komposit dalam pelarut aseton. Kemudian dianalisis berdasarkan perubahan massa. Nilai konversi atau derajat ikatan silang dapat diperkirakan melalui analisis perubahan intensitas vibrasi gugus oksiran pada bilangan gelombang 913 dan 862 cm^{-1} spektrum IR. Cara lain adalah melalui penentuan derajat pengembangan saat material kontak dengan pelarut. Secara termodinamika, fenomena pengembangan polimer dalam pelarut akan berhubungan dengan derajat ikatan silang (Burge, *et.al.*, 1966 dalam Kline, 1966). Perhitungan secara lengkap pada Lampiran 4.



Gambar 4.2 Grafik hubungan perbandingan komposisi dan perubahan massa komposit

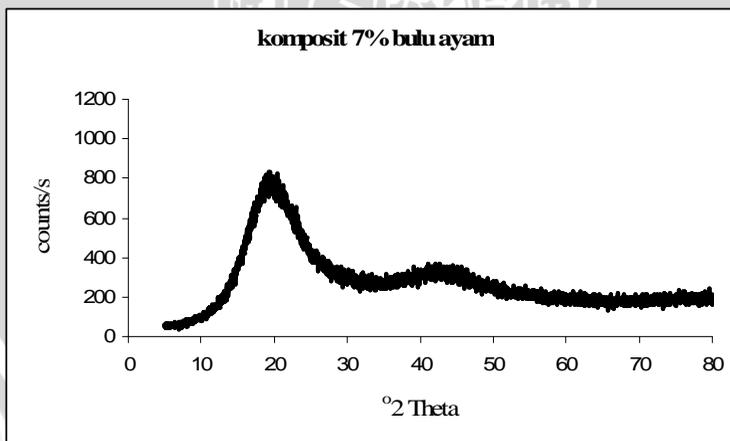
Berdasarkan kurva pada Gambar 4.2 tampak bahwa komposisi 3% dan 5% bulu ayam memberikan perubahan massa yang hampir sama sehingga dimungkinkan pada komposisi ini derajat ikatan silang juga sama. Tetapi saat komposisi 7% bulu ayam, terjadi penurunan yang cukup berarti sehingga menunjukkan bahwa

derajat ikatan silang juga semakin tinggi. Perubahan massa komposit setelah dilakukan pelarutan dapat terjadi karena adanya ikatan silang mengakibatkan pelarut akan berdifusi memasuki jaringan pada komposit dan hanya menyebabkan terjadinya pengembangan atau *swelling*. Hal ini terjadi karena adanya ikatan silang ini akan menyebabkan afinitas pelarut aseton terhadap resin menjadi berkurang (Sperling, 1986).

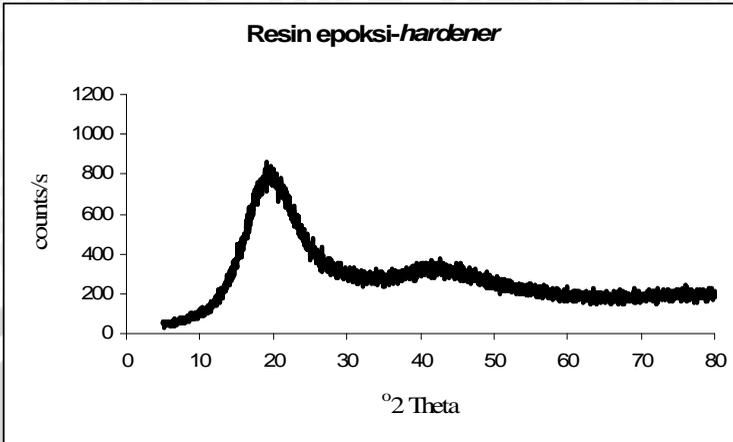
Komposisi 9% bulu ayam menunjukkan penurunan massa sehingga kemungkinan ikatan silang antara resin-*hardener*-penguat juga bertambah. Namun komposisi ini tidak dipilih sebagai komposisi optimum karena komposit ini terlalu kaku, mudah patah dan memiliki massa jenis yang relatif sama dengan komposisi 7% bulu ayam. Atas dasar hasil ini maka komposit dengan komposisi 7% bulu ayam dianalisis lebih lanjut untuk memperkuat dugaan terjadinya ikatan silang yang cukup tinggi. Hal ini dapat dilakukan berdasarkan harga derajat kristalinitasnya.

4.3 Penentuan Derajat Kristalinitas

Suatu material dapat dikategorikan kristalin jika memiliki derajat keteraturan atau orientasi molekul yang tinggi. Analisis XRD pada penelitian ini digunakan untuk menjelaskan terjadinya ikatan silang pada komposit resin epoksi-*hardener*-bulu ayam kemudian dibandingkan dengan campuran resin-*hardener* yang telah mengeras.



Gambar 4.3. Difraktogram Sinar-X Resin epoksi-*hardener*-bulu ayam



Gambar 4.4. Difraktogram Sinar-X Resin epoksi-hardener

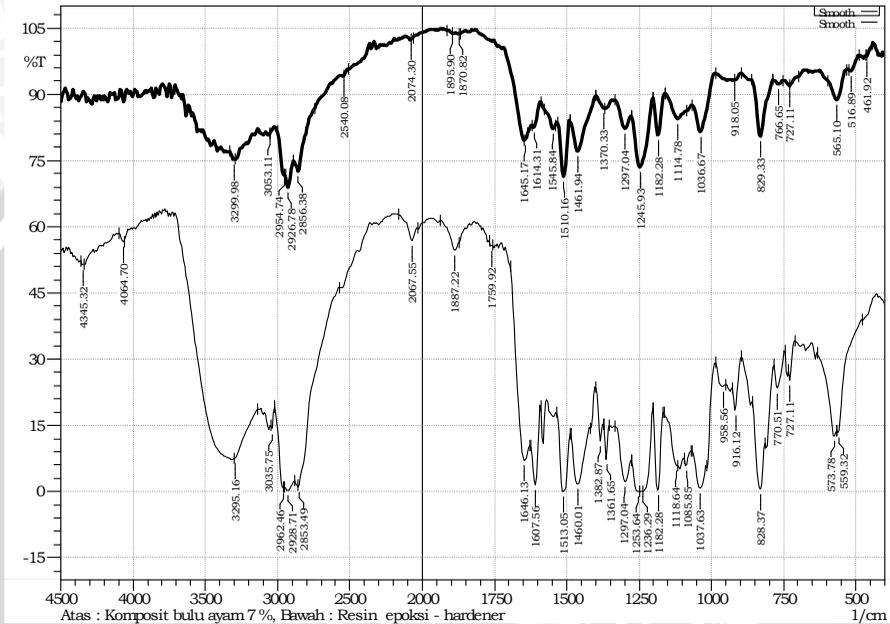
Berdasarkan difraktogram pada Gambar 4.3, komposit resin epoksi-*hardener*-bulu ayam tidak memiliki daerah kristalin ditandai dengan tidak adanya puncak tajam. Demikian juga untuk difraktogram resin epoksi-*hardener* pada Gambar 4.4. Menurut Sperling (1986) fasa amorf komposit dapat terjadi bila antara resin, *hardener*, dan penguat terbentuk ikatan silang dengan kerapatan tinggi sehingga terbentuk struktur yang tak teratur.

Hasil ini menunjukkan bahwa baik campuran resin-*hardener* maupun komposit resin epoksi dan bulu ayam bersifat amorf. Fasa amorf yang terbentuk, membuktikan pada kedua bahan terbentuk ikatan silang dengan kerapatan tinggi. Oleh karena itu, untuk membedakan adanya penguat serat bulu ayam pada pembentukan ikatan resin-penguat masih perlu analisis lebih lanjut. Kemungkinan perbedaan keduanya dapat diamati dari sifat mekanik yang belum dapat dilakukan karena keterbatasan instrumen analisis. Sebagai informasi tambahan maka pada penelitian ini dilakukan analisis spektrofotometri FTIR untuk memperkirakan perbedaan ikatan yang terjadi antara resin-*hardener* dan komposit resin epoksi-bulu ayam.

4.4 Penentuan Gugus Fungsi

Penentuan gugus fungsi dilakukan menggunakan spektrofotometer IR. Sampel campuran resin-*hardener* dan komposit resin-bulu ayam dipreparasi terlebih dahulu menggunakan pellet

KBr. Analisis gugus fungsi berguna untuk mengetahui ikatan yang terbentuk antara bulu ayam dan resin epoksi. Penentuan gugus fungsi dilakukan untuk komposit resin-*hardener*-bulu ayam dengan komposisi 7% bulu ayam.



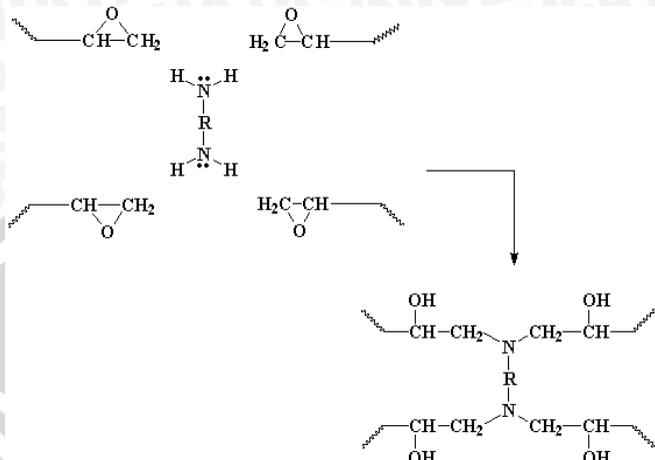
Gambar 4.5. Spektra IR resin epoksi – *hardener* dan resin epoksi – *hardener* – bulu ayam 7% (w/w)

Adanya cincin oksiran atau gugus epoksi ditandai dengan adanya puncak serapan antara lain di 913 dan 862 cm^{-1} . Semakin besar berat molekul resin atau campuran resin maka karakter gugus epoksi akan semakin berkurang (Hummel, 1971; Snell and Ettre, 1971). Bila dibandingkan antara resin yang telah mengeras dan komposit tampak bahwa puncak di 862 cm^{-1} untuk keduanya tidak nampak, tetapi di 916 cm^{-1} puncak pada resin masih lebih tajam dibandingkan dengan komposit. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah gugus epoksida yang berikatan dalam komposit lebih banyak dibandingkan dalam campuran resin. Secara lebih rinci hasil analisis spektrum FTIR (Gambar 4.5) dirangkum dalam Tabel 4.3 (Mohan, 2003; Hummel, 1974).

Tabel 4.3 Hasil interpretasi spectrum FTIR untuk campuran resin-hardener dan komposit resin epoksi-bulu ayam

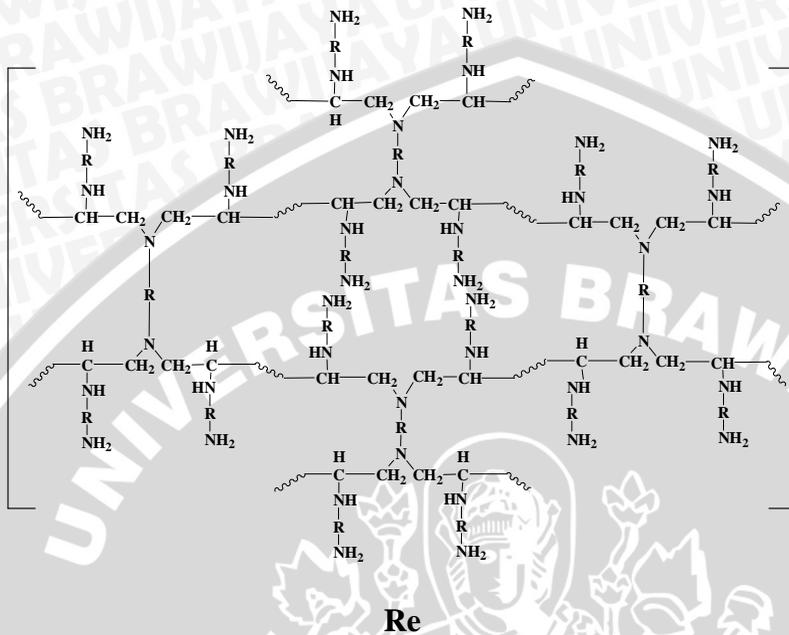
No	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Dugaan Gugus Fungsi dan interpretasi
	Resin-hardener	komposit	
1	3295	3299	-N-H dari -NH ₂ ; berikatan hidrogen
2	2928	2927	Ulur -C-H dari -CH atau -CH ₂
3	2855	2856	Ulur -C-H dari -CH atau -CH ₂ simetrik
4	1646	1645	Ulur -C=O dari gugus amida sekunder suatu poliamida linier; di komposit lebih tajam dibanding resin
5	2067	-	Puncak sangat lemah dari ulur -O-H dari molekul air
6	-	1545	coupling antara ulur -C-N dan bending -N-H
7	1513	1510	cincin bensen di-substitusi para
8	1460	1461	bending -CH ₂ trans
9	1254-1236	1246	ulur simetrik -C-O untuk ikatan antara bagian alifatik dan aromatik
10	1119	1114	ulur -C-O alifatik
11	916	918	gugus epoksi, di resin lebih tajam dibanding komposit
12	828	829	cincin bensen di-substitusi para
13	-	570-461	ulur S-S

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.3 maka dalam campuran resin-hardener kemungkinan reaksi yang terjadi terdapat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Reaksi antara resin dan *hardener*

Berdasarkan Gambar 4.6, maka akan tampak puncak dari gugus -OH, namun dari spektrum FTIR hal ini tidak terlihat. Kemungkinan hilangnya gugus hidroksil disebabkan jumlah *hardener* dalam campuran berlebih sehingga lebih tampak adanya gugus -NH₂. Tidak tampaknya vibrasi -OH kemungkinan gugus tersebut bereaksi dengan gugus fungsi -NH₂ dari *hardener* sisa melalui reaksi kondensasi membentuk ikatan -C-N- dan melepaskan molekul H₂O. Dugaan ini didukung oleh adanya puncak sangat lemah dari ulur -O-H di 2067cm⁻¹ (Hummel, 1974). Jika jumlah gugus epoksi dan *hardener* cukup banyak maka ikatan silang terjadi melalui reaksi pada Gambar 4.7 , sehingga dihasilkan kerapatan ikatan silang yang tinggi dan keteraturan rendah.



Gambar 4.7. Campuran resin-*hardener* berikatan silang

Adapun untuk komposit, adanya gugus amida yang lebih tajam menunjukkan keberadaan protein dari bulu ayam. Timbulnya puncak di daerah 1545 cm^{-1} untuk komposit menunjukkan kemungkinan ikatan antara resin dan serat adalah melalui jembatan gugus amina dari *hardener*. Hal ini juga didukung dengan berkurangnya karakter gugus amina bila dibandingkan tinggi puncak untuk ulur -N-H dengan di-substitusi bensen di 1510 cm^{-1} . Diperkirakan reaksi yang terjadi adalah terbentuknya ikatan antara asam amino selain sistein (kemungkinan lisin) dengan gugus fungsi dari *hardener*-resin.

Ikatan antara gugus aktif pada protein bulu ayam dengan gugus amina dari *hardener* terjadi melalui gugus karboksil. Gugus aktif keratin, S-H tidak akan berikatan dengan gugus amina *hardener* karena konformasi amida pada keratin adalah α -helix melalui ikatan S-S. Adanya ikatan S-S ditunjukkan pada daerah $516\text{-}461\text{ cm}^{-1}$. Berdasarkan hasil spektrum FTIR maka kemungkinan besar ikatan yang terjadi adalah melalui ikatan gugus -N-H dari *hardener* dengan

gugus $-O-H$ dari karboksil asam amino lisin. Kemudian setelah mengalami kondensasi terbentuk ikatan C-N.

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa serat bulu ayam sebagai bahan buangan dimungkinkan digunakan untuk penguat pada komposit dengan resin epoksi. Namun demikian, masih perlu informasi secara lebih menyeluruh agar dapat diketahui peran serat bulu ayam dalam pembentukan ikatan serta pengaruh penguat bulu ayam terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji coba pembuatan komposit yang dibuat dari matriks resin epoksi dan penguat bulu ayam diperoleh bahwa:

1. Komposisi optimum pembuatan komposit adalah dengan penguat serat bulu ayam 7% (w/w).
2. Karakteristik komposit yang dihasilkan memiliki massa jenis 0,878 g/mL bersifat amorf dengan kerapatan ikatan silang tinggi. Ikatan yang terjadi antara resin dan penguat adalah melalui kondensasi gugus amina dari *hardener* dengan gugus -O-H dari karboksil asam amino lisin .

5.2 Saran

Karakterisasi komposit masih perlu dilengkapi sehingga dapat diketahui peran penguat bulu ayam pada pembentukan ikatan. Masih perlu dilakukan analisis sifat mekanik agar diketahui pemanfaatan komposit yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Acda, Menando. 2008. **Dari Bulu Ayam Jadilah Rumah**, www.tempointeraktif.com , diakses tanggal 10/12/2008.
- Anonymous¹. 2009. **Lysine**. www.umm.edu, diakses tanggal 12/12/2009.
- Anonymous². 2009. **Manufacturing Composites**. www.netcomposites.com/education.asp2.htm, diakses tanggal 21/05/2009.
- Akahane K., Murozono S., Murayama K. 1977. **Soluble proteins from fowl feather keratin I. Fractionation and properties**, J. Biochem. (Tokyo) 81, 11-18.
- Campbell L.A. and H.A. Campbell. 2008. **What is A Crystal?** www.chemistry.co.nz/crystals_defined.htm, diakses tanggal 24/02/2009.
- Chawla, K.K. 1987. **Composite Material**. Spinger-Verlag. New York
- Crawford, R.J. 1989. **Plastic Engineering**, 2nd Edition. Pergamon Press. UK.
- Ellis, Bryan. 1993. **Chemistry and Technology of Epoxy Resin**. Blackie Academic & Profesional. Glasgow.
- Hadiyawardan, Agus. Rijal., Bebeh W. Nuryadin, Mikrajuddin. Abdullah, dan Khairurrijal. 2008. **Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan dan Transparan Menggunakan Metode Simple Mixing**. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi Vol. 1 No.1.
- Hakim, Azki. 2005. **Teknologi Material Komposit**. www.forumsains.com, diakses tanggal 10/12/2008.
- Hartadi, H.,S. dan Tillman, A.D. 1997. **Tabel Komposisi Pakan untuk Indonesia**. Gadjah Mada University Press .
- Hartomo, A. J., Rusdiharsono, A., Hardjanto, D. 1992. **Memahami Polimer dan Perakat**. ANDI OFFSET. Yogyakarta.

- Hendra, M.S. 2002. **Pengendalian Bahan Teknik**.
www.usu.library.ac.id, diakses tanggal 9/01/2009.
- Hummel, D.O. 1974. **Polymer Spectroscopy**. John-Wiley & Sons. Inc. New York.
- Kline, G.M. 1966. **Epoxy Resins in Analytical Chemistry of Polymers**, part 1, 3rd ed. Interscience Publishers Inc. New York.
- Joshi, S., Drzal, L.T., and Mohanty, A.K.. 2003. **Are Natural Fiber Composites Environmentally Superior to Glass Fiber Reinforced Composites?**. Michigan State University, International LCA Conference. Seattle.
- Lehninger, A.L. 1982. **Principles of Biochemistry**. Worth Publisher, Inc. Maryland.
- Lubin, George. 1982. **Handbook of Composites**. Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- Mallick, P.K. 1983. **Fiber Reinforced Composites**. Maecell Dekker, Inc. New York.
- Matthews, F.L., and Rawlings, R.D. 1994. **Composite Materials; Engineering & Science**. Chapman & Hall. New York.
- Mohan, Jag. 2003. **Organic Analytical Chemistry Theory and Practice**. Alpha Science International Ltd. India.
- Purboputro, P.I. 2006. **Pengaruh Panjang Serat terhadap Kekuatan Impak Komposit Enceng Gondok dengan Matriks Poliester**. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah. Surakarta.
- Rabek, J.F. 1980. **Experimental Method in Polymer Chemistry : Physical Principles and Applications**. John Willey and Sons. New York.
- Raghavendra, R.H., M.G. Kamath., and Atul Dahiya. 2008. **Polymer Crystallinity**.
web.utk.edu/~mse/Textiles/Polymer%20Crystallinity.htm,
diakses tanggal 29/12/2008.

- Schwartz MM. 1997. **Composite Materials: Properties, Nondestructive Testing, and Repair**, v. 1. USA. Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Snell-Ettre. 1971. **Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis**, v. 12. John-Wiley & Sons. Inc. New York.
- Sperling, L.H. 1986. **Introducing to Physical Polymer Science**. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Steven, M.P. 2001. **Kimia Polimer**, Cetakan pertama, diterjemahkan oleh Sopyan L. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sumardi T.P., Zulfa A., Basukriadi A., Raditya D., dan Rahman F. 2003. **Rekayasa dan Manufaktur Bahan Komposit Berpenguat Serat Limbah Pisang Sebagai Bahan Interior Otomotif dan Pesawat Terbang**. Hibah Bersaing X, DP3M-DIKTI, Jakarta.
- Surdia, T. dan Saito, S. 1993. **Pengetahuan Bahan Teknik**. Penerbit Paramita. Jakarta.
- Tsai, SW., & Hahn, HT. 1980. **Intodruction to Composite Material**. West Port, Tecnominc Publishing Co.
- Udiati, U., Puastuti, W., dan Mathius, I.W., 2003. **Bulu Unggas Untuk Pakan Ruminansia. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian**, Volume 25 No. 6.
- Vaughan, D.J. and McPherson, E.L. 1986. **The effect of Adverse Environmental Conditions on the Resin-Glass Interface of Epoxy Composites**. Advanced Research Projects Agency, Dept. Defense. Ohio.
- Walsh, Glyn. 2001. **The Products we rely on – Part 2 Spectacle frame materials**. FCOptom September 7.
- West, A.R. 1984. **Solid State Chemistry and Its Applications**. John Wiley and Sons, Ltd. Singapura.
- Willard, H.H., L.L. Merit, and J.A. Dean, 1998, **Instrumental Method for Analysis**, Wardsworth Inc., New York
- Wrześniewska, K.-Tosik, Janusz, Adamiec. 2007. **Biocomposites with a Content of Keratin from Chicken Feathers**. Institute of Biopolymers and Chemical Fibres, ul. M.

Skłodowskiej-Curie 19/27, 90-570 Łódź, Poland FIBRES
& TEXTILES in Eastern Europe January / March , Vol.
15, No. 1 (60).

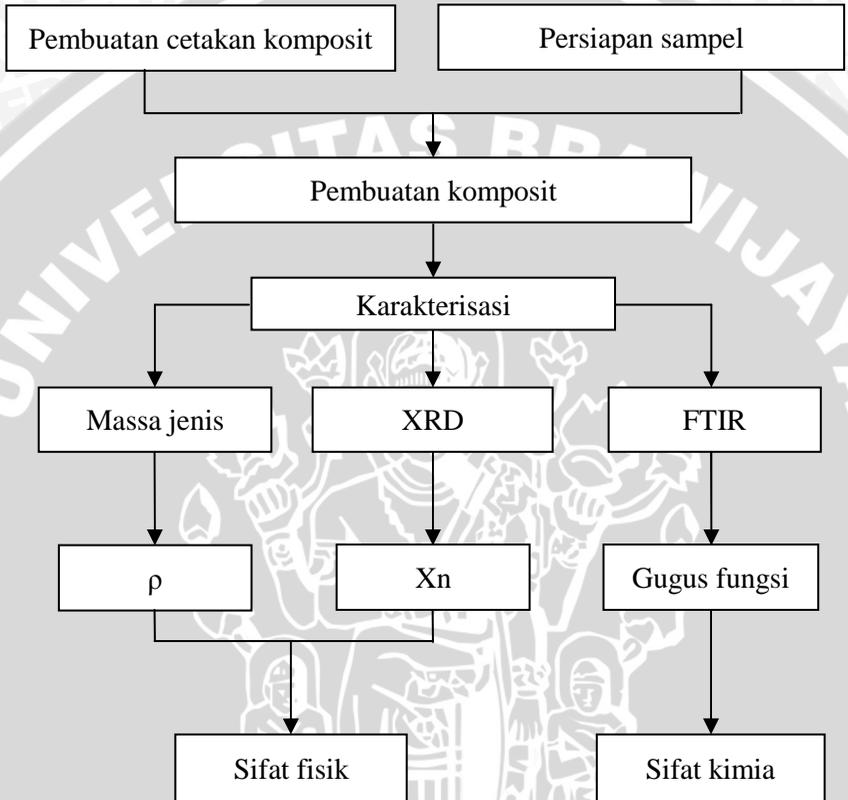
Yan Li, EPA. 2007. **Biodegradable Thermoplastic Natural Fiber
Composite**. Environmental Protection Agency SBIR. US.

Yudhanto, Arief. 2008. **Aplikasi Material Komposit Di Industri
Migas**. www.halamansatu.net, diakses tanggal 10 Desember
2008.



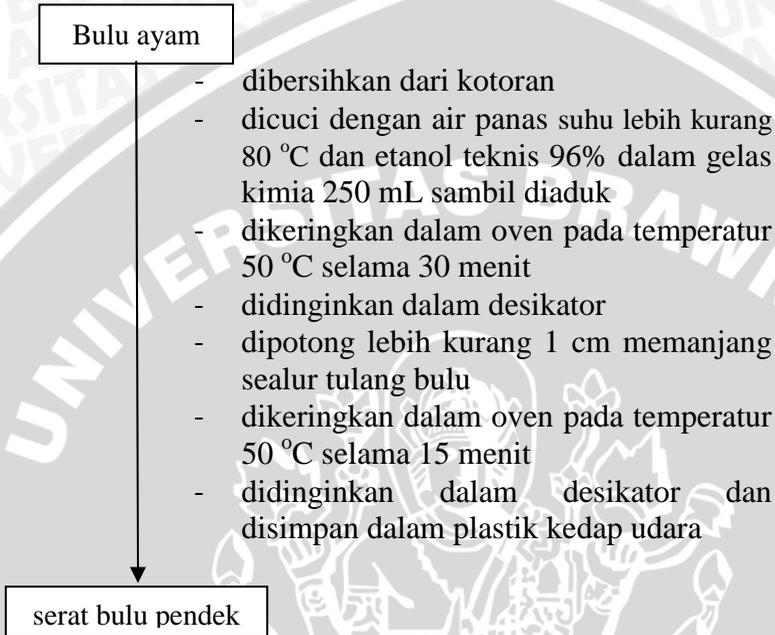
LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian



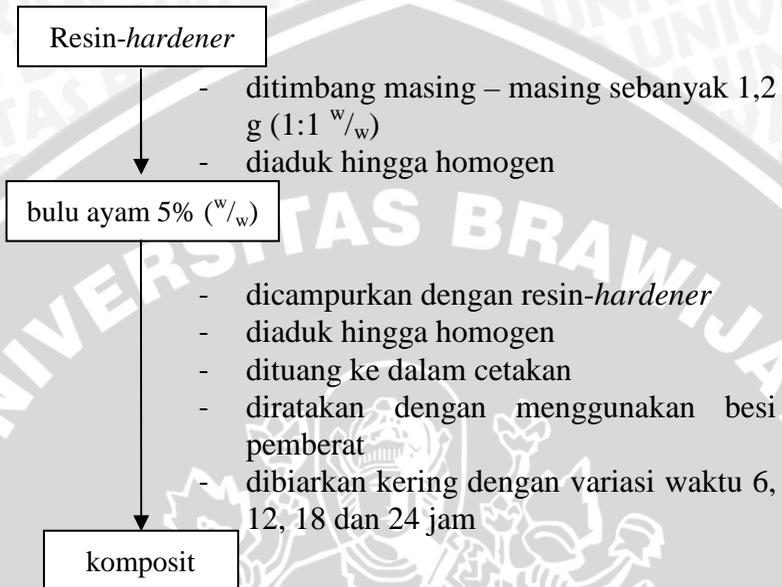
Lampiran 2. Diagram Alir Pembuatan Komposit

L.2.1 Persiapan sampel

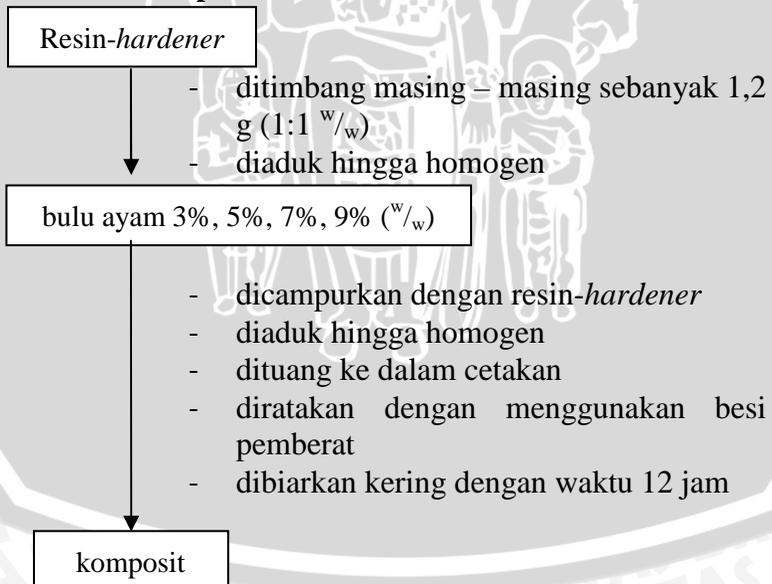


L.2.2 Pembuatan komposit

L.2.2.1 Variasi waktu

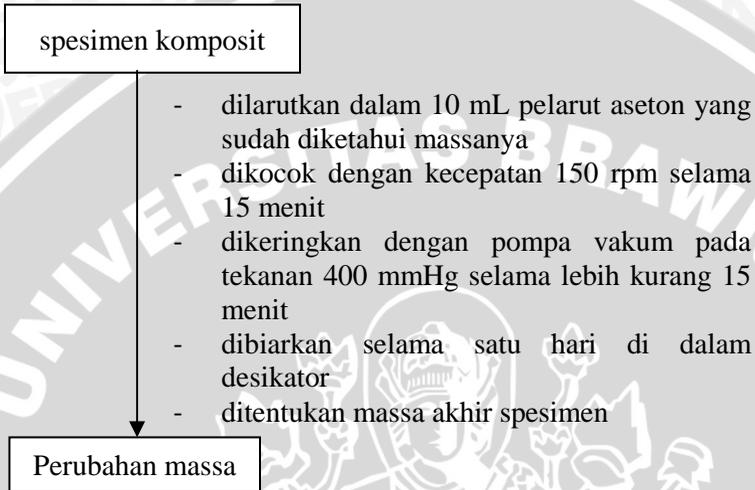


L.2.2.1 Variasi komposisi

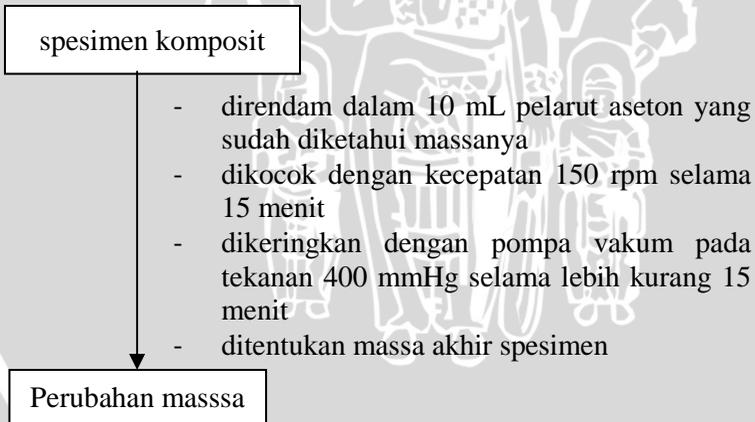


Lampiran 3. Diagram Alir Karakterisasi Komposit Bulu Ayam dan Resin Epoksi

L.3.1 Uji kelarutan komposit

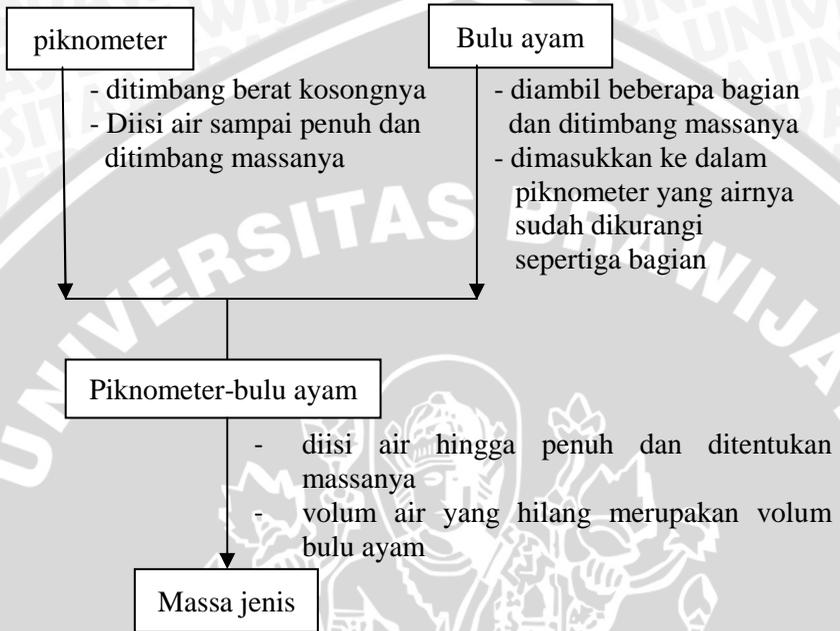


L.3.2 Derajat pengembangan

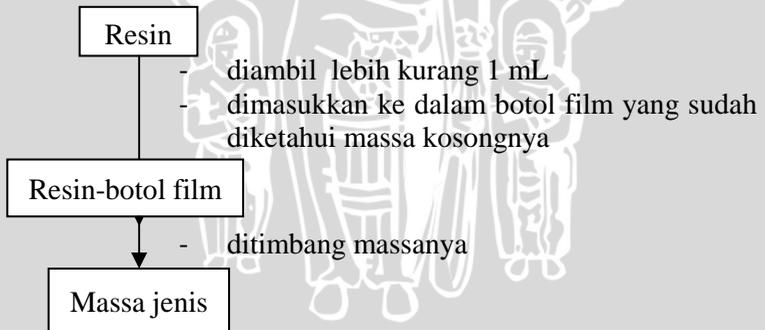


L.3.2 Penentuan massa jenis

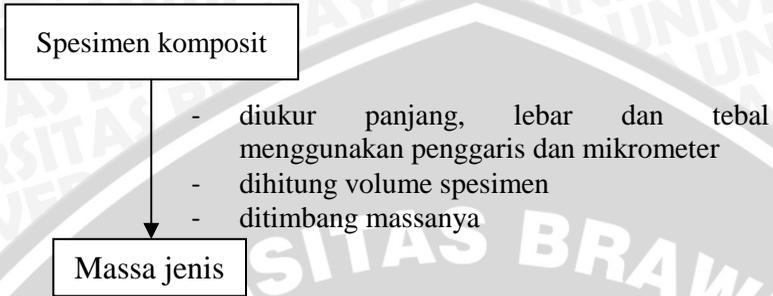
a. Bulu ayam



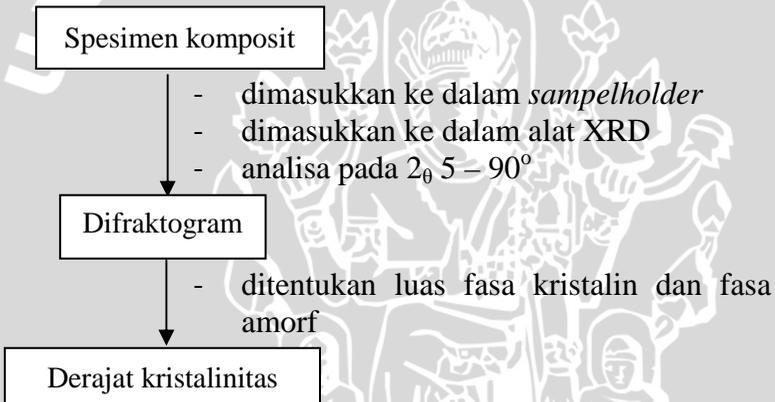
b. resin



c. komposit



L.3.3 Penentuan Derajat Kristalinitas secara XRD



L.3.4 Penentuan Struktur Kimia secara FTIR

L.3.4.1 resin + *hardener*

Spesimen resin-*hardener*

- dibuat jadi film tipis
- dimasukkan ke dalam *sampleholder* dan diletakkan di alat spektrofotometer FTIR
- analisa

Spektrum IR

- diinterpretasikan

Gugus fungsi

L.3.4.2 komposit bulu ayam dan resin epoksi

Spesimen komposit bulu ayam dan resin epoksi

- dipotong dan dihaluskan sampai jadi serbuk
- dicampur dengan serbuk KBr
- dibuat pellet
- dimasukkan ke dalam *sampleholder* dan diletakkan di alat spektrofotometer FTIR
- analisa

Spektrum IR

- diinterpretasikan

Gugus fungsi

Lampiran 4. Perhitungan % perubahan massa komposit

L 4. 1 Data variasi waktu penyimpanan

Contoh Perhitungan % perubahan massa komposit

$$\text{perubahan massa (\%)} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\%$$

m_0 = massa awal komposit = 0,326 g

m_1 = massa akhir komposit = 0,310 g

$$\begin{aligned} \text{perubahan massa (\%)} &= \frac{0,326 - 0,310}{0,310} \times 100\% \\ &= -4,91\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata \%perubahan massa} &= \frac{(-4,91 + -5,26)}{2} \\ &= -5,09\% \end{aligned}$$

- Waktu Pengeringan 6 jam

Massa	1	2
m_0	0,326	0,304
m_1	0,310	0,288
$m_1 - m_0$	-0,016	-0,016
Perubahan massa(%)	-4,91	-5,26

Rata-rata %perubahan massa = -5,09

- Waktu Pengeringan 12 jam

Massa	1	2
m_0	0,315	0,305
m_1	0,313	0,310
$m_1 - m_0$	-0,002	0,005
Perubahan massa(%)	-0,63	1,64

Rata-rata %perubahan massa = 0,50

- Waktu Pengeringan 18 jam

Massa	1	2
m_0	0,361	0,354
m_1	0,365	0,360
$m_1 - m_0$	0,004	0,006
Perubahan massa(%)	1,11	1,69

Rata-rata %perubahan massa = 1,40

- Waktu Pengeringan 24 jam

Massa	1	2
m_0	0,259	0,263
m_1	0,261	0,268
$m_1 - m_0$	0,002	0,005
Perubahan massa(%)	0,77	1,90

Rata-rata %perubahan massa = 1,34

L 4.2 Data variasi komposisi bulu ayam

Contoh Perhitungan % Perubahan Massa Komposit

$$\text{perubahan massa (\%)} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\%$$

m_0 = massa awal komposit = 0,309 g

m_1 = massa akhir komposit = 0,334 g

$$\text{perubahan massa (\%)} = \frac{0,334 - 0,309}{0,309} \times 100\% = 8,091 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata \%perubahan massa} \\ = \frac{(8,091 + 8,148 + 7,663)}{3} = 7,967\% \end{aligned}$$

- Komposisi 3% bulu ayam

Massa	1	2	3
m_0	0,309	0,270	0,261
m_1	0,334	0,292	0,281
$m_1 - m_0$	0,025	0,022	0,020
Perubahan massa(%)	8,091	8,148	7,663

Rata-rata %perubahan massa = 7,967

- Komposisi 5% bulu ayam

Massa	1	2	3
m_0	0,315	0,305	0,343
m_1	0,343	0,328	0,305
$m_1 - m_0$	0,028	0,023	-0,038
Perubahan massa(%)	8,889	7,541	7,018

Rata-rata %perubahan massa = 7,816

- Komposisi 7% bulu ayam

Massa	1	2	3
m_0	0,321	0,307	0,292
m_1	0,342	0,322	0,307
$m_1 - m_0$	0,021	0,015	0,015
Perubahan massa(%)	6,542	4,886	5,137

Rata-rata %perubahan massa = 5,522

- Komposisi 9% bulu ayam

Massa	1	2	3
m_0	0,282	0,306	0,300
m_1	0,291	0,322	0,315
$m_1 - m_0$	0,009	0,016	0,015
Perubahan massa(%)	3,191	5,229	5,000

Rata-rata %perubahan massa = 4,473



Lampiran 5. Perhitungan Massa Jenis

L.5.1 Bulu ayam

Contoh perhitungan perhitungan massa jenis:

$$\rho_{air} = \frac{massa\ air\ (m_6)}{V_{pikno}}$$

$$m_6 = massa\ pikno\ -\ air\ (m_2) + massa\ pikno\ kosong\ (m_1)$$

$$\rho_{bulu} = \frac{massa\ bulu\ ayam\ (m_5)}{V_{bulu}}$$

Sampel	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	m ₄ (g)	m ₅ (g)	m ₆ (g)	m ₇ (g)	V _{pikno} (ml)	V _{air} (ml)	V _{bulu} (ml)	ρ _{air}	ρ _{bulu}
I	21,905	46,866	46,603	24,698	0,041	24,961	24,657	25,182	24,87	0,30	0,9912	0,1337
II	21,905	46,866	46,653	24,748	0,032	24,961	24,716	25,182	24,93	0,24	0,9912	0,1295

Ket:

m₁ = massa pikno kosong

m₂ = massa pikno + air

m₃ = massa pikno + air + bulu

m₄ = massa air + bulu

m₅ = massa bulu ayam

m₆ = massa air dalam pikno

m₇ = massa air - bulu

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



L.5.2 Resin epoksi

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}m_3 &= m_2 - m_1 \\ &= 8,476 \text{ g} - 6,116 \text{ g} = 2,36 \text{ g} \\ \text{presin} &= \frac{m_{\text{resin}}}{v_{\text{resin}}} \\ &= 2,36 \text{ g} / 2\text{mL} = 1,18 \text{ g/mL}\end{aligned}$$

sample	m ₁ (g)	m ₂ (g)	m ₃ (g)	Vresin(mL)	presin(g/mL)
I	6,116	8,476	2,36	2,0	1,18
II	6,116	8,591	2,475	2,1	1,17

m₁ = massa botol kosong

m₂ = massa botol + resin

m₃ = massa resin

L.5.3 Komposit

Contoh Perhitungan Massa Jenis Komposit

$$\text{massa jenis } (\rho) = \frac{\text{massa komposit (g)}}{\text{volume komposit (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{massa jenis } (\rho) = \frac{\text{massa komposit (g)}}{p \times l \times t \text{ (cm}^3\text{)}}$$

massa komposit : 1,691 g

panjang : 6,7 cm

lebar : 2,85 cm

tinggi / tebal : 0,09 cm

$$\text{massa jenis } (\rho) = \frac{1,691 \text{ g}}{6,7 \text{ cm} \times 2,85 \text{ cm} \times 0,09 \text{ cm}}$$

$$\text{massa jenis } (\rho) = 0,989 \text{ g/cm}^3$$

- Komposisi 3% bulu ayam

Massa komposit (g)	p (cm)	l (cm)	t (cm)	V (cm³)	ρ (g/cm³)
1,691	6,70	2,85	0,090	1,719	0,984
0,309	2,85	1,30	0,090	0,333	0,927
1,794	6,80	2,85	0,091	1,764	1,017
1,758	6,80	2,85	0,091	1,764	0,997
0,261	2,85	1,10	0,091	0,285	0,915

- Komposisi 5% bulu ayam

Massa komposit (g)	p (cm)	l (cm)	t (cm)	V (cm³)	ρ (g/cm³)
1,797	6,80	2,85	0,101	1,957	0,918
1,842	6,80	2,85	0,099	1,919	0,960
0,305	2,85	1,20	0,099	0,339	0,901
1,912	6,90	2,85	0,104	2,045	0,935
0,285	2,85	1,10	0,104	0,326	0,874

- Komposisi 7% bulu ayam

Massa komposit (g)	p (cm)	l (cm)	t (cm)	V (cm³)	ρ (g/cm³)
0,321	2,85	1,30	0,103	0,382	0,841
1,951	6,90	2,85	0,109	2,143	0,910
0,307	2,85	1,10	0,109	0,342	0,898
1,962	6,90	2,85	0,110	2,16	0,907
0,292	2,85	1,10	0,110	0,345	0,847

- Komposisi 9% bulu ayam

Massa komposit (g)	p (cm)	l (cm)	t (cm)	V (cm³)	ρ (g/cm³)
2,119	7,00	2,85	0,131	2,613	0,811
1,939	6,90	2,85	0,105	2,065	0,939
0,306	2,85	1,10	0,105	0,329	0,930
2,191	7,00	2,85	0,128	2,554	0,858
0,300	2,85	1,00	0,128	0,365	0,822

- Rata – rata massa jenis komposit

Komposisi Bulu ayam (%)	ρ (g/cm ³)					Total	Rata- rata
	1	2	3	4	5		
3	0,91	0,93	0,99	1,00	1,02	4,85	0,970
5	0,87	0,90	0,92	0,93	0,96	4,58	0,916
7	0,84	0,84	0,90	0,90	0,91	4,39	0,878
9	0,81	0,82	0,87	0,93	0,93	4,36	0,872



Lampiran 6. Uji Statistik

Komposisi bulu ayam(%)	ρ (g/cm ³)					Total	Rata- rata
	1	2	3	4	5		
7	0,84	0,84	0,90	0,90	0,91	4,39	0,878
9	0,81	0,82	0,87	0,93	0,93	4,36	0,872
Total						8,75	1,75

$$FK = \frac{[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij}]^2}{p \times n} = \frac{(8,75)^2}{10} = 7,656$$

Komposisi bulu ayam(%)	ρ^2 (g/cm ³)					Total
	1	2	3	4	5	
7	0,71	0,71	0,81	0,81	0,83	3,87
9	0,66	0,67	0,76	0,86	0,86	3,81
Total						7,68

$$JK \text{ total} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij} - FK$$

$$= 7,68 - 7,656 = 0,024$$

Komposisi bulu ayam(%)	ρ (g/cm ³)					Total	Total ²
	1	2	3	4	5		
7	0,84	0,84	0,90	0,90	0,91	4,39	19,2721
9	0,81	0,82	0,87	0,93	0,93	4,36	19,0096
Total						8,75	38,2817

$$JK \text{ perlakuan} = \frac{[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n Y_{ij}]^2}{n_1} - FK$$

$$= \frac{38,2817}{5} - 7,656 = 3,4 \cdot 10^{-4}$$

$$JK \text{ galat} = JK \text{ total} - JK \text{ perlakuan}$$

$$= 0,024 - 3,4 \cdot 10^{-4} = 0,02366$$

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}
Perlakuan	1	3,4.10 ⁻⁴	3,4.10 ⁻⁴	0,115	5,32
Galat	8	0,02366	2,96.10 ⁻³		
Total	9	0,024			

$$\begin{aligned}
 F_{hitung} &= \frac{KT_p}{KT_g} \\
 &= \frac{3,4.10^{-4}}{2,96.10^{-3}} = 0,115
 \end{aligned}$$

Karena Fhitung lebih kecil daripada Ftabel pada taraf nyata 5% berarti masing – masing perlakuan tidak berbeda nyata sehingga tidak perlu dilakukan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf nyata 5%.



Lampiran 7. Frekuensi Jawaban *Hedonic test* Responden tentang Warna dan Kekakuan Komposit

Keburaman Warna

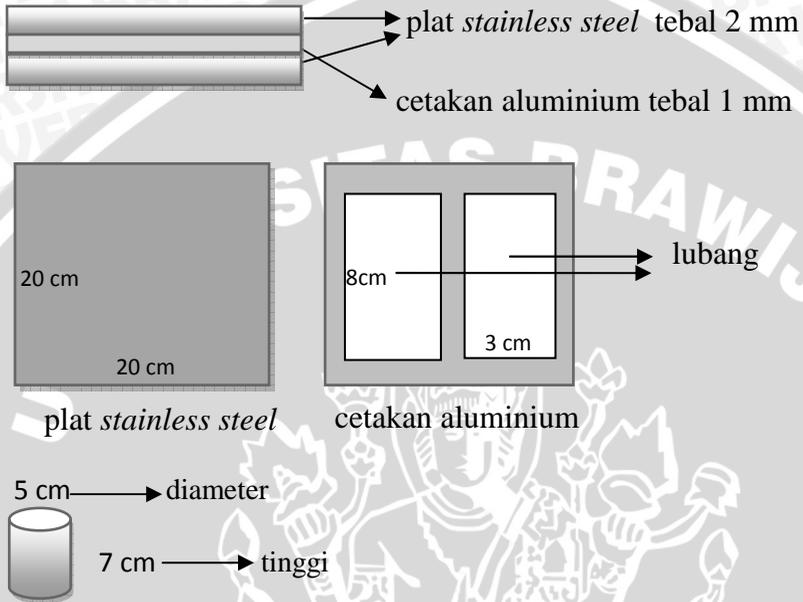
Komposisi bulu ayam (%)	Respon	Jumlah Responden	Persentase (%)
3	1.paling buram	3	25
	2.buram	0	0
	3.terang	0	0
	4.paling terang	9	75
Total		12	100
5	1.paling buram	0	0
	2.buram	4	33,3
	3.terang	0	0
	4.paling terang	8	66,7
Total		12	100
7	1.paling buram	0	0
	2.buram	8	66,7
	3.terang	4	33,3
	4.paling terang	0	0
Total		12	100
9	1.paling buram	9	75
	2.buram	0	0
	3.terang	0	0
	4.paling terang	3	25
Total		12	100

Kekakuan

Komposisi bulu ayam (%)	Respon	Frekuensi	Persentase (%)
3	1.kurang kaku	9	75
	2.agak kaku	2	16,7
	3.kaku	0	0
	4.paling kaku	1	8,3
Total		12	100
5	1.kurang kaku	2	16,7
	2.agak kaku	7	58,3
	3.kaku	3	25
	4.paling kaku	0	0
Total		12	100
7	1.kurang kaku	0	0
	2.agak kaku	9	75
	3.kaku	3	25
	4.paling kaku	0	0
Total		12	100
9	1.kurang kaku	1	8,3
	2.agak kaku	0	0
	3.kaku	0	0
	4.paling kaku	11	91,7
Total		12	100

Lampiran 8. Gambar Alat Pendukung

L.8.1. Pencetak Spesimen



Gambar L.8.1. Alat pencetak spesimen

L.8.2. Pemotongan serat bulu ayam



Gambar L.8.2. Teknik pemotongan bulu ayam

Lampiran 9. Gambar Hasil komposit



3%

5%

7%

9%



3%

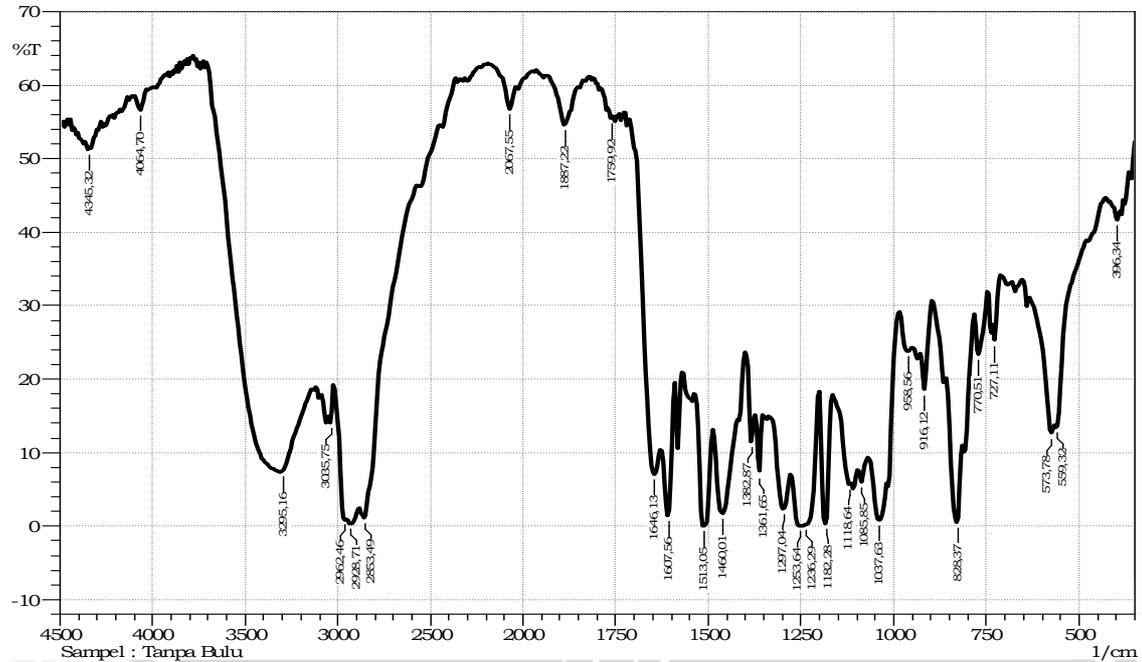
5%

7%

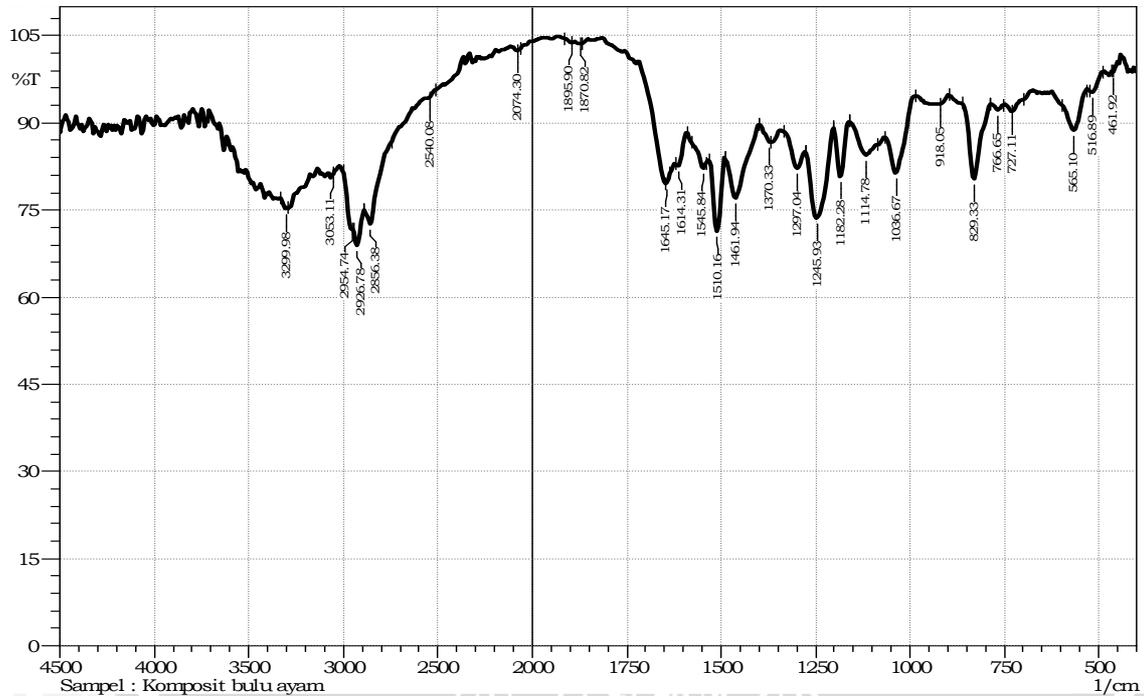
9%

Lampiran 11. Spektra IR

Lampiran 11.1 komposit tanpa bulu ayam (resin epoksi)



Lampiran 11.2 Komposit dengan Bulu Ayam 7%



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

