



**STUDI KARAKTERISTIK
CAMPURAN (POLI BLEND) SELULOSA BAKTERIAL
NATA DE COCO/POLI VINIL ALKOHOL (PVA)**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Gelar Sarjana Sains
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember



Hadiah
Pembelian
Terima : Tgl, 16 JUL 2003
No. Induk . fat

Klass

574 85

WID

S

C.1

Oleh :

Eotok Widiyanto

NIM. 991810301087

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

Junii, 2003

MOTTO

Allah meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang yang diberi ilmu pengetahuan

(QS. Al Mujadalah : 11)

**Janganlah kamu berputus asa dari rahmad Allah
sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmad Allah,
melainkan kamu yang kafir**

(QS. Yusuf : 87)

Dengan rahmat dan hidayah Allah SWT, kupersembahkan Maha Karya ini untuk :

- & **Dinul islam** yang membimbingku menuju cahaya Allah SWT.
- & Ayahku **Tulus Widayat** dan Bundaku **Sriani**; do'a dan seluruh pengorbanan yang engkau berikan adalah kekuatan bagiku dalam menyelesaikan karya ini
- & Kakakku tercinta **Yeni Riyanti W**, kritikan dan doronganmu memacu semangatku untuk maju
- & **Diah Luthfah Zunaidah**, do'a, kesetiaan, kesabaranmu menemaniku dalam menggapai masa depan dengan memupus segala keputusan
- & Sahabat sejatiku, **Bambang** dan **Amy** terima kasih atas segala bantuan koreksi laporan dan semangat yang kalian berikan selama aku duduk dibangku kuliah ini
- & Nata de coco' team, **Tanti** dan **Yoyok** bersama kalian kita mempersembahkan hasil karya untuk masa depan
- & Mahasiswa kimia **Angkatan 99**; yang tidak mungkin kusebutkan satu persatu, segala dukungan yang kalian berikan sangat membanggakan diriku
- & **Guru-guruku** yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan sehingga aku lebih bisa menghargai sebuah arti kehidupan
- & Warga "**Sumatra III nomor tujuh**" yang telah memberikan cerita baru dalam hidupku selama kupijak bumi jember
- & **Almamaterku** tercinta, terima kasih atas semua ilmu dan pengetahuan yang telah diberikan

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil penelitian yang dilakukan mulai bulan Pebruari sampai dengan Juni 2003 di Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember. Bersama ini saya nyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil penelitian saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya. Skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Juni 2003

Totok Widiyanto



ABSTRAK

Studi Karakteristik Campuran (Poliblend) Selulosa Bakterial Nata de coco/Poli vinil alkohol (PVA), Totok Widiyanto, 991810301087, Skripsi, Juni 2003, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

Pembuatan blend nata de coco/poli vinil alkohol dilakukan menggunakan metode tuang larutan. Karakterisasi yang dilakukan adalah karakterisasi sifat fisik yaitu kerapatan, derajat pengembangan, kuat tarik, sifat termal yaitu analisis termal diferensial, karakteristik struktur dengan metode spektroskopi infra merah dan analisis morfologi elektron scan mikroskopi. Preparasi blend dilakukan melalui tiga tahap, meliputi ; preparasi nata de coco, pelarutan nata de coco dan pelarutan poli vinil alkohol dalam DMAc dan blend larutan nata dengan larutan poli vinil alkohol. Parameter yang diamati antara lain konsentrasi nata de coco, konsentrasi poli vinil alkohol dan waktu blend. Poli blend nata de coco/poli vinil alkohol menunjukkan karakter yang berbeda dari nata de coco murni. Blend nata de coco/poli vinil alkohol mempunyai sifat fisik yang lebih baik dibanding nata de coco murni. Hasil pengukuran menunjukkan; kerapatan, derajat pengembangan, kuat tarik blend nata de coco/poli vinil alkohol berturut-turut diperoleh $1,4229 \text{ gram/cm}^3$, $64,0756\%$, $36,5089 \text{ Kg/mm}^2$, sedangkan nata de coco murni diperoleh $1,0768 \text{ gram/cm}^3$, $5,8182\%$ dan $28,5714 \text{ Kg/mm}^2$. Spektra infra merah yang dihasilkan, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, hanya terjadi pergeseran serapan utamanya serapan gugus hidroksil. Munculnya Tg dalam termogram DTA blend nata de coco/poli vinil alkohol yang tidak muncul pada nata de coco murni yaitu $63,32^{\circ}\text{C}$. Hasil analisis morfologi menunjukkan terbentuknya struktur mikrofibril yang lebih rapat dan teratur pada blend nata de coco/poli vinil alkohol. Komposisi optimum blend nata de coco/poli vinil alkohol yang menunjukkan perubahan yang berarti dari nata de coco murni diperoleh pada fraksi volume nata de coco sebesar 0,6 dan fraksi volume poli vinil alkohol 0,4 dengan waktu blend selama 20 jam.

*Kata kunci: Nata de coco, Poli vinil alkohol, Blend Nata de coco/
Poli vinil alkohol*

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember pada:

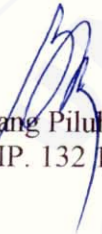
Hari : SENIN

Tanggal : 30 JUN 2003

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji

Ketua,



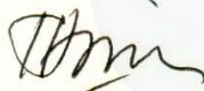
(Bambang Piluharto, S.Si, M.Si)
NIP. 132 164 055

Sekretaris,



(Drs. Zulfikar, Ph.D)
NIP. 131 660 785

Anggota I,



(Drs. Busroni, M.Si)
NIP. 131 945 805

Anggota II,



(Drs. Mukh. Mintadi, M.Sc)
NIP. 131 945 804

Mengesahkan,

Dekan FMIPA UNEJ



(Ir. Sumadi, M.S)
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Studi karakteristik campuran (poliblend) selulosa bakterial nata de coco/poli vinil alkohol (PVA)” dapat terselesaikan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Skripsi ini memuat hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Kimia Fisika Jurusan Kimia selama bulan Pebruari – Juni 2003 dan merupakan salah satu wujud nyata pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pengembangan material selulosa bakterial nata de coco berbasis pemahaman ilmu kimia.

Dalam kesempatan ini, penulis ucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada bapak Bambang Pihuharto, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing utama dan Drs. Zulfikar, Ph.D selaku dosen pembimbing anggota yang telah membimbing penulis mulai dari penentuan topik, penulisan proposal, pelaksanaan penelitian sampai penulisan skripsi ini dengan penuh kesabaran.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian skripsi ini. Terima kasih pula kepada saudara Bambang Adi Sucipto dan Aminatus Sa'diyah yang telah banyak menyumbangkan tenaga, pemikiran, dan waktunya selama berlangsungnya penelitian.

Akhirnya penulis berharap skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang sangat berarti bagi semua pihak utamanya tentang pengembangan modifikasi selulosa bakterial nata de coco untuk kemajuan ilmu pengetahuan Indonesia.

Jember, Juni 2003

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN MOTTO	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN DEKLARASI	iv
ABSTRAK	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
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	4
2.1 Selulosa	4
2.2 Selulosa Bakterial	9
2.3 Poli vinil alkohol (PVA)	12
2.4 Campuran Polimer (Blend Polimer)	13
2.5 Analisis Polimer	16
2.5.1 Analisis Morfologi Polimer	16
2.5.2 Analisis Struktur Polimer	17
2.5.3 Analisis Sifat Fisik Polimer	18

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	21
	3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
	3.2 Alat dan Bahan	21
	3.3 Rancangan Percobaan	21
	3.4 Prosedur Percobaan	22
	3.5 Karakterisasi Poliblend Nata de coco/Poli vinil alkohol	24
BAB IV	PEMBAHASAN	26
	4.1 Pembuatan dan Pemurnian Nata de coco	26
	4.2 Poliblend Nata de coco/Poli vinil alkohol	26
	4.3 Karakteristik Sifat Fisik Nata de coco Murni dan Poliblend Nata de coco/Poli vinil alkohol	29
	4.4 Karakteristik Termal Nata de coco murni dan Poli Blend Nata de coco/Poli vinil alkohol	37
	4.5 Karakteristik Spektroskopi Infra Merah Nata de coco murni dan Poli Blend Nata de coco/Poli vinil alkohol	40
	4.6 Karakteristik Morfologi Nata de coco murni dan Poli Blend Nata de coco/Poli vinil alkohol	42
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	46
	5.1 Kesimpulan	46
	5.2 Saran-Saran	47
	DAFTAR PUSTAKA	48
	LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tipe-tipe campuran polimer (blend polimer) 15



DAFTAR GAMBAR

2.1	Struktur kimia selulosa	4
2.2	Ikatan hidrogen yang terbentuk dalam struktur selulosa	5
2.3	Model kristal misel berumbai	6
2.4	Perubahan ikatan hidrogen selama pelepasan air dari dua permukaan selulosa yang berdekatan	8
2.5	Alur sintesis selulosa oleh <i>Acetobacter xylinum</i>	10
2.6	Gambaran sintesis mikrofibril selulosa oleh bakteri <i>Acetobacter xylinum</i>	11
4.1	Trend kerapatan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi nata de coco	30
4.2	Trend derajat pengembangan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi nata de coco	30
4.3	Trend kuat tarik blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi nata de coco	31
4.4	Trend kerapatan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi poli vinil alkohol	31
4.5	Trend derajat pengembangan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi poli vinil alkohol	32
4.6	Trend kuat tarik blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi poli vinil alkohol	32
4.7	Trend kerapatan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi waktu	33
4.8	Trend derajat pengembangan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi waktu	33
4.9	Trend kuat tarik blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi waktu	34
4.10	Termogram DTA nata de coco murni	38
4.11	Termogram DTA blend nata de coco/poli vinil alkohol	38
4.12	Spektra Infra Merah nata de coco murni	40
4.13	Spektra Infra Merah blend nata de coco/poli vinil alkohol	41
4.14	Morfologi penampang permukaan nata de coco murni	43

DAFTAR GAMBAR

2.1	Struktur kimia selulosa	4
2.2	Ikatan hidrogen yang terbentuk dalam struktur selulosa	5
2.3	Model kristal misel berumbai	6
2.4	Perubahan ikatan hidrogen selama pelepasan air dari dua permukaan selulosa yang berdekatan	8
2.5	Alur sintesis selulosa oleh <i>Acetobacter xylinum</i>	10
2.6	Gambaran sintesis mikrofibril selulosa oleh bakteri <i>Acetobacter xylinum</i>	11
4.1	Trend kerapatan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi nata de coco	30
4.2	Trend derajat pengembangan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi nata de coco	30
4.3	Trend kuat tarik blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi nata de coco	31
4.4	Trend kerapatan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi poli vinil alkohol	31
4.5	Trend derajat pengembangan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi poli vinil alkohol	32
4.6	Trend kuat tarik blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi konsentrasi poli vinil alkohol	32
4.7	Trend kerapatan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi waktu	33
4.8	Trend derajat pengembangan blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi waktu	33
4.9	Trend kuat tarik blend nata de coco/poli vinil alkohol terhadap variasi waktu	34
4.10	Termogram DTA nata de coco murni	38
4.11	Termogram DTA blend nata de coco/poli vinil alkohol	38
4.12	Spektra Infra Merah nata de coco murni	40
4.13	Spektra Infra Merah blend nata de coco/poli vinil alkohol	41
4.14	Morfologi penampang permukaan nata de coco murni	43

4.15	Morfologi penampang lintang nata de coco murni	43
4.16	Morfologi penampang permukaan blend nata de coco/poli vinil alkohol	44
4.17	Morfologi penampang lintang blend nata de coco/poli vinil alkohol	44





I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri polimer akhir-akhir ini begitu pesat. Terobosan baru dalam pengembangan polimer telah banyak dilakukan oleh para ahli kimia di lingkungan industri kimia, lembaga penelitian dan universitas. Terobosan baru tersebut bertujuan memperoleh polimer yang ramah lingkungan. Beberapa pendekatan yang dilakukan adalah pencampuran (*poliblend*) polimer alam dengan polimer sintetik, modifikasi struktur polimer sintetik menjadi struktur yang biodegradabel dan sintesis polimer dari bahan baku alam (Surdia, 2000).

Selulosa adalah polimer alam yang biodegradabel. Sektor industri belum menggunakan selulosa sebagai polimer alternatif pengganti polimer organik sintetis untuk berbagai aplikasi karena kesulitan pemrosesan, seperti titik leburnya yang tinggi. Kesulitan pemrosesan selulosa diatasi dengan menggunakan metode *blend*, yaitu pencampuran selulosa dengan polimer sintetis. Keunggulan *poliblend* ini, dapat memunculkan sifat baru yang lebih unggul dari material awal serta mampu mengatasi masalah limbah polimer organik sintetis yang tidak ramah lingkungan (Schartel, 1996).

Beberapa penelitian telah mempelajari *blend* selulosa dengan polimer sintetis. Patel dan kawan-kawan (1995) telah mempelajari *blend* selulosa (dari pulp kayu) dengan poli vinil alkohol (PVA). Sifat yang dihasilkan, selulosa pulp kayu menjadi lebih kristalin dan produk dipergunakan untuk membran pemisah gas CO₂.

Dalam perkembangannya, selulosa tidak hanya diperoleh dari tumbuhan. Selulosa bakterial adalah sumber selulosa yang cukup menarik untuk dikembangkan. Selulosa bakterial adalah selulosa yang diproduksi dari hasil fermentasi bakteri. Bakteri yang umum memproduksinya adalah *Acetobacter*, *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* dan *Sarcina* (Yulianto, 2000 dan Krystynowicz, 2001). Trend hasil penelitian belakangan ini, menunjukkan bahwa selulosa bakterial mempunyai sifat fisik yang lebih baik dibanding selulosa tumbuhan. Selulosa bakterial mempunyai kemurnian yang tinggi, derajat

kristalinitas yang tinggi, berkeapatan 300 sampai 900 kg/m³, bersifat elastis, berkekuatan tarik tinggi dan terbiodegradasi (Krystynowicz, 2001). Studi karakterisasi terhadap bakterial selulosa menunjukkan bahwa struktur kristalnya sama dengan struktur kristal yang dimiliki oleh selulosa tumbuhan (Iguchi, 2000).

Selulosa bakterial yang umum dikenal adalah nata de coco merupakan selulosa dari hasil fermentasi bakteri dalam medium air kelapa. Nata de coco banyak digunakan sebagai menu diet dan memperlancar pencernaan karena kadar seratnya yang tinggi. Pengembangan modifikasi dan pemanfaatan senyawaan selulosa ini perlu digalakkan, mengingat ketersediaan sumbernya di alam yang sangat melimpah, mudah diperoleh, mudah dibuat dengan biaya murah.

Poli vinil alkohol adalah polimer sintetik yang banyak digunakan dalam komponen *blend*. Hal ini didasarkan pada keunggulan sifat yang dimilikinya. Poli vinil alkohol mempunyai gugus hidroksil sekunder yang reaktif, larut dalam air, polimernya keras, tahan terhadap bahan kimia (Cowd, 1991), mempunyai daya regang tinggi (Saunders, 1994) dan struktur rantai polimernya ataktik (Billmeyer, 1991). Gugus hidroksil pada poli vinil alkohol memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil pada selulosa bakterial. Ikatan ini berpotensi membentuk sistem campuran selulosa bakterial/poli vinil alkohol yang stabil.

Poliblend nata de coco/poli vinil alkohol merupakan tema yang sangat menarik untuk dipelajari. Selama ini, belum banyak orang melihat keunggulan-keunggulan selulosa bakterial nata de coco dimodifikasi dengan metode *blend*. Berdasar keistimewaan sifat yang dimiliki oleh selulosa bakterial Nata de coco dan poli vinil alkohol, diharapkan menghasilkan material *poliblend* dengan sifat-sifat baru, sehingga dapat diaplikasikan dalam bidang yang lebih luas dan bermanfaat.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dipelajari dalam penelitian ini adalah :

- 1) bagaimana pengaruh variasi konsentrasi nata de coco, konsentrasi poli vinil alkohol (PVA) dan waktu terhadap karakter *poliblend* nata de coco/poli vinil alkohol ?,
- 2) berapa kondisi optimal teknik modifikasi nata de coco dengan metode *blend*?

1.3 Batasan Masalah

Selulosa bakterial yang digunakan dalam penelitian ini adalah selulosa bakterial nata de coco dari fermentasi bakteri *Acetobacter xylinum* dalam medium air kelapa.

Karakter material *poliblend* yang diuji adalah sifat fisik yaitu kerapatan, sifat mekanik (uji tarik), derajat penggembungan, analisis termal, sifat spektroskopi (IR) dan analisis morfologi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) mempelajari pengaruh variasi konsentrasi nata de coco, konsentrasi poli vinil alkohol dan waktu terhadap karakteristik *poliblend* nata de coco/poli vinil alkohol.
- 2) mengetahui teknik modifikasi dan karakteristik *poliblend* nata de coco/poli vinil alkohol.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

- 1) memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu polimer dalam pengembangan material alam.
- 2) informasi karakteristik *poliblend* nata de coco/poli vinil alkohol yang dihasilkan diharapkan dapat digunakan sebagai bahan dasar membran pemisah gas dan material pendukung sensor kimia.

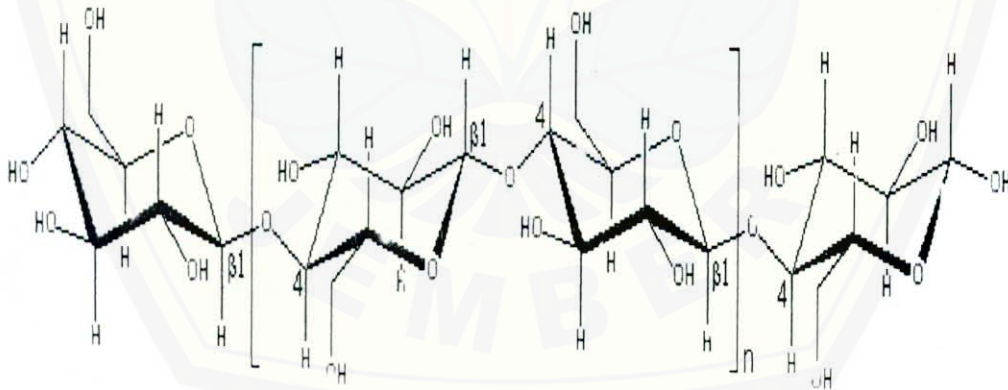
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Selulosa

Selulosa adalah polisakarida berupa makromolekul yang tersusun dari banyak kesatuan monosakarida. Berdasarkan struktur kimia, selulosa termasuk polimer alam paling sederhana yang tersusun atas satuan-satuan glukosa sebagai unit ulang yang tunggal dalam bentuk piranosa, yang terikat melalui ikatan glikosida; antara atom karbon 1 dan 4 oleh ikatan-ikatan β (Saxena, 2001). Selulosa banyak ditemukan dalam komponen penyusun dinding sel semua jenis tanaman dengan rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$ (Cowd, 1991).

Selulosa bersifat semikristalin dan strukturnya sangat kokoh. Molekul selulosa berupa mikrofibril dari glukosa (D-glukosa). Mikrofibril tersusun sebagai berkas dimana setiap lipatan dihubungkan oleh ikatan hidrogen. Interaksi inilah yang menyebabkan kokohnya struktur selulosa (Fessenden, 1999). Antar gugus-gugus hidroksil (-OH) pada rantai selulosa dapat terbentuk ikatan hidrogen dengan atom lain yang lebih elektronegatif (Fengel dan Wegener, 1995).

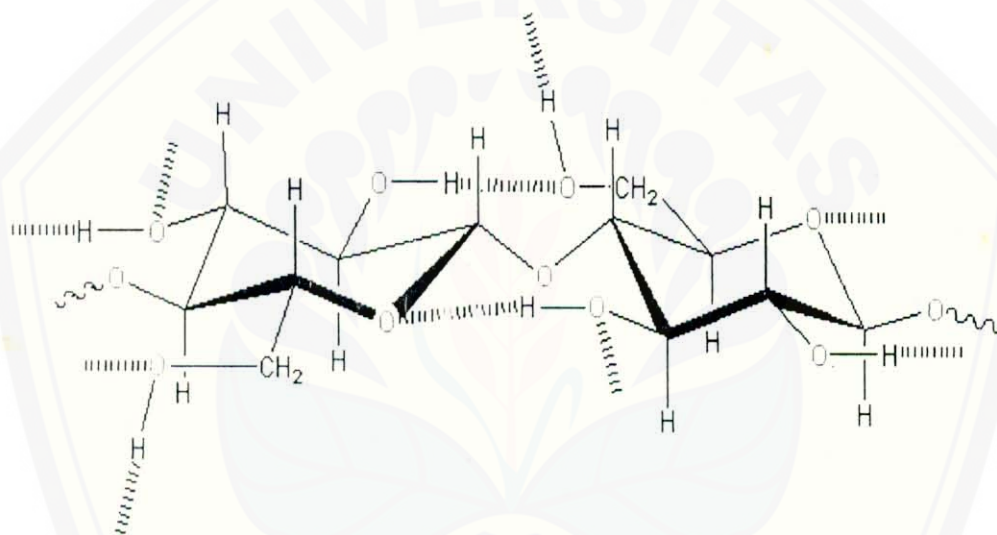
Struktur kimia selulosa dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1. Struktur kimia selulosa (Saxena, 2001).

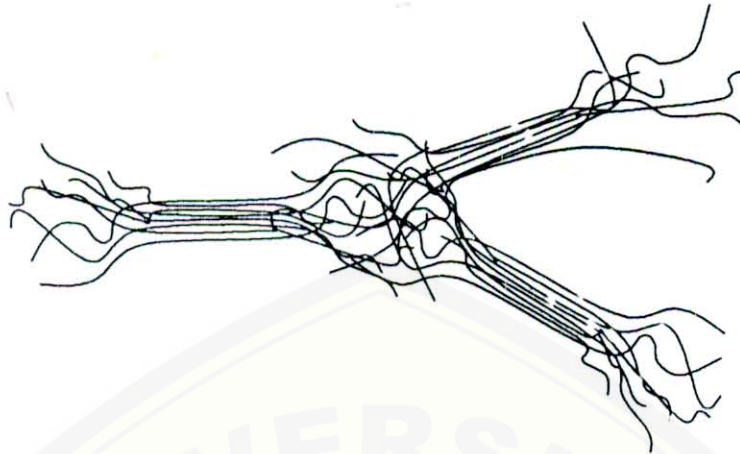
Ikatan hidrogen dalam molekul selulosa dapat terjadi secara intermolekul maupun intramolekul. Ikatan hidrogen intermolekul terbentuk antara gugus-gugus

hidroksil (-OH) dari satu rantai molekul selulosa dengan molekul selulosa lain yang berdampingan. Ikatan hidrogen intramolekul terbentuk antara gugus-gugus hidroksil (-OH) dalam satu rantai molekul selulosa. Ikatan hidrogen juga dapat terbentuk antara gugus hidroksil dengan atom oksigen pada ikatan glikosida. Dengan adanya ikatan ini, akan terjadi orientasi paralel dari sumbu rantai, sehingga rantai-rantai akan tersusun paralel dan memanjang. Keteraturan ini akan membentuk suatu daerah kristalin pada arah lateral atau longitudinal membentuk struktur mikrofibril selulosa (Malcolm, 1999). Mikrofibril selulosa mempunyai diameter 2 sampai 20 nm, panjang rantai 100 sampai 40000 nm dan mengandung 2000 sampai 14000 residu (Chaplin, 2002).



Gambar 2.2. Ikatan hidrogen yang terbentuk dalam struktur selulosa

Disamping keteraturan susunan rantai, terdapat bagian yang tidak teratur disebut daerah amorf. Satu rantai mikrofibril akan membentuk posisi selang-seling daerah amorf dan kristalin. Model penyusunan ini dikenal dengan model misel berumbai (*fringe micelle*) (Stevens, 2001). Sebagai akibatnya, selulosa tidak terdapat kristal secara individu dan tidak terdapat lapisan pembatas yang tegas (Piliharto, 2001).



Gambar 2.3. Model kristal misel berumbai (*fringe micelle*) (Stevens, 2001).

Ikatan hidrogen yang terjadi dalam molekul selulosa tersusun secara acak. Sifat seperti kristal akan muncul ketika ikatan hidrogen tersusun dalam sistem yang teratur. Sifat ini dapat dideteksi dengan difraksi sinar-X. Studi lebih lanjut dihasilkan beberapa model unit kristal selulosa (Ighuci, 2000). Model unit kristal selulosa terdiri dari selulosa I, selulosa II, selulosa III dan selulosa IV. Selulosa I terbentuk dari rantai selulosa yang tersusun paralel memanjang. Selulosa ini terdapat dalam selulosa alam. Selulosa bakterial juga memiliki bentuk kristal selulosa I. Selulosa II terbentuk dari rantai selulosa yang tersusun secara antiparalel dengan ikatan hidrogen didalamnya. Selulosa ini mempunyai ikatan hidrogen yang kuat (Malcolm, 1999). Selulosa I dapat diubah menjadi selulosa II. Jika selulosa I dilarutkan dalam pelarut dan diendapkan kemudian dicuci dengan air maka selulosa ini akan mengkristal membentuk struktur selulosa II. Secara termodinamika selulosa II lebih stabil dari selulosa I sehingga selulosa II tidak dapat diubah kembali menjadi selulosa I. Selulosa III dan selulosa IV adalah struktur selulosa hasil konversi selulosa I dan II pada suhu tinggi (Fengel dan Wegener, 1995).

Perbandingan antara daerah kristalin dan daerah amorf dapat mempengaruhi sifat selulosa. Ada tiga metode yang dapat digunakan dalam menentukan perbandingan kristalin dan amorf. Metode pertama adalah metode

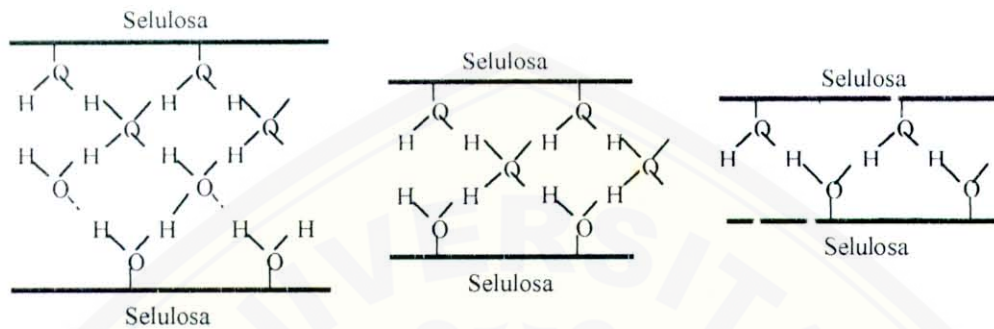
kimia, dengan mereaksikan gugus hidroksil dengan reagen yang tidak dapat memasuki daerah kristalin. Persen amorf ditentukan dengan menghitung persen selulosa yang bereaksi dibanding dengan kontrol yang dapat bereaksi secara homogen. Metode kedua adalah metode kinetik, yaitu perhitungan kecepatan reaksi reagen. Asumsinya, reaksi akan lebih cepat terjadi pada daerah amorf. Metode ketiga adalah metode fisik, didasarkan pada perbedaan wujud daerah kristalin dengan daerah amorf. Pada umumnya rendahnya derajat kristalinitas akan ditunjukkan oleh rendahnya diffraksi sinar-X, bertambahnya serapan air dan berkurangnya kerapatan (Adisesa dalam Piluharto, 2001).

Gugus-gugus hidroksil selulosa dapat membentuk ikatan hidrogen dengan dengan air. Ikatan ini mengakibatkan air terserap ke dalam struktur selulosa. Penyerapan air ini tergantung pada gugus-gugus hidroksil selulosa bebas. Keberadaan air dalam struktur selulosa menyebabkan pengembangan struktur selulosa (Fengel dan Wegener, 1995). Penyerapan air yang kuat mengakibatkan terisinya pori-pori dalam selulosa mulai dari pori-pori kecil, pori-pori besar dan lumen. Air yang berada dalam pori-pori kecil menyebabkan pengembangan struktur selulosa dan mempengaruhi sifat-sifatnya (Piluharto, 2001).

Selulosa dapat mengembang dalam pelarut maupun non pelarut. Tingkat pengembangan tergantung pada jenis pelarut dan sifat alamiah selulosa. Perubahan morfologi yang terjadi tergantung dari jenis pengembangannya. Pengembangan selulosa terdiri dari pengembangan interfibriler dan pengembangan intrafibriler. Pengembangan interfibriler terjadi pada daerah-daerah mikrofibriler amorf. Pengembangan intrafibriler terjadi pada daerah kristalin (Fengel dan Wegener, 1995).

Kebalikan pengembangan selulosa disebut penyusutan selulosa. Jika yang diserap adalah air maka penyusutan selulosa adalah proses penghilangan air. Pengeringan adalah salah cara untuk menghilangkan air. Ada tiga tahap dalam proses penghilangan air dalam struktur selulosa. Tahap pertama adalah pemecahan ikatan hidrogen antara molekul air, yang merupakan ikatan dengan tingkat energi yang paling rendah dalam sistem selulosa-air. Sebagian air terlepas dan permukaan selulosa saling mendekat satu sama lain. Proses ini berlanjut

hingga tertinggal lapisan air monomolekul antara dua permukaan selulosa. Kemudian ikatan hidrogen antara air dengan gugus hidroksil selulosa akan terbelah dan digantikan ikatan hidrogen antar permukaan selulosa (Fengel dan Wegener, 1995).



Gambar 2.4. Perubahan ikatan hidrogen selama pelepasan air dari dua permukaan selulosa yang berdekatan (Fengel dan Wegener, 1995).

Struktur selulosa merupakan penggabungan unit glukosa membentuk senyawa makromolekul yang tidak mudah larut dalam pelarut yang biasa digunakan. Pelarutan selulosa berbeda dengan pelarutan senyawa lainnya. Pelarutan selulosa terjadi dalam dua tahap. Mula-mula molekul pelarut berdifusi melewati matrik selulosa. Molekul-molekul ini akan membentuk suatu massa mengembang dan tersolvasi yang disebut gel. Gel tersebut akan pecah dan molekul-molekulnya terdispersi menjadi larutan sejati. Proses pelarutan selulosa biasanya sangat lambat (Stevens, 2001).

Degradasi struktur fibril akan terjadi selama solvasi pelarut. Disini akan terjadi disintegrasi sempurna selulosa menjadi molekul-molekul individual dengan panjang rantai yang tidak berubah. Degradasi supramolekul selulosa dimulai oleh proses pengembangan kemudian dilanjutkan penyisipan gugus kimia pelarut yang memecah ikatan-ikatan intramolekul dalam molekul selulosa (Fengel dan Wegener, 1995).

Pelarutan selulosa juga dapat dilakukan dengan mengkonversi menjadi senyawa turunannya. Senyawa turunan selulosa diperoleh dari berbagai model reaksi seperti reaksi hidrolisis, reaksi reduksi-oksidasi (redoks), reaksi substitusi,

dan reaksi eliminasi (Binkley, 1988). Konversi heterogen selulosa menjadi ester (misal selulosa asetat; selulosa nitrat) atau eter (misal metil selulosa; karboksimetil selulosa) menjadikan selulosa mudah larut dalam pelarut. Ester selulosa larut dalam pelarut propanon (aseton) dan etil asetat, sedangkan eter selulosa dapat larut dalam air. Selulosa juga larut dalam larutan asam pekat. Pelarutan menggunakan asam akan mengakibatkan pemecahan rantai selulosa. Pemecahan yang terjadi adalah pemecahan secara hidrolitik, sehingga larutan yang diperoleh adalah berat molekul hasil degradasi. Dalam pelarut asam seperti asam trifluoroasetat (TFA), memungkinkan terjadinya hidrolisis total dan mengakibatkan perubahan struktur selulosa menjadi turunannya seperti ester atau senyawa-senyawa lain (Fengel dan Wegener, 1995).

Beberapa pelarut selulosa adalah kompleks tembaga dengan kuoxam, kompleks tembaga dengan kuoxena, kompleks kobalt dengan etilendiamin (Fengel dan Wegener, 1995), dimetilformida (DMF) atau dimetilasetamida (DMAc), dinitrogen tetraoksida (N_2O_4), nitrogen hipoklorit (NOCl) dan N-metilmorpolin-N-oksida (NMNO) (Chaplin, 2002).

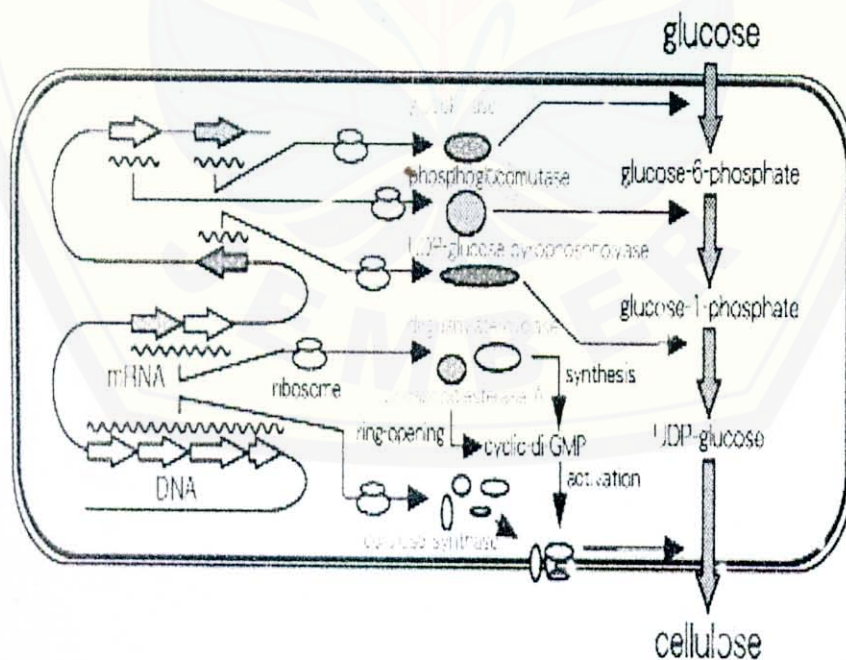
2.2 Selulosa Bakterial

Selulosa bakterial merupakan selulosa yang disintesis oleh mikroorganisme. Produsen yang paling efektif dalam memproduksi selulosa bakterial adalah bakteri *Acetobacter xylinum*. Bakteri ini masuk dalam genus *Acetobacter spp* (Yulianto, 2000).

Salah satu media yang cocok untuk pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* adalah air kelapa. Beberapa komponen yang ada dalam air kelapa antara lain karbohidrat (glukosa, fruktosa dan sukrosa serta sorbitol sebagai gula alkohol), protein dan lipid. Bakteri ini tumbuh optimal pada pH 4 -- 5 dengan suhu $28^0 - 32^0C$. Sumber karbon yang sering digunakan adalah sukrosa atau gula tebu dan sumber nitrogennya diperoleh dari garam amonium (Waspodo, 2000).

Mekanisme sintesis selulosa oleh bakteri *Acetobacter xylinum* tidak terlepas oleh enzim-enzim dalam selnya. Enzim yang berperan adalah enzim selulosa sintase. Enzim ini terdapat dalam membran sitoplasma sel bakteri.

Sintesis selulosa terletak pada permukaan sel yang berupa pori berukuran 3,5 nm yang tersusun secara linier. Biosintesis selulosa dimulai dengan mengubah substrat glukosa menjadi glukosa-6-fosfat oleh enzim glukokinase. Glukosa-6-fosfat akan dikonversi oleh enzim fosfoglukomutase membentuk glukosa-1-fosfat. Tahap berikutnya, glukosa-1-fosfat akan dikonversi menjadi UDP-glukosa dengan adanya UTP oleh enzim UDPG pirofosforilase. UDP-glukosa ini yang dijadikan substrat oleh enzim selulosa sintase (Saxena, 2002). Diagram alir pembentukan selulosa secara singkat, ditunjukkan pada gambar 2.5. Benang-benang selulosa akan terbentuk dari polimerisasi UDP-glukosa (Giyarto, 1997). Benang-benang selulosa ini disebut dengan *Nata*. *Nata* yang terbentuk mengandung air sebesar 98%, bersifat sangat elastis seperti agar. Pembentukan *Nata* yang sempurna kira-kira dalam inkubasi selama 7 sampai 10 hari. Starter bakteri *Acetobacter xylinum* secara komersial tersedia dan mudah diperoleh dalam bentuk agar dan media cair dalam botol. Untuk starter kering juga diperoleh dari starter ragi yaitu *Saccharomyces sp* dan jaringan yang dibentuk oleh *Rhizopus sp* pada pembentukan tempe (Waspodc, 2000).



Gambar 2.5. Alur sintesis selulosa oleh *Acetobacter xylinum* (Saxena, 2002).

Gambar 2.6 memperlihatkan gambaran terbentuknya mikrofibril selulosa oleh enzim selulosa sintase. (A) adalah sel bakteri yang mengandung sejumlah sisi-sisi sintesis selulosa yang terletak pada permukaan membran. Setiap titik-titik pada membran ini menyusun sub-dasar mikrofibril terdiri dari 16 residu glukosa. Sub-dasar mikrofibril dari titik sintesis lain akan bergabung membentuk struktur mikrofibril sempurna. (B) Setiap partikel mengandung sejumlah enzim selulosa sintase (protein AcsAB) dan protein asosiasi (AcsC dan AcsD). Kedua protein ini akan membentuk kompleks selulosa sintase dalam membran sitoplasma *Acetobacter xylinum* (Saxena, 2002).



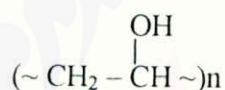
Gambar 2.6. Gambaran sintesis mikrofibril selulosa oleh bakteri *Acetobacter xylinum* (Saxena, 2001).

Berdasar pengamatan, selulosa bakterial mempunyai komposisi seperti selulosa dari dinding tanaman tetapi berbeda pada struktur tiga dimensi, derajat polimerisasi dan sifat fisiko-kimianya (Suranti, 1991). Hasil yang diperoleh menunjukkan sifat-sifat yang unggul seperti: kemurnian tinggi, derajat kristalinitas tinggi, kerapatan antara 300 dan 900 kg m^{-3} , kekuatan tarik tinggi, elastis, ketahanan tinggi, kapasitas serapan air tinggi, luas permukaan yang lebih besar dibandingkan selulosa pulp kayu, terbiodegradasi dan tidak beracun (Krystynowicz, 2001).

Dari beberapa keunggulan yang telah diketahui, pemanfaatan selulosa bakterial dalam bidang penelitian maupun industri sudah banyak dilakukan. Beberapa diantaranya sebagai material membran ultra filtrasi (Puluharto, 2001), sensor handphone (Ighuci, 2000), kosmetik (penyetabil cream, tonik), medis (pembuatan kulit artifisial) dan lab (medium kultur jaringan, immobilisasi protein) (Krystynowicz, 2001).

2.3 Poli vinil alkohol (PVA)

Poli vinil alkohol merupakan polimer sintetik yang bersifat sangat spesifik. Beberapa nama lain dari poli vinil alkohol adalah: polyvinol, vinol, poly (etanol) dan elvanol dengan rumus struktur sebagai berikut:



Poli vinil alkohol disintesis dari poli vinil asetat dengan reaksi alkoholis yang dikatalisis oleh asam atau basa. Salah satu cara pembentukan poli vinil alkohol melalui alkoholis adalah dengan mereaksikan poli vinil asetat dengan metanol yang mengandung kalium hidroksida dan asam mineral.

Poli vinil alkohol murni berupa serbuk berwarna putih. Polimer ini tidak dapat diisolasi dari monomernya karena keto tautometri asetaldehidnya mempunyai bentuk yang lebih stabil dan selalu dihasilkan seperti bentuk dibawah ini:



Poli vinil alkohol mempunyai gugus hidroksi yang kecil, sehingga poli vinil alkohol dapat menyesuaikan diri dalam kisi-kisi polimer dan menghasilkan kristal dengan konfigurasi seperti polyetena. Ikatan hidrogen dapat terjadi antara gugus hidroksil dari rantai-rantai poli vinil alkohol yang berbeda (Cowd, 1991).

Poli vinil alkohol mampu bertindak sebagai bahan adhesive, bahan stabilizer emulsi polimer (Nagy, 1986), mudah larut dalam air, sebagai plastisizer dan berfungsi sebagai humectan (Cowd, 1991). Pelartutan poli vinil alkohol dipermudah oleh besarnya derajat hidrolisis, berat molekul, distribusi ukuran partikel dan kristalinitas partikel. Poli vinil alkohol dengan kandungan asetat rendah, tidak larut dalam gasolin, asetilin, butana, sulfur dioksida, kerosin, benzena, etilen glikol, aseton, quinolin, piridin, eter, dan analin. Sebaliknya pada tingkat tingkat hidrolisis sempurna poli vinil alkohol, semuanya merupakan senyawa organik sebagai pelarut yang cukup baik.

Poli vinil alkohol berguna sebagai agen pengontrol dalam berbagai sistem emulsi, suspensi dan sebagai lapisan pengemas yang mempunyai daya tahan terhadap air yang didinginkan. Poli vinil alkohol juga dapat digunakan sebagai serat tekstil. Serat ini mempunyai daya regang yang tinggi dan mampu menyerap kelembaban (Billmayer, 1991). Pada pembuatan kertas, poli vinil alkohol berperan sebagai perekat material selulosa.

2.4 Campuran Polimer (*Blend Polimer*).

Blend polimer adalah campuran fisis dari dua atau lebih polimer atau kopolimer berbeda yang tidak terikat melalui ikatan-ikatan kovalen (Stevens, 2001).

Pengembangan *blend* polimer dapat diperkirakan dari kedapatcampuran komponen *blend*. Salah satu cara yang bisa dipakai adalah melihat perbedaan momen dipol. Semakin kecil perbedaan momen dipol antara komponen *blend* maka *blend* polimer akan semakin homogen (Barnum, 1985).

Blend polimer terdiri dari *blend* yang dapat campur (homogen) dan *blend* yang tidak dapat campur (heterogen). *Blend* yang dapat campur biasanya bening. *Blend* polimer ini ditentukan oleh panas pencampuran, perbedaan struktur komponen *blend* dan entropi. Panas pencampuran seharusnya bernilai negatif sehingga proses *blend* menjadi spontan. Sedangkan *blend* yang tidak dapat campur biasanya buram (gelap). Perbedaan struktur komponen penyusun *blend*,

memungkinkan munculnya jenis interaksi tertentu sehingga mampu membentuk *blend* yang dapat campur (Natansohn, 1985).

Kedapatcampuran *blend* polimer dapat dilihat dari kenampakan temperatur transisi gelas (T_g) nya. Temperatur transisi gelas (T_g) adalah suhu pada saat polimer sudah tidak dapat mempertahankan struktur gelasnya. Sebelum mencapai T_g , gerakan-gerakan molekul dalam polimer hanya terbatas pada vibrasi dan rotasi daerah pendek sehingga tidak menyebabkan perubahan wujud dari padat ke cair. Temperatur transisi gelas (T_g) *blend* polimer yang dapat campur memperlihatkan temperatur intermediet T_g tunggal antara T_g komponen-komponennya, sedangkan *blend* polimer yang tak dapat campur memperlihatkan karakteristik T_g masing-masing komponen secara terpisah (Stevens, 2001).

Memperkirakan sifat-sifat *blend* polimer sangat rumit. Hal ini dikarenakan adanya efek morfologi yang bervariasi yang mungkin muncul karena pemrosesan. Pada *blend* polimer yang tak dapat campur, terdapat tarikan fisik yang lemah antar komponen pada batas fasa. Hal ini menimbulkan pemisahan fasa yang berakibat munculnya sifat-sifat mekanik yang jelek. Entalpi pencampuran juga menentukan fasa *blend* polimer (Barnum, 1985).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi struktur dan sifat dinamik *blend* polimer. Struktur dan sifat fisik dipengaruhi oleh komposisi komponen penyusun *blend*, konsentrasi dan waktu *blending*. Kenampakan morfologi dipengaruhi oleh pembentukan ikatan silang antar molekul polimer komponen *blend*. Umumnya ikatan silang akan meningkatkan dan memperbaiki sifat mekanik. Sedangkan sifat dinamikanya dipengaruhi oleh laju rotasi pengaduk pada proses menghomogenkan larutan *blend* (Kim, 1989).

Kemungkinan selulosa nata de coco dan poli vinil alkohol membentuk sistem *blend* sangat besar. Kedua polimer terdapat gugus gugus hidroksil yang reaktif. Antara gugus hidroksil ini mampu membentuk ikatan kimia berupa ikatan hidrogen. Harapan yang ingin dimunculkan, poli vinil alkohol mampu memperbaiki sifat selulosa nata de coco dengan cara membentuk ikatan pada daerah amorf membentuk kristalin yang lebih besar. Perbaikan sifat ditandakan

dengan perubahan kekuatan tarik, berat jenis dan derajat pengembangan, sifat spektroskopi serta morfologi.

Tabel 1. Tipe-tipe campuran polimer (*blend* polimer) (Stevens, 2001).

Tipe	Deskripsi
Campuran mekanik	Polimer-polimer yang dicampur pada suhu diatas T_g atau T_m berturut-turut untuk polimer-polimer amorf dan semi kristal.
Campuran mekanokimia	Polimer-polimer dicampur pada laju geser yang cukup tinggi untuk menghasilkan degradasi. Radikal-radikal bebas yang terjadi membentuk campuran kompleks yang mengandung komponen blok dan cangkok.
Campuran tuang-larutan	Polimer-polimer dilarutkan dalam pelarut biasa, kemudian pelarutnya dihilangkan.
Campuran lateks	Dispersi-dispersi halus dari polimer dalam air dicampur, dan polimer-polimer yang bercampur tersebut dikoagulasi.
Campuran kimia :	
1. jaringan polimer interpenetrasi (IPN).	Polimer ikatan silang digembungkan dengan monomer yang berbeda, kemudian monomer dipolimerisasi dan diikatsilangkan.
2. jaringan polimer semi interpenetrasi (semi IPN).	Monomer polifungsi dicampur dengan polimer termoplastik, kemudian monomer dipolimerisasi kepolimer jaringan.
3. jaringan polimer interpenetrasi simultan (SIN).	Monomer-monomer yang berbeda dicampur kemudian dihomopolimerisasi dan diikatsilangkan secara simultan, tetapi melalui mekanisme noninteraksi.
4. jaringan elastomer interpenetrasi (IEN)	Policampuran lateks dikatsilangkan setelah koagulasi.

2.5 Analisis Polimer

2.5.1 Analisis Morfologi Polimer

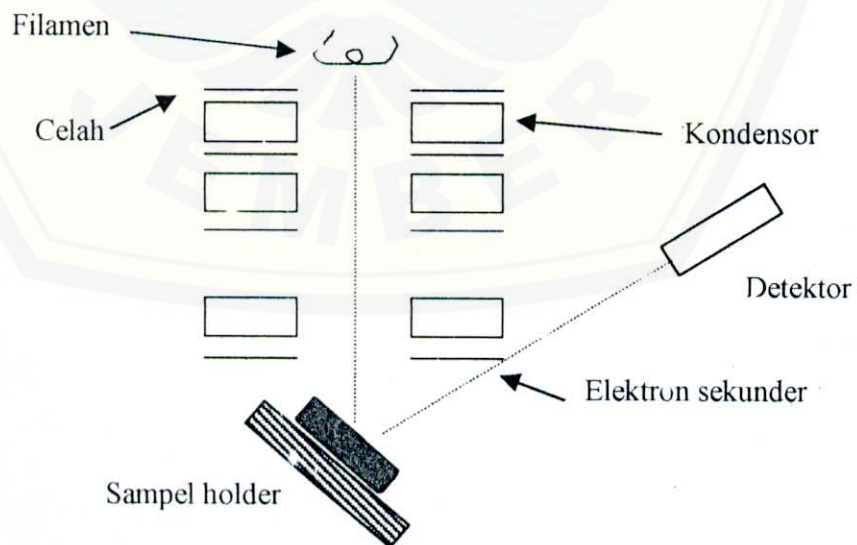
Analisis morfologi polimer melibatkan radiasi permukaan dengan sumber energi (foton, elektron, atau ion) yang cukup menimbulkan beberapa jenis transisi yang menghasilkan emisi dari permukaan berkas energi yang dianalisis (Rabek, 1980).

Mikroskopi Elektron (EM) adalah salah satu teknik yang digunakan untuk karakterisasi morfologi polimer. Salah satu teknik EM adalah *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. Teknik ini merupakan metode yang tepat untuk mengkarakterisasi membran polimer dengan batas resolusi $0.01 \mu\text{m}$ (10 nm) dan sekitar $0.005 \mu\text{m}$ (5 nm) (Stevens, 2001).

Scanning Electron Microscopy (SEM)

Pancaran elektron dengan energi kinetik sebesar 10-25 kV mengenai sampel membran. Elektron ini disebut elektron primer. Pancaran elektron primer akan menyebabkan elektron pada atom permukaan membran keluar. Elektron ini disebut elektron sekunder. Bayangan terbentuk dan tercetak pada film yang menggambarkan morfologi permukaan membran yang merupakan hasil pancaran elektron sekunder (Stevens, 2001).

Bagan SEM secara garis besar (Mulder, 1991) adalah sebagai berikut:



Pada sampel material *blend*, film hasil *scanning* dapat menggambarkan penyebaran komponen *blend* dalam matrik. Film akan memperlihatkan distribusi molekul-molekul polimer komponen *blend* dan juga bentuk makromolekul yang ada dalam material *blend*.

2.5.2 Analisis Struktur Polimer

Analisis struktur polimer melibatkan identifikasi ikatan-ikatan kovalen yang terdapat dalam polimer. Ikatan-ikatan kovalen yang diidentifikasi lebih khusus pada gugus fungsi.

Spektroskopi Infra Merah (IR) salah satu metode yang dapat digunakan untuk karakterisasi struktur polimer. Identifikasi IR melibatkan energi vibrasi-rotasi yang terdapat pada ikatan-ikatan kovalen (utamanya pada gugus fungsi) dalam sampel polimer.

Spektroskopi Infra Merah (IR)

Spektroskopi adalah studi interaksi antara materi dengan gelombang elektromagnetik. Analisis spektroskopi secara umum berkaitan dengan daerah radiasi gelombang elektromagnetik mulai dari sinar gamma sampai dengan gelombang radio. Infra merah adalah salah satu teknik analisis spektroskopi yang disebut spektrofotometri.

Spektroskopi infra merah merupakan salah satu tehnik instrumen yang banyak digunakan untuk identifikasi senyawa-senyawa kimia. *Printout* dari spektroskopi infra merah adalah spektrum infra merah. Karakteristik spektrum ditunjukkan oleh suatu pola puncak absorpsi atau pola puncak transmitansi sesuai dengan ikatan kovalen yang terdapat dalam suatu senyawa. Identifikasi senyawaan organik dengan spektroskopi telah lazim digunakan. Karakteristik aplikasi spektroskopi infra merah dalam senyawaan organik adalah pada identifikasi ikatan-ikatan kovalen antar atom penyusun senyawaan atau lebih khusus pada gugus fungsi. Informasi jenis ikatan kovalen yang terdapat dalam senyawaan dapat digunakan untuk meramalkan bentuk struktur senyawaan dan meramalkan sifat senyawaan (Gani, 1999).

Radiasi infra merah memiliki daerah bilangan gelombang 12.800 cm^{-1} sampai 10 cm^{-1} atau panjang gelombang 770 nm sampai $1000\text{ }\mu\text{m}$. Daerah radiasi ini terdiri dari daerah infra merah dekat, antara 12.800 cm^{-1} sampai 4000 cm^{-1} , daerah infra merah tengah, 4000 cm^{-1} sampai 200 cm^{-1} dan daerah infra merah jauh, 200 cm^{-1} sampai 10 cm^{-1} (Khopkar, 1990).

Spektroskopi infra merah sangat bermanfaat dalam meneliti *blend* polimer. Spektrum infra merah pada *blend* polimer yang tidak dapat campur akan memperlihatkan superposisi dari spektrum homopolimer, sedangkan pada *blend* polimer yang dapat campur adalah superposisi dari tiga komponen spektrum, yaitu dua spektrum homopolimer dan spektrum interaksi yang timbul dari interaksi kimia dan fisika antara homopolimer-homopolimer (Stevens, 2001).

Spektroskopi infra merah dapat digunakan untuk menentukan derajat kristalinitas sebuah sampel polimer. Spektrum infra merah sampel polimer semikristalin dapat menunjukkan serapan dari daerah kristalin dan serapan daerah amorf. Absorbansi daerah amorf biasanya mempunyai transmitan yang lebih besar dibanding serapan pada daerah kristalin. Derajat kristalinitas dapat ditentukan dengan membagi absorbansi daerah kristalin dengan absorbansi daerah amorf (Rabek, 1980).

Derajat kristalinitas (χ_c) sampel polimer semikristalin, dirumuskan:

$$\chi_c = \frac{A_c}{A_a} \quad (1)$$

Dimana,

χ_c sebagai nilai derajat kristalinitas,

A_c sebagai absorbansi daerah kristalin (cm^{-1}),

A_a sebagai absorbansi daerah amorf (cm^{-1}).

2.5.3 Analisis Sifat Fisik

a. Analisis Termal

Analisis termal adalah penentuan sifat-sifat sampel polimer berdasarkan fungsi temperatur. Salah satu teknik analisis ini adalah *Differential Thermal Analysis* (DTA). Konsep dasar DTA adalah perubahan energi yang terjadi pada

sampel, tekniknya merekam perbedaan temperatur antara sampel dengan material pembanding terhadap kenaikan temperatur dan waktu dalam kondisi lingkungan yang sama dan terkontrol (Rabek, 1980). Sampel polimer dan referensi inert dipanaskan, biasanya dalam atmosfer nitrogen, kemudian transisi-transisi thermal dalam sampel polimer dideteksi dan diukur. Penegang sampel yang paling umum dipakai adalah cangkir aluminium sangat kecil dan referensinya berupa cangkir kosong atau cangkir yang mengandung bahan inert dalam daerah temperatur yang diinginkan. Sampel dan referensi keduanya dipanaskan oleh sumber pemanasan yang sama dan dicatat perbedaan temperatur (T) antara keduanya. Data-data yang diperoleh sebagai ΔT diplot terhadap temperatur sebagai ordinat dan absis. Plot-plot ini disebut dengan termogram. Informasi yang diperoleh dari termogram DTA dapat menentukan temperatur transisi gelas (T_g), titik lebur (*melting point*), reaksi ikatan silang dan bahkan depolimerisasi (Stevens, 2001).

b. Sifat Mekanik

Sifat mekanik merupakan aspek yang sangat mendasar untuk sebuah bahan polimer yang komersial. Beberapa sifat mekanik pada sampel polimer adalah kekuatan tarik, kompresif, dan fleksur. Kekuatan tarik adalah ketahanan suatu polimer terhadap tarikan. Kekuatan kompresif adalah ukuran sampai dimana suatu sampel polimer bisa ditekan sebelum rusak. Kekuatan fleksur adalah ukuran dari ketahanan terhadap patahan, atau patah cepat. Sifat-sifat mekanik dimanifestasikan pada kelakuan perpanjangan dan tegangan. Hal ini terjadi sebagai akibat adanya reorientasi molekul sebagai akibat respon terhadap gaya-gaya yang diberikan (Stevens, 2001).

Uji kekuatan tarik didefinisikan sebagai besarnya gaya luar (beban) maksimum dibagi luas penampang semula. Tegangan tarik (σ) adalah gaya yang diaplikasikan (F) dibagi dengan luas penampang (A_0) yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A_0} \quad (2)$$

dimana:

σ = kekuatan tarik (kgf/mm^2)

F_{max} = beban maksimum (kgf)

A_0 = luas penampang semula (mm^2)

Perpanjangan tarik (Δl) didefinisikan sebagai perubahan panjang sampel dibagi dengan panjang awal, yang dirumuskan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (3)$$

dimana:

ε sebagai perpanjangan tarik,

Δl sebagai perubahan panjang sampel,

l sebagai panjang mula-mula.

Perbandingan tegangan terhadap perpanjangan disebut dengan modulus tarik (E) yang merupakan ukuran ketahanan terhadap tegangan tarik.

Modulus tarik (E) dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

dimana:

E sebagai modulus tarik,

σ sebagai tegangan tarik,

ε sebagai perpanjangan tarik.

Selulosa merupakan bahan dengan kandungan serat yang tinggi. Sifat serat akan memperlihatkan suatu gradien yang curam (modulus yang tinggi) dan mempertahankan tegangan yang lebih besar sebelum putus. Pada polimer yang amorf, penerapan tegangan bisa menaikkan kekristalannya yang berakibat menaikkan modulus. Untuk polimer-polimer yang sangat kristal (serat) akan memperlihatkan perubahan morfologi yang kecil selama penarikan dan patah dengan segera setelah titik deformasi (Stevens, 2001).



III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan mulai bulan Pebruari 2003 bertempat di Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember dan Laboratorium Kimia Fisik Material Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain blender, botol semprot, nampan plastik, neraca analitik, oven, peralatan gelas (beaker glass, gelas ukur, pipet tetes, pipet volume dan pengaduk), pH meter, press kaca, penjepit, pinset, stop watch, stirer magnetik, selotip, jangka sorong, mikrometer, autograph model TM 113 universal testing machine 30 KN, spektrofotometer Infra Merah (FT/IR Perkin Elmer 1600 series), *Scanning Electron Microscopy* (SEM model JSM-35 SC), dan DTA (*Differential Thermal Analysis*).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air kelapa, gula pasir, starter bakteri *Acetobacter xylinum* medium cair, asam asetat glasial, amonium sulfat, etanol, aquades, natrium hidroksida, litium klorida, *powder* poli vinil alkohol dan N,N-dimetilasetamida.

3.3 Rancangan Percobaan

Preparasi Poliblend nata de coco/poli vinil alkohol dilakukan melalui tiga tahap :

- a) penghancuran secara mekanik nata de coco
- b) pelarutan nata de coco dan poli vinil alkohol
- c) blend nata de coco dengan poli vinil alkohol

Parameter penelitian yang dilakukan dalam mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik poliblend nata de coco/PVA, antara lain :

- a) konsentrasi nata de coco
- b) konsentrasi poli vinil alkohol
- c) lama pencampuran

Dalam setiap tahap pencampuran, salah satu variasi dibuat konstan dimulai dari parameter pertama. Hasil optimum tahap sebelumnya digunakan untuk perlakuan berikutnya. Kondisi optimum diperoleh dari analisa sifat fisik poliblend nata de coco/poli vinil alkohol.

Selulosa bakterial nata de coco yang digunakan diperoleh dari fermentasi *Acetobacter xylinum* dalam medium air kelapa.

Diagram alir kerja percobaan dan pernyiapan nata de coco disampaikan pada lampiran 1.

3.4. Prosedur Percobaan

3.4.1 Pembuatan Pelarut DMAc-LiCl

Litium klorida ($\text{LiCl}_{(s)}$) dikeringkan selama 24 jam pada suhu $\sim 80^{\circ}\text{C}$ dalam oven. Larutan DMAc-LiCl dibuat dengan mencampurkan $\text{DMAc}_{(l)}$ dengan $\text{LiCl}_{(s)}$ sehingga diperoleh konsentrasi LiCl sebesar 4,5 % (w/v), kemudian distirer pada suhu 50°C sampai homogen (Patel, 1995).

3.4.2 Pembuatan Nata de Coco

Media fermentasi dalam pembuatan Nata de Coco terdiri dari air kelapa, gula pasir, amonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) dan asam asetat glasial. Pertama air kelapa dipanaskan sampai mendidih. Setelah itu bau ditambahkan 10 % gula pasir dan 2,5 % amonium sulfat diaduk sampai larut sempurna. Larutan yang terbentuk didinginkan. Setelah dingin ditambahkan 1 % asam asetat glasial kemudian diinokulasi dengan starter bakteri sebanyak 10 % dan diinkubasi pada temperatur kamar selama 10 hari (Wasposito, 2000). Presentase dari setiap bahan yang ditambahkan mengacu pada jumlah air kelapa yang digunakan.

3.4.3 Pemurnian Nata de Coco

Bentuk nata de coco hasil fermentasi berupa *gel* selanjutnya dicuci dengan air mengalir. *Gel* nata de coco direndam dalam air semalam. Setelah direndam, dicuci dengan NaOH 2 % selama 1 jam pada suhu 95°C. Dicuci kembali dengan air sampai pH-nya netral (Yulianto, 2000). *Gel* nata de coco murni didegradasi mekanik dengan menggunakan blender. Bubur nata de coco yang diperoleh direndam dalam etanol absolut selama 10 menit kemudian dikeringkan pada temperatur 100 °C dalam oven.

3.4.4 Preparasi Poliblend Nata de Coco/Poli vinil alkohol

Penyiapan larutan nata de coco dan poli vinil alkohol dilakukan dengan melarutkan bubuk nata de coco dan serbuk poli vinil alkohol dalam DMAc-LiCl 4,5%_(aq) kemudian distirer sampai homogen (2-3 jam). Konsentrasi larutan nata de coco dan poli vinil alkohol diatur pada 13 % (v/v). Presentase dari setiap bahan yang ditambahkan mengacu pada jumlah pelarut DMAc-LiCl yang digunakan.

Tahap modifikasi poliblend dilakukan dengan mencampur larutan nata de coco dengan larutan poli vinil alkohol menggunakan variasi konsentrasi dan waktu. Parameter konsentrasi nata de coco dan poli vinil alkohol dilakukan dengan memvariasikan volume masing-masing pada proses *blending*. Volume nata de coco divariasikan pada 10, 15 dan 20 mL, dan poli vinil alkohol divariasikan pada 10, 20 dan 30 mL. Parameter waktu yang digunakan adalah 10, 15 dan 20 jam.

Poliblend nata de coco/poli vinil alkohol dibuat dengan metode tuang larutan. Poliblend dicetak dalam bentuk membran untuk memudahkan karakterisasi. Pencetakan membran dipreparasi dengan menguapkan pelarut dalam poliblend pada temperatur 100°C. Poliblend dicetak dengan press kaca, ketebalan diatur dengan penambahan selotip (ketebalan 0,1 mm) pada plat kaca. Press kaca bersama membran di oven kurang lebih 24 jam pada 65°C. Setelah kering membran diambil dan direndam dalam aquades selama 30 menit kemudian dikeringkan.

3.4.5 Karakterisasi Poliblend Nata de coco/Poli vinil alkohol

Tahap modifikasi poliblend nata de coco/poli vinil alkohol menghasilkan jenis membran dengan variasi konsentrasi nata de coco, variasi konsentrasi poli vinil alkohol dan variasi waktu.

a. Uji sifat fisik

Uji sifat fisik yang dilakukan adalah kerapatan, derajat pengembangan, uji tarik.

(1) Uji kerapatan

Membran *poliblend* nata de coco/poli vinil alkohol dari berbagai variasi parameter ditimbang, kemudian hasilnya dibagi dengan volume kering. Penentuan volume kering dilakukan dengan perkalian luas alas x tebal film. Angka kerapatan akan menunjukkan hubungan secara kualitatif dengan derajat kristalinitas material blend.

Pengukuran kerapatan dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Berat film blend selulosa/PVA kering (gram)}}{\text{Volume film (cm}^3\text{)}} \quad (5)$$

(2) Uji derajat pengembangan

Uji derajat pengembangan dilakukan dengan merendam membran *poliblend* nata de coco/poli vinil alkohol dari berbagai variasi parameter kedalam aquades pada suhu kamar sampai tercapai kesetimbangan penyerapan air (berat konstan). Membran diangkat dan derajat pengembangan dihitung dengan persamaan :

$$\% \text{ swelling} = \frac{\text{berat kesetimbangan} - \text{berat awal}}{\text{berat awal}} \times 100\% \quad (6)$$

(Padmavathi dan Chatterji, 1996).

Angka derajat pengembangan akan memberikan informasi secara kualitatif dengan derajat kristalinitas *Poliblend*.

(3) Uji mekanik

Uji mekanik yang dilakukan adalah uji tarik. Alat yang digunakan adalah Autograph. Pengujian dilakukan membran *poliblend* nata de coco/poli vinil alkohol dari berbagai variasi parameter. Uji ini dapat memberikan informasi kuat tarik (Ultimate Tensile Strength) pada membran.

b. Analisis termal

Uji thermal yang dilakukan adalah analisis termal deferensial (DTA). Pembacaan dilakukan pada temperatur 0 °C sampai 700 °C. Uji ini digunakan untuk mengetahui suhu transisi gelas dan titik leleh *poliblend* nata de coco/poli vinil alkohol. *Poliblend* yang diuji adalah *poliblend* optimum hasil optimasi dari semua parameter.

c. Analisis spektroskopi

Uji spektroskopi yang dilakukan adalah karakterisasi spektroskopi infra merah (IR). Metode karakterisasi ini dapat mempelajari perubahan struktur yang terjadi pada nata de coco sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi blend.

Karakterisasi infra merah dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer FT/IR Perkin Elmer 1600 series. Membran *poliblend* dibuat pelet dengan KBr dan spektra dibaca pada bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1} .

d. Analisis morfologi

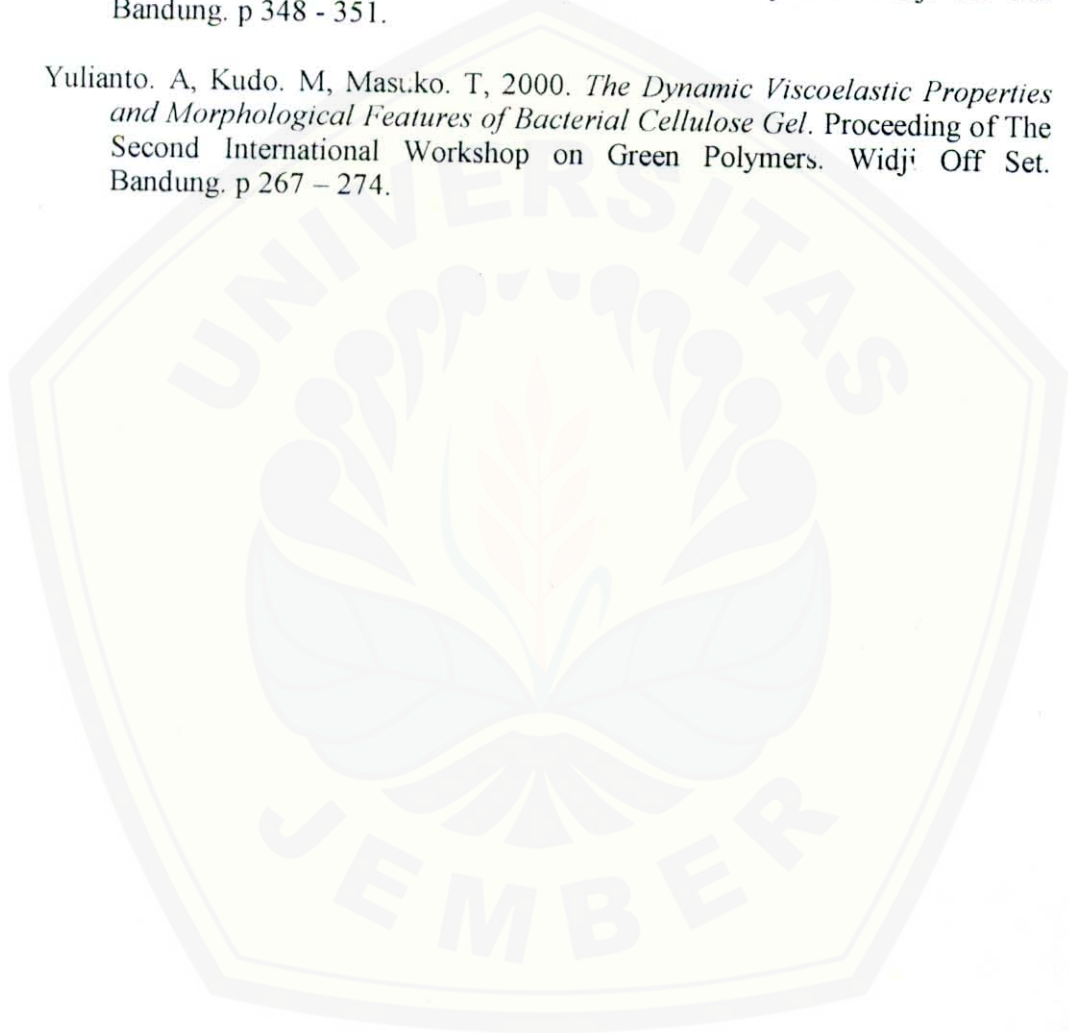
Morfologi *Poliblend* nata de coco/poli vinil alkohol diuji dengan SEM model JSM-35 SC. Perbesaran 3000 x untuk morfo'ogi penampang permukaan dan 1000 x untuk penampang lintang. Sampel dilapisi dengan gold-paladium (Au:80% dan Pd:20%) dengan mesin Ion Sputter JFC – 1100. Pelapisan dilakukan pada tegangan 1,2 Kv, arus listrik sebesar 6 – 7,5 mA, kevakuman diatur pada 0,2 torr dan dilakukan selama 4 menit. Ketebalan pelapisan diatur sebesar 400 Angstrom. Informasi yang didapat menggambarkan morfologi permukaan dan penampang melintang membran *blend* nata de coco/poli vinil alkohol.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnum. R.S, Goh. S.H, Barlow. J.W, and Paul. D.R, 1985. "Excess Heat Capacities of Two Miscible Polymer Blend Systems". *Journal of Polymer Science: Polymer letter edition*. Vol 23. John Wiley & Sons Inc. New York. p 395 – 401.
- Billmeyer. F.W, 1991. *Text Book of Polymer Science*. Second Edition. John Wiley & Sons. New York.
- Binkley. R.W, 1988. *Modern Carbohydrate Chemistry*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Chaplin. M, 2002. "Water structure and Behavior" dalam www.nes.ritech.ac.jp/english/cellulose
- Cowd. M.A, 1991. *Kimia Polimer*. Terjemahan Hari Firman dari *Polymer Chemistry*. Penerbit ITB. Bandung.
- Fengel. D, dan Wegener. G, 1995. *Kayu – Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Gajah Mada University press. Yogyakarta.
- Fessenden. 1999. *Kimia Organik*. Jilid 2. Edisi ketiga. Erlangga. Jakarta.
- Gani. A. A, 1999. *Puncak Absorpsi Potensial Spektrum Inframerah Senyawa P₂O₅*—makalah seminar orientasi karyasiswa calon tenaga edukatif proyek DUE. Jurusan kimia FMIPA Universitas Jember. Jember.
- Giyarto. 1997. *Teknologi Fermentasi – Penuntun praktikum*. Fakultas pertanian. Universitas Jember. Jember.
- Hesse. M, Meier. Herbert, and Zeeh. B, 1997. *Spectroscopic Methods in Organic Chemistry*. Georg Thieme Verlag. Stuttgart.
- Iguchi. M, Yamanaka. S, and Budhiono. A, 2000. "Review Bacterial Cellulose-A Master Piece of Nature's Art". *Journal of Material Science*. Vol 35. p 1-10.
- Khopkar. S.M, 1990. *Konsep-Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI-press. Jakarta.
- Kim. D.H, and Kim. S.C, 1989. "Effects of Curing Conditions on The Properties of The Dynamically Cured EPDM/HDPE Blends". *Polymer Buletin*. Vol 21. John Wiley & Son Inc. New york. p 401 – 408.
- Krystynowicz. A, and Bielecki. S, 2001. "Biosynthesis of Bacterial Cellulose and It's Potential Application in The Different Industry" dalam <http://www.biotechnology.pl.com/science/krystynimicz.htm>

- Malcolm B. R, 1999. "Cellulose Structure and Biosynthesis". *Journal Macromolecul: Pure Appl. Science*. Vol 71. Great Britain. P 767-775.
- Mark. F. H, Donal. F. H, John J. M, 1968 a. "Encyclopedia of Chemical Technology – second edition", Volume 19. John Wiley & Son Inc. New york.
- _____, 1968 b. "Encyclopedia of Chemical Technology – second edition", Volume 21. John Wiley & Son Inc. New york.
- Mulder. M, 1991. *Basic Principles of Membrane Technology*. Kluwer Academic Publisher. Netherlands.
- Nagy. D.J, 1986. "Molecular Weight Determination of Poly (Vinyl Alcohol) Using Aqueous Size Exclusion Chromatography/Low-Angle Laser Light Scattering". *Journal of Polymer Science: Polymer letter edition*. Vol 24. John Wiley & Sons Inc. New York. p 87 – 93.
- Natansohn. A, 1985. "Exothermal Effect of Phase Separation in Miscible Polymer Blends". *Journal of Polymer Science: Polymer letter edition*. Vol 23. John Wiley & Sons Inc. New York. p 305 – 308.
- Padmavathi. N.Ch, and Chatterji. P.R, 1996. "Structural Characteristics and Swelling Behavior of Poly (Ethylene Glycol) Diacrylate Hydrogels". *Journal macromolekul*. vol 29. p 1976-1979.
- Patel. K, and Manley. St. John, 1995. "Carbon Dioxide Sorption and Transport in Miscible Cellulose/Poly (Vinyl Alcohol) Blends". *Journal Macromolecul*. Vol 28. p 5793-5798.
- Piluharto B, 2001. *Studi Awal Penggunaan Nata de Coco Sebagai Membran Ultrafiltrasi*. Tesis. ITB. Bandung.
- Rabek. J.F, 1980. *Experimental Methods in Polymer Chemistry*. Wiley-Interscience. New york.
- Saunders. K.J, 1994. *Organic Polymer Chemistry*. Second Edition. Black Academic & Profesional. London.
- Saxena. I.M, Dandekar. T, and Brown. R.M, 2001. "Mechanism in Cellulose Biosynthesis" dalam http://esf.edu/ec/conference3/cell_pdf/saxena.pdf.
- Schartel. B, Wendling. J. and Wendorff. J.H, 1996. "Cellulose/Poly (Vinyl Alcohol) Blends. I. Influence of Miscibility and Water Content on Relaxations". *Journal macromolecul*. vol 29. Great Britain. p 1521-1527.
- Stevens. M.P, 2001. *Kimia Polimer*. Terjemahan Iis Sopyan dari *Polymer Chemistry : An Introduction*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

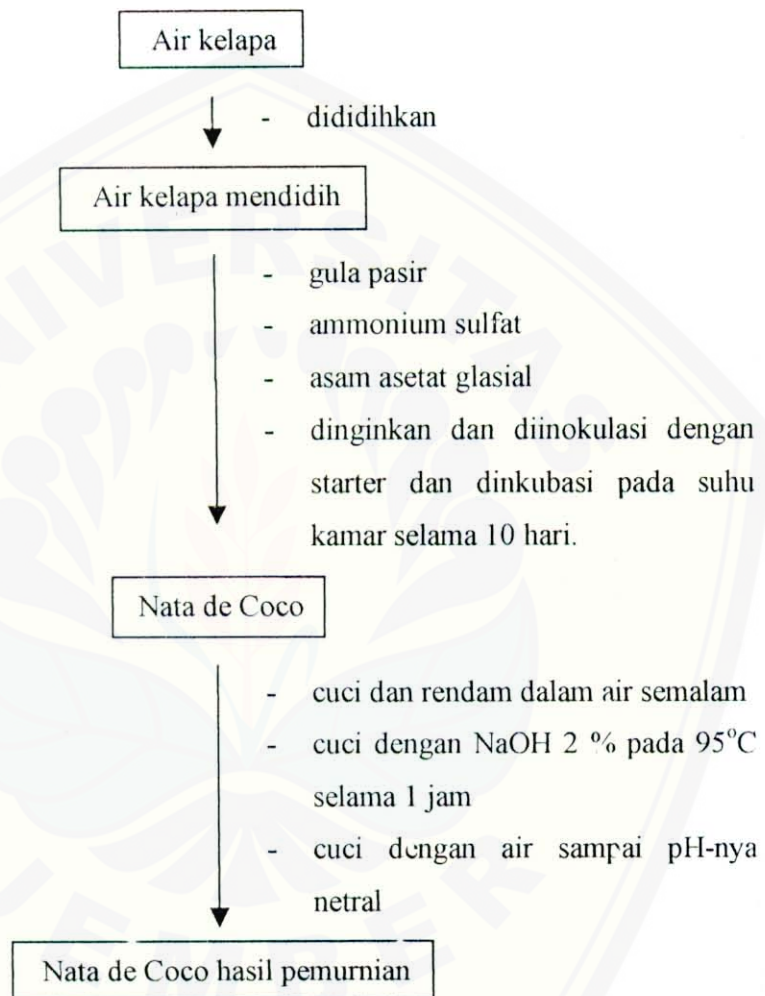
- Suranti. 1990. *Laporan Penelitian : Usaha Memperinggi hasil Nata de Coco dengan Penambahan Kecambah Kedelai*. Pusat Penelitian Universitas Jember. Jember.
- Surdia. N.M, 2000. *Green Polymer in Indonesia*. Proceeding of The Second International Workshop on Green Polymers. Widji Off Set. Bandung. p 9 -11.
- Waspodo. P, Budhiono. A, and Sujono. N, 2000. *Viability of Dried Starter of Acetobacter xylinum and Their Yields of Bacterial Cellulose*. Proceeding of The Second International Workshop on Green Polymers. Widji Off Set. Bandung. p 348 - 351.
- Yulianto. A, Kudo. M, Masuko. T, 2000. *The Dynamic Viscoelastic Properties and Morphological Features of Bacterial Cellulose Gel*. Proceeding of The Second International Workshop on Green Polymers. Widji Off Set. Bandung. p 267 - 274.



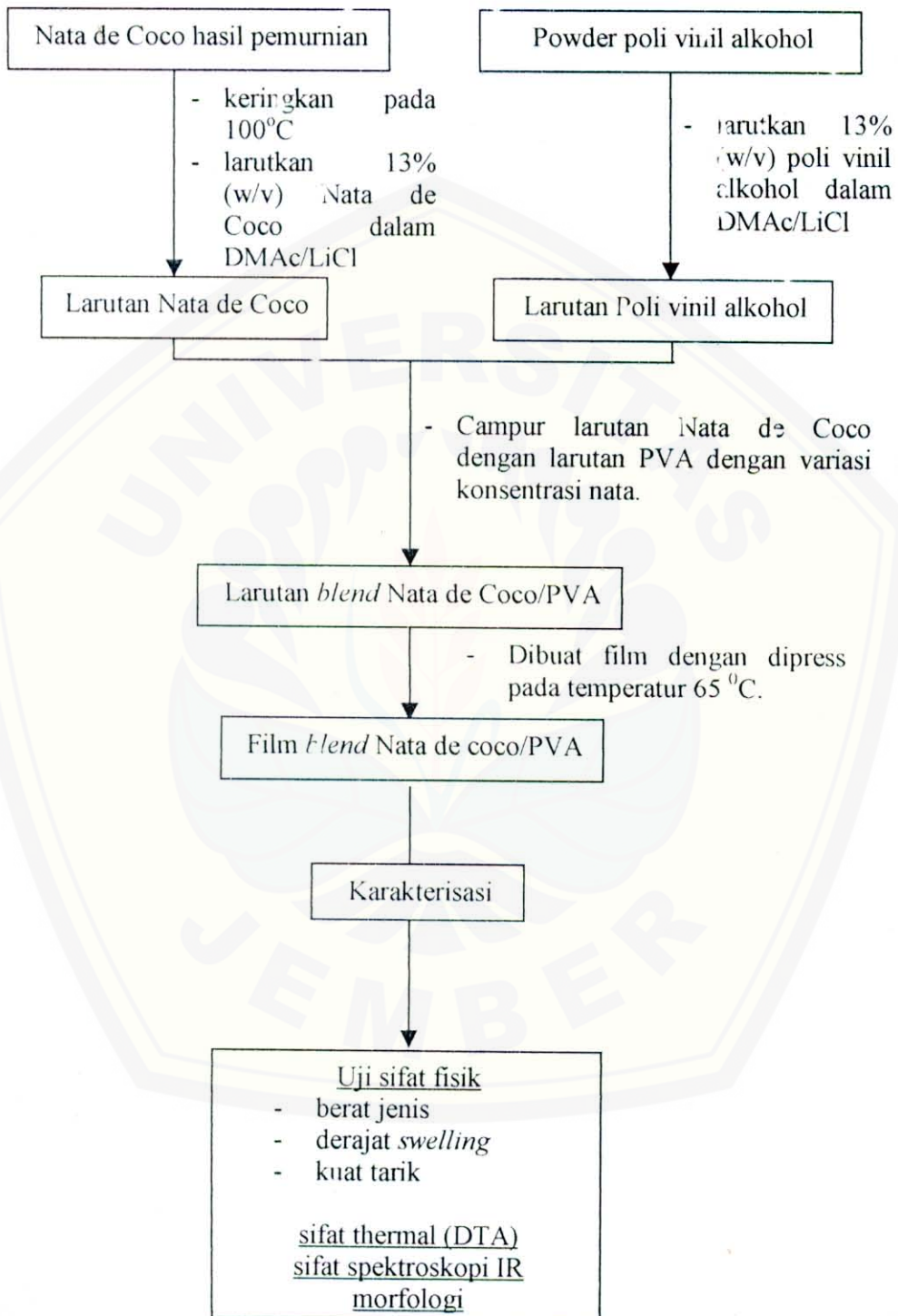
Lampiran 1

Diagram alir modifikasi nata de coco murni dengan metode blend

1. Pembuatan dan pemurnian nata de coco



2. Modifikasi *Blend* Nata de coco/Poli vinil alkohol (PVA) dan karakterisasinya



Lampiran 2

Hasil pengukuran sifat fisik ; kerapatan jenis, derajat swelling dan kuat tarik pada nata de coco murni dan blend nata de coco/poli vinil alkohol

1. Nata de coco Murni

a. Uji kerapatan

Percobaan	Ulangan	Nata 13% (mL)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (g/cm ³)	Rerata (g/cm ³)	Wujud
1	1	15	0	20	1,0288	1,0768	Padat
	2	15	0	20	1,0699		Padat
	3	15	0	20	1,1317		Padat
					SD = 0,0518 RSD = 4,8088%		

b. Uji derajat swelling

Percobaan	Ulangan	Nata 13% (mL)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (%)	Rerata (%)
1	1	15	0	20	5,4545	5,8182
	2	15	0	20	6,0000	
	3	15	0	20	6,0000	
					SD = 0,3149 RSD = 5,4127%	

c. Uji Kuat tarik

Percobaan	Ulangan	Nata 13% (mL)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (Kg/mm ²)	Rerata (Kg/mm ²)
1	1	15	0	20	28,5714	28,5714
	2	15	0	20	28,5714	
	3	15	0	20	28,5714	
					SD = 0 RSD = 0,0000%	

2. Blend Nata de coco/Poli vinil alkohol

Pengaruh parameter konsentrasi Nata de coco

a. Uji kerapatan

Percobaan	Ulangan	Nata 13% (mL)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (g/cm ³)	Rerata (g/cm ³)	Wujud
1	1	10	10	20	1,3882	1,3051	Padat
	2	10	10	20	1,2500		Padat
	3	10	10	20	1,2769		Padat
					SD = 0,0733		
					RSD = 5,6155%		
2	1	15	10	20	1,4429	1,4229	Padat
	2	15	10	20	1,4615		Padat
	3	15	10	20	1,3643		Padat
					SD = 0,051603		
					RSD = 3,6270%		
3	1	20	10	20	1,2963	1,2675	Padat
	2	20	10	20	1,1852		Padat
	3	20	10	20	1,3210		Padat
					SD = 0,0723		
					RSD = 5,7073%		

b. Uji derajat swelling

Percobaan	Ulangan	Nata 13% (mL)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (%)	Rerata (%)
1	1	10	10	20	126,9649	123,461
	2	10	10	20	121,6867	
	3	10	10	20	122	
					SD = 2,8054	
					RSD = 2,2723%	
2	1	15	10	20	68,5864	64,0756
	2	15	10	20	60,2740	
	3	15	10	20	63,3663	
					SD = 4,2013	
					RSD = 6,5569%	
3	1	20	10	20	88,5057	87,8882
	2	20	10	20	81,1111	
	3	20	10	20	94,0476	
					SD = 6,4903	
					RSD = 7,3848%	

c. Uji Kuat tarik

Percobaan	Ulangan	Nata 13% (mL)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (Kg/mm ²)	Rerata (Kg/mm ²)
1	1	10	10	20	19,4444	19,4444
	2	10	10	20	19,4444	
	3	10	10	20	19,4444	
					SD = 0,0000	
					RSD = 0,0000%	
2	1	15	10	20	35,7142	36,5089
	2	15	10	20	38,0982	
	3	15	10	20	35,7142	
					SD = 1,3764	
					RSD = 3,7701%	
3	1	20	10	20	18,1818	18,1818
	2	20	10	20	18,1818	
	3	20	10	20	18,1818	
					SD = 0,0000	
					RSD = 0,0000%	

**Pengaruh parameter konsentrasi Poli vinil alkohol
a. uji kerapatan**

Percobaan	Ulangan	Nata 13% (mL)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (g/cm ³)	Rerata (g/cm ³)	Wujud
1	1	15	10	20	1,4429	1,4229	Padat
	2	15	10	20	1,4615		Padat
	3	15	10	20	1,3643		Padat
					SD = 0,051608 RSD = 3,6270%		
2	1	15	20	20	1,4700	1,5021	Padat
	2	15	20	20	1,5000		Padat
	3	15	20	20	1,5364		Padat
					SD = 0,0532 RSD = 2,2124%		
3	1	15	30	20	1,3354	1,3447	Padat
	2	15	30	20	1,3519		Padat
	3	15	30	20	1,3467		Padat
					SD = 0,0723 RSD = 0,6221%		

b. Uji derajat swelling

Percobaan	Ulangan	Nata 13% (mL)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (%)	Rerata (%)
1	1	15	10	20	68,5864	64,0756
	2	15	10	20	60,2740	
	3	15	10	20	63,3663	
					SD = 4,2013	
					RSD = 6,5569%	
2	1	15	20	20	174,8299	171,1530
	2	15	20	20	168,9349	
	3	15	20	20	169,3939	
					SD = 3,2790	
					RSD = 1,9170%	
3	1	15	30	20	150,6849	152,7560
	2	15	30	20	153,6232	
	3	15	30	20	153,9604	
					SD = 1,8016	
					RSD = 1,1794%	

c. Uji Kuat tarik

Percobaan	Ulangan	Nata 13% (mL)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (Kg/mm ²)	Rerata (Kg/mm ²)
1	1	15	10	20	35,7142	36,5089
	2	15	10	20	38,0982	
	3	15	10	20	35,7142	
					SD = 1,3764	
					RSD = 3,7701%	
2	1	15	20	20	11,9047	12,1693
	2	15	20	20	12,6985	
	3	15	20	20	11,9047	
					SD = 0,4583	
					RSD = 3,7660%	
3	1	15	30	20	4,5455	4,3771
	2	15	30	20	4,0404	
	3	15	30	20	4,5454	
					SD = 0,2916	
					RSD = 6,6617%	

Pengaruh parameter waktu
a. uji kerapatan

Percobaan	Ulangan	Nata 13% (mL)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (g/cm ³)	Rerata (g/cm ³)	Wujud
1	1	15	10	10	1,7308	1,6607	Pada
	2	15	10	10	1,6429		Pada
	3	15	10	10	1,6083		Pada
					SD = 0,0631 RSD = 3,8014%		
2	1	15	10	15	1,5500	1,5836	Padat
	2	15	10	15	1,5867		Padat
	3	15	10	15	1,6143		Padat
					SD = 0,0322 RSD = 2,0364%		
3	1	15	10	20	1,4429	1,4229	Padat
	2	15	10	20	1,4615		Padat
	3	15	10	20	1,3643		Padat
					SD = 0,051608 RSD = 3,6270%		

b. Uji derajat swelling

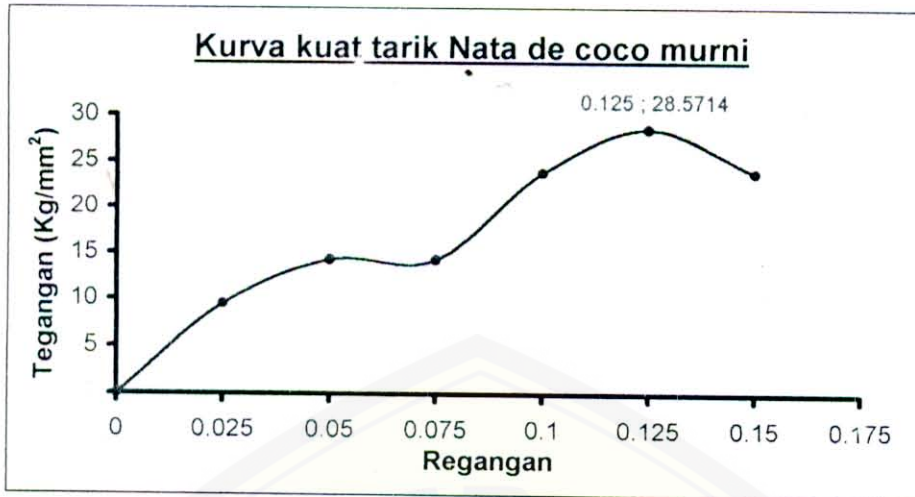
Percobaan	Ulangan	Nata 13% (mL)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (%)	Rerata (%)
1	1	15	10	10	144,7826	143,9060
	2	15	10	10	143,5944	
	3	15	10	10	138,3420	
					SD = 5,1821 RSD = 3,6010%	
2	1	15	10	15	193,5484	192,2550
	2	15	10	15	192,6356	
	3	15	10	15	190,5797	
					SD = 1,5206 RSD = 0,7909%	
3	1	15	10	20	68,5864	64,0756
	2	15	10	20	60,2740	
	3	15	10	20	63,3663	
					SD = 4,2013 RSD = 6,5569%	

c. Uji Kuat tarik

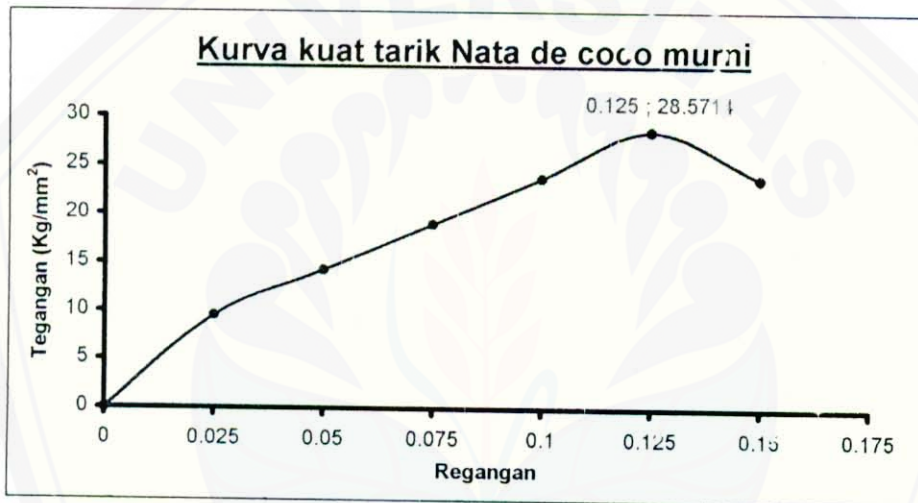
Percobaan	Ulangan	Nata 13% (ml)	PVA 13% (mL)	Waktu (jam)	Hasil (Kg/mm ²)	Rerata (Kg/mm ²)
1	1	15	10	10	11,7647	11,7647
	2	15	10	10	11,7647	
	3	15	10	10	11,7647	
					SD = 0	
					RSD = 0,0000%	
2	1	15	10	15	8,7301	8,7301
	2	15	10	15	8,7301	
	3	15	10	15	8,7301	
					SD = 0,0000	
					RSD = 0,0000%	
3	1	15	10	20	35,7142	36,5089
	2	15	10	20	38,0982	
	3	15	10	20	35,7142	
					SD = 1,3764	
					RSD = 3,7701%	

Kurva kuat tarik nata de coco murni

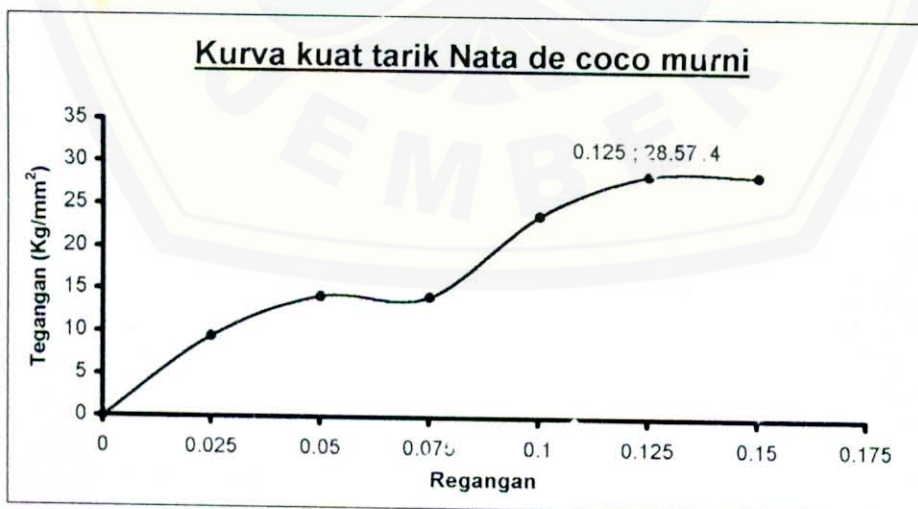
Ulangan ke 1



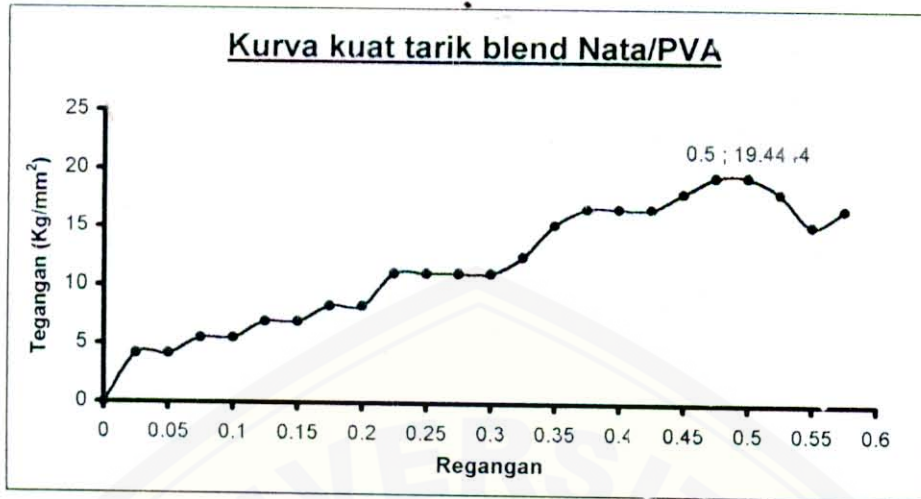
Ulangan ke 2



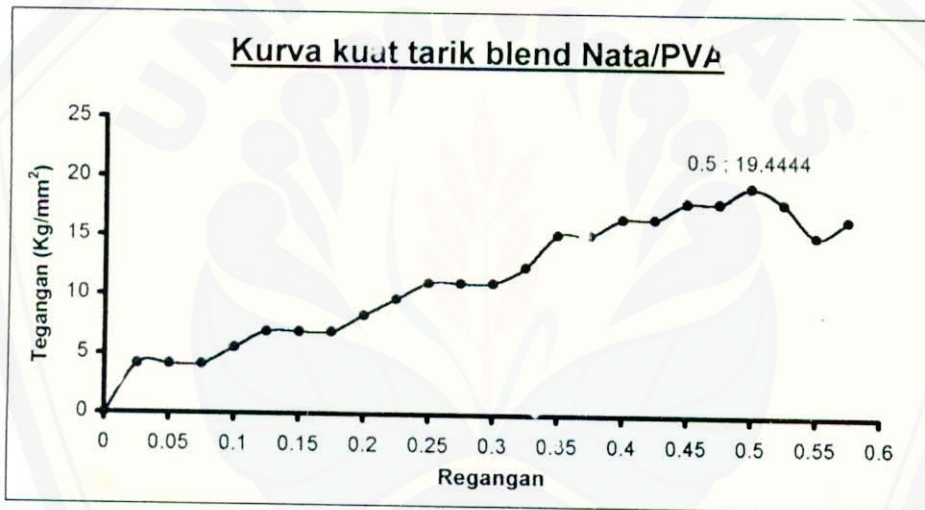
Ulangan ke 3



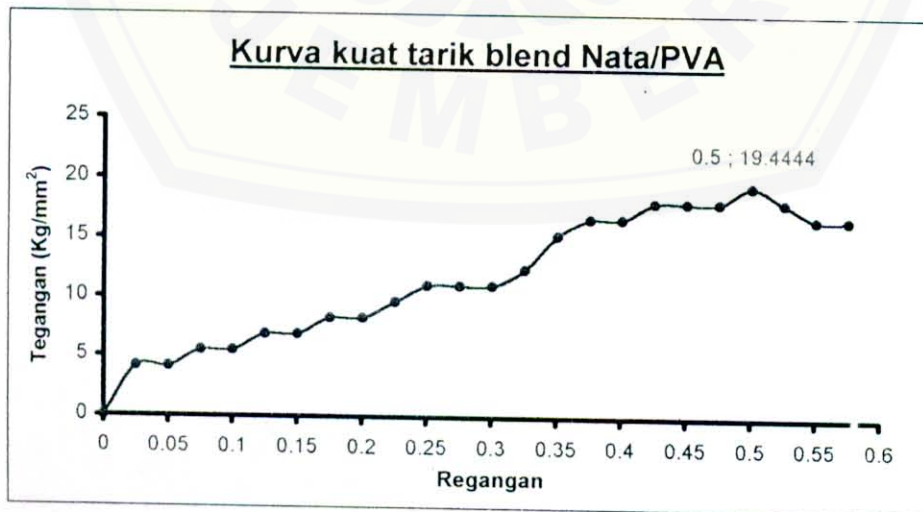
Kurva kuat tarik blend Nata de coco/Poli vinil alkohol
Optimasi parameter konsentrasi Nata de coco
Perbandingan 10/10
Ulangan ke 1



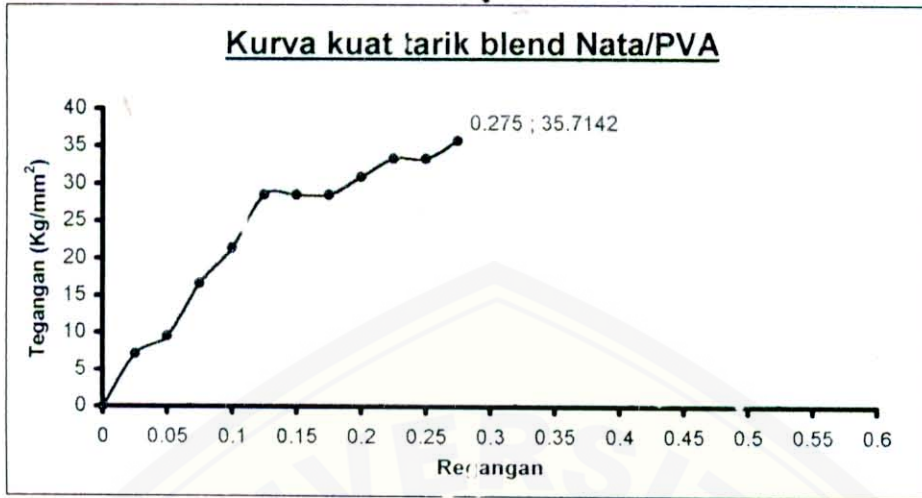
Ulangan ke 2



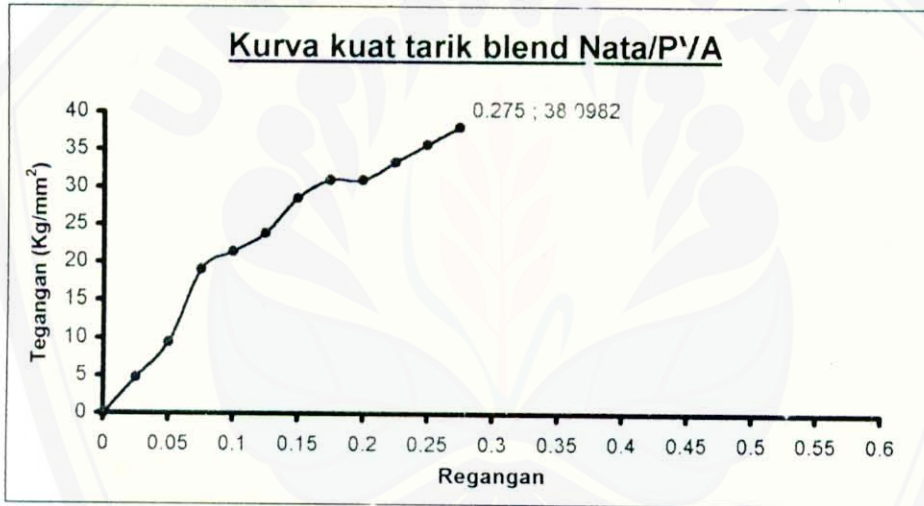
Ulangan ke 3



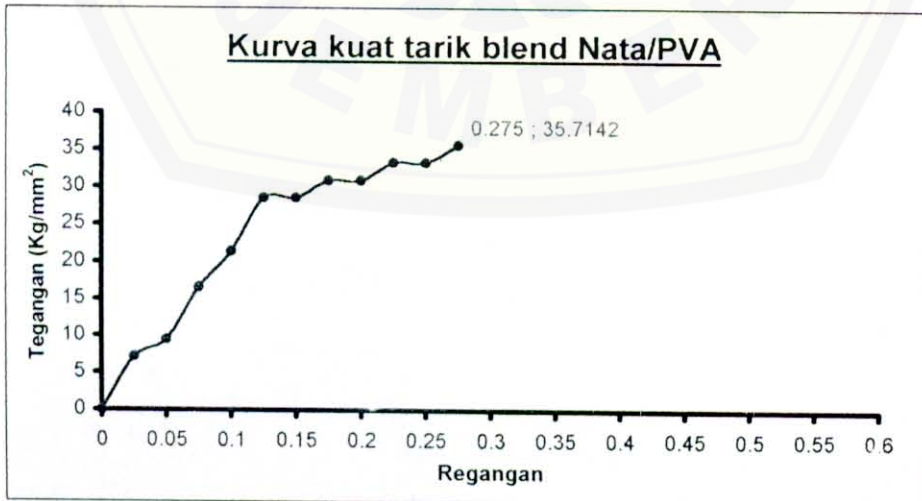
Optimasi parameter konsentrasi Nata de coco
Perbandingan 15/10
Ulangan ke 1



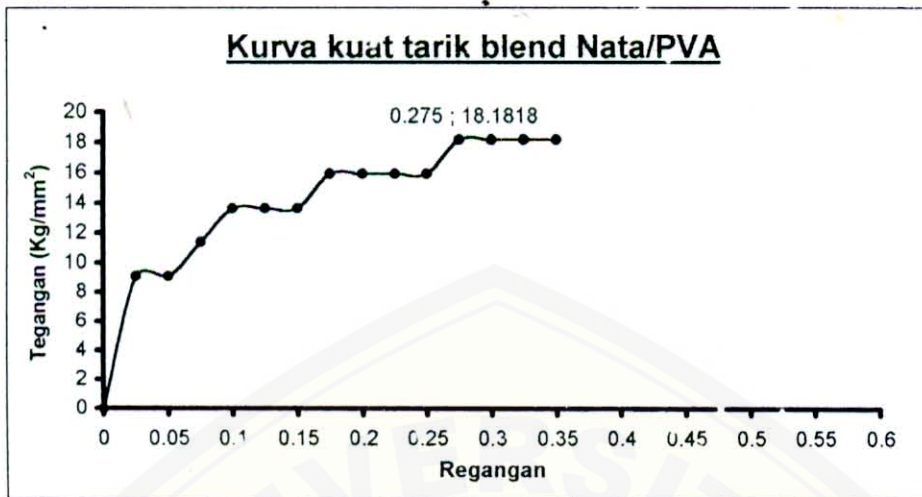
Ulangan ke 2



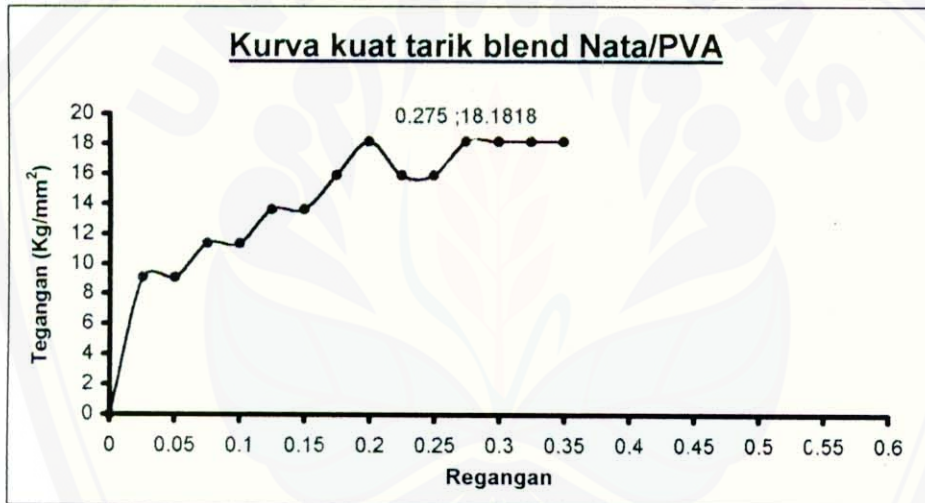
Ulangan ke 3



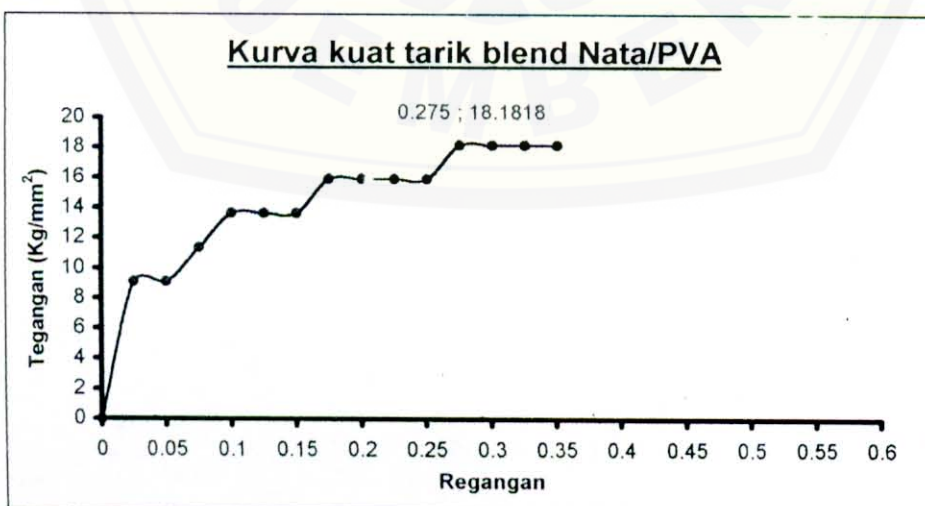
Optimasi parameter konsentrasi Nata de coco
Perbandingan 20/10
Ulangan ke 1



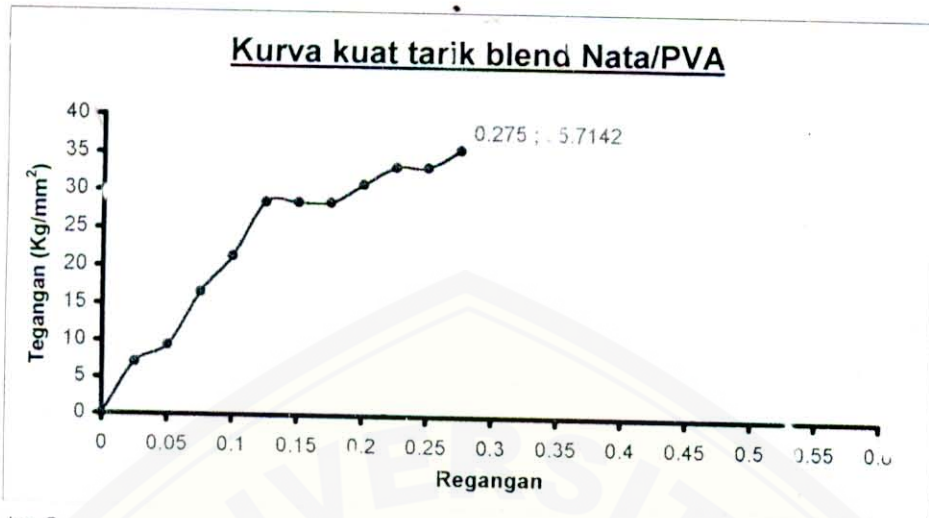
Ulangan ke 2



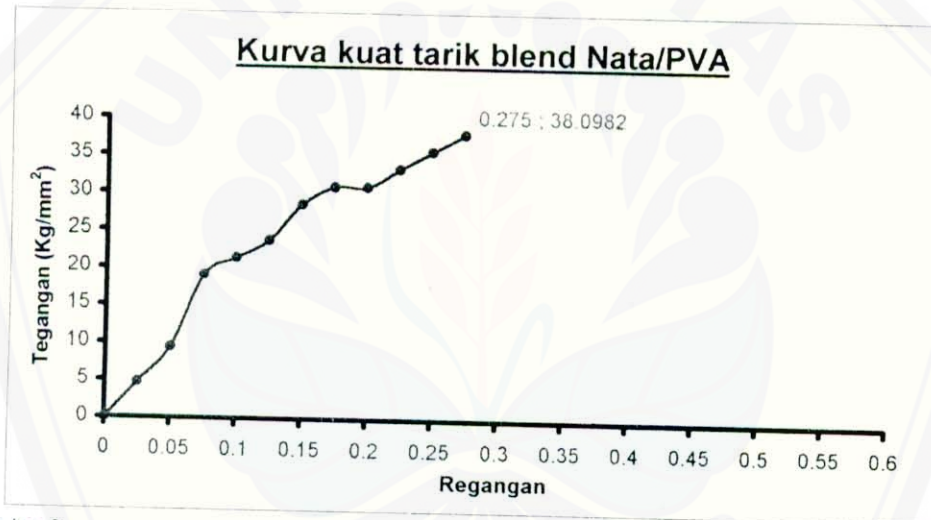
Ulangan ke 3



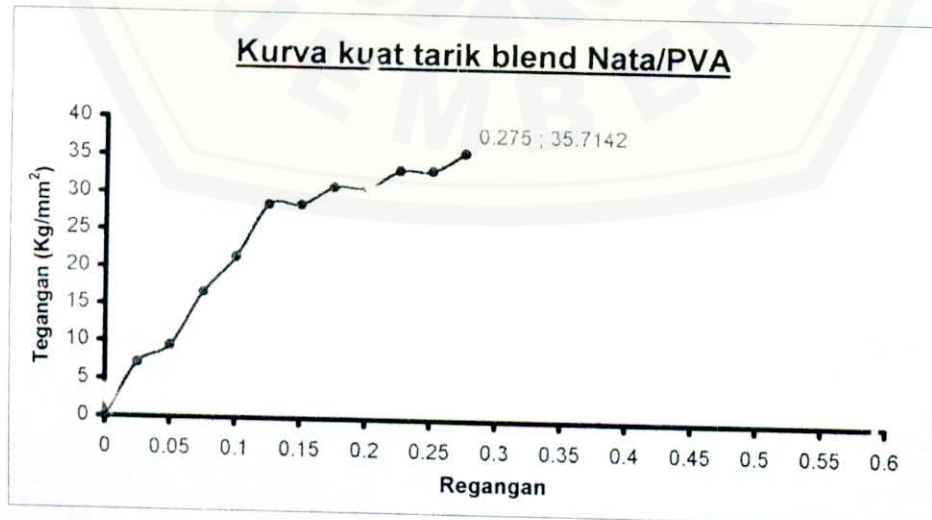
Kurva kuat tarik blend Nata de coco/Poli vinil alkohol
Optimasi parameter konsentrasi Poli vinil alkohol
Perbandingan 15/10
Ulangan ke 1



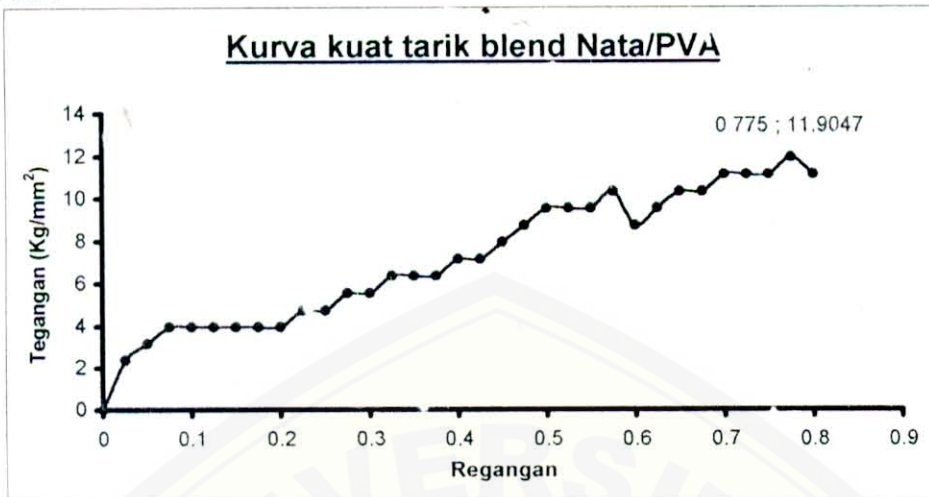
Ulangan ke 2



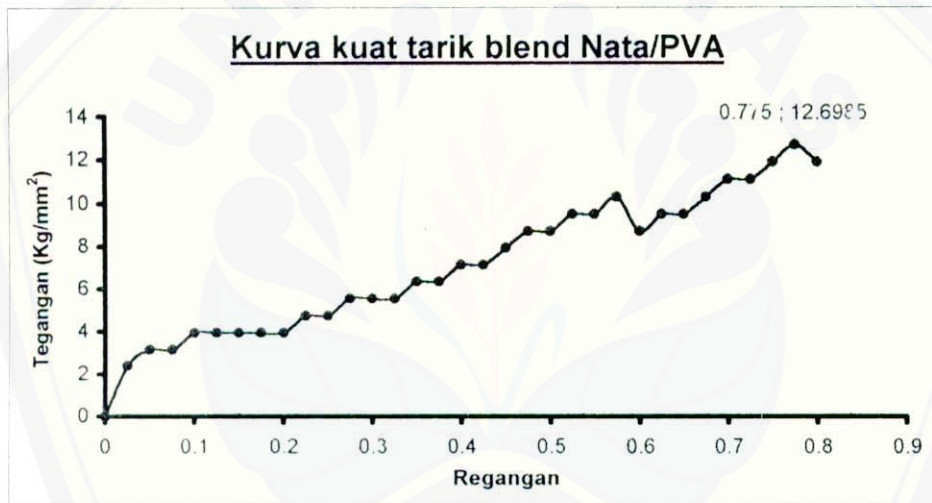
Ulangan ke 3



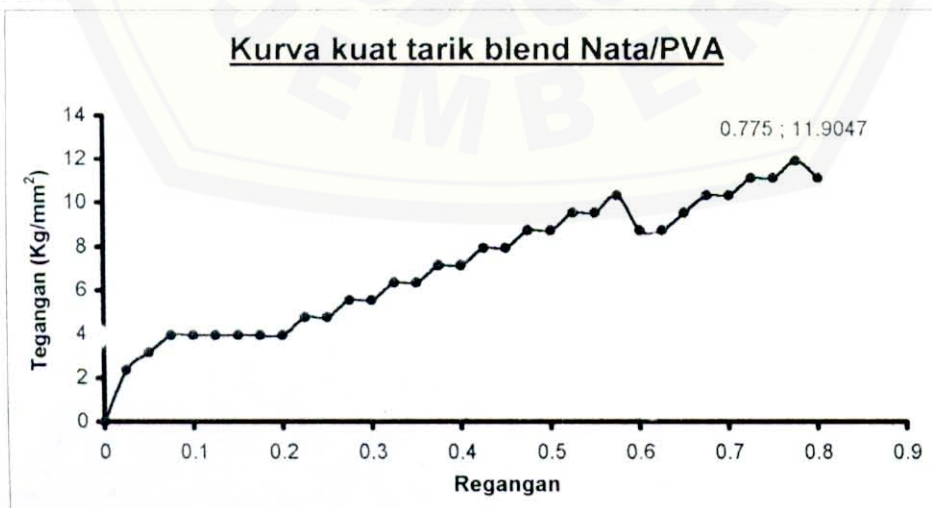
Optimasi parameter konsentrasi Poli vinil alkohol
Perbandingan 15/20
Ulangan ke 1



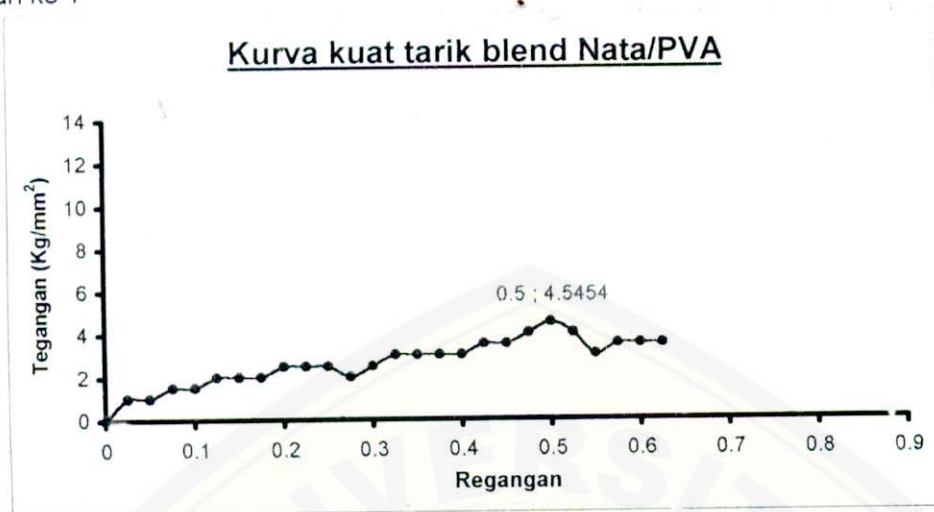
Ulangan ke 2



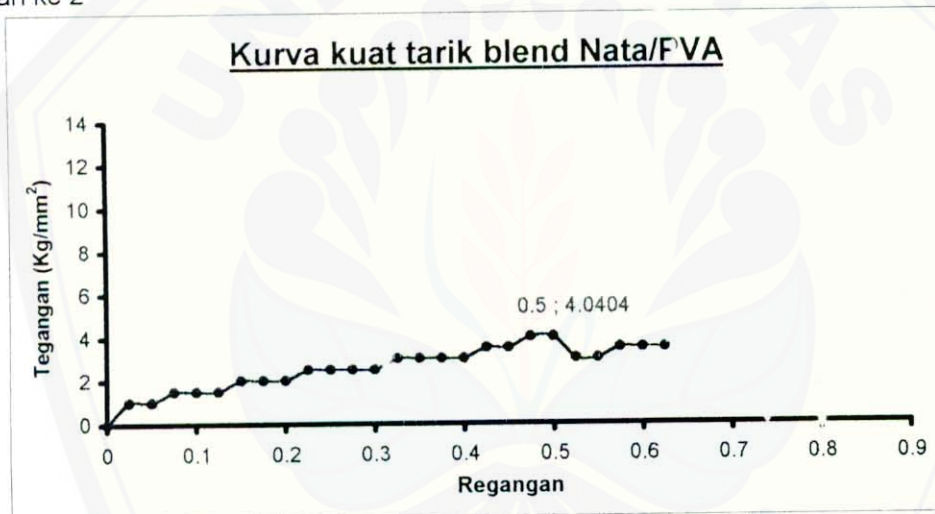
Ulangan ke 3



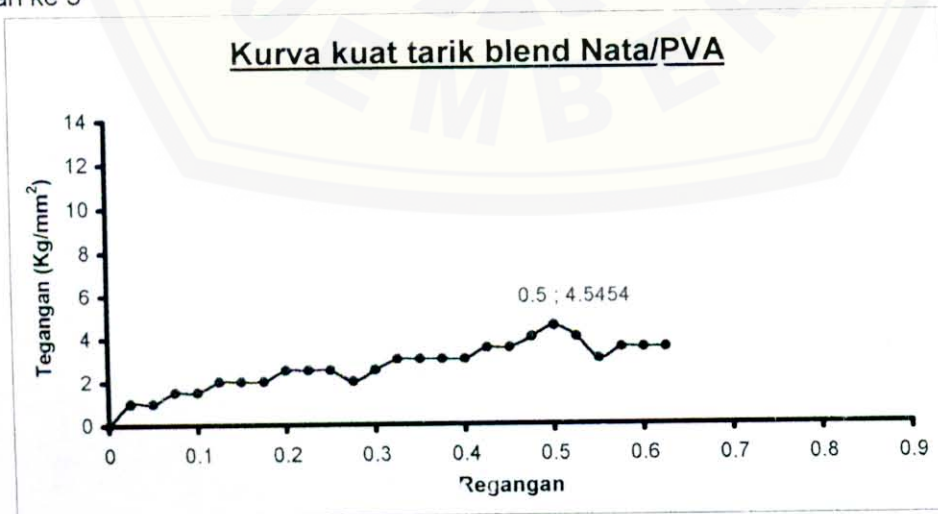
Optimasi parameter konsentrasi Poli vinil alkohol
Perbandingan 15/30
Ulangan ke 1



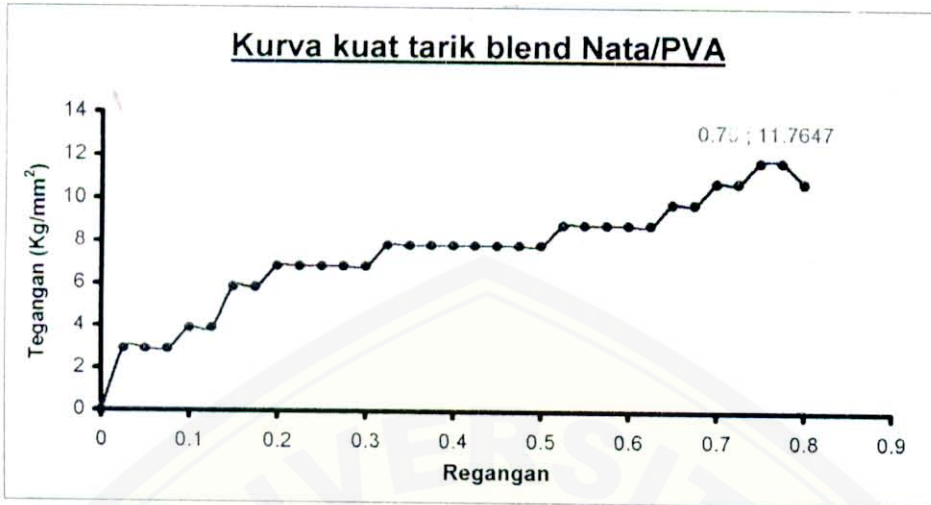
Ulangan ke 2



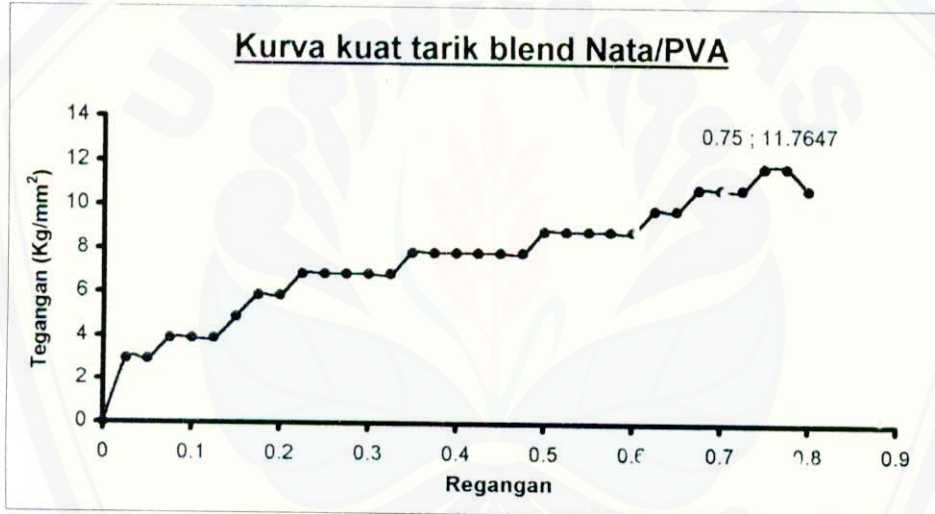
Ulangan ke 3



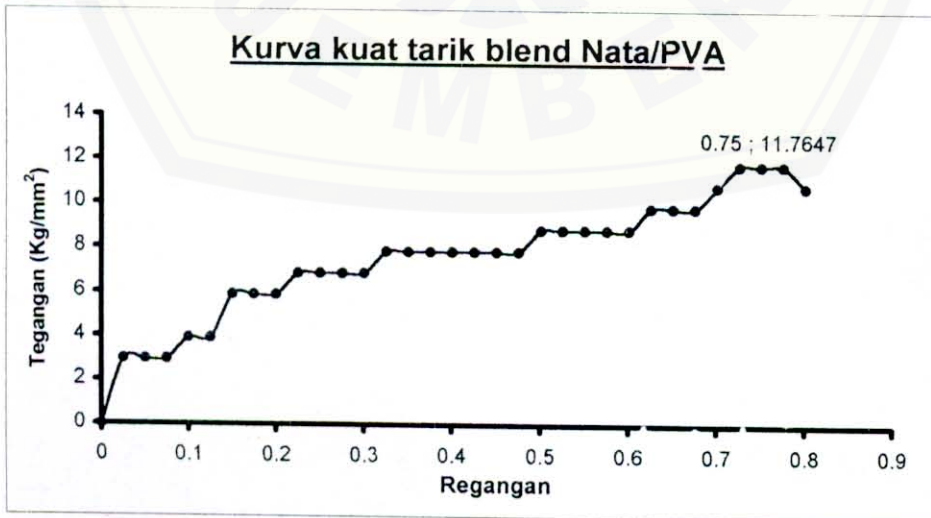
Kurva kuat tarik blend Nata de coco/Poli vinil alkohol
Optimasi parameter Waktu Blend
Waktu blend 10 jam
Ulangan ke 1



Ulangan ke 2



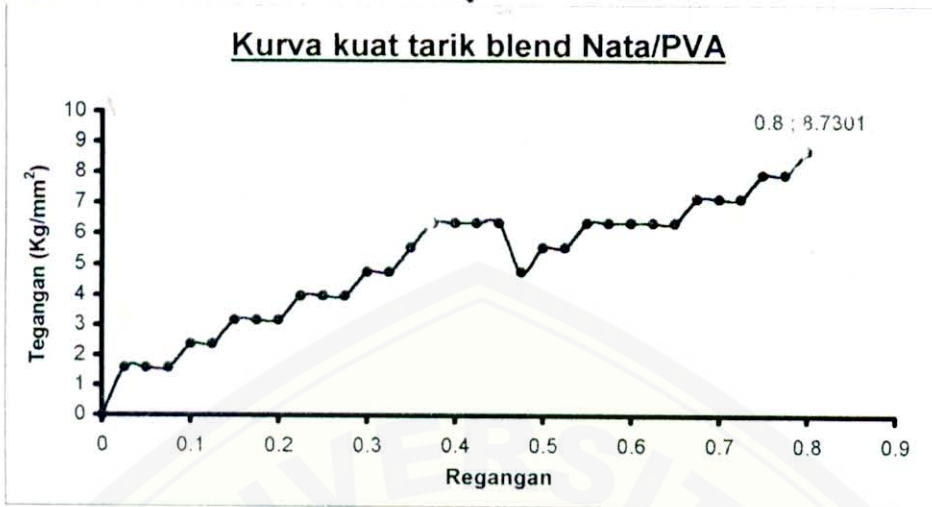
Ulangan ke 3



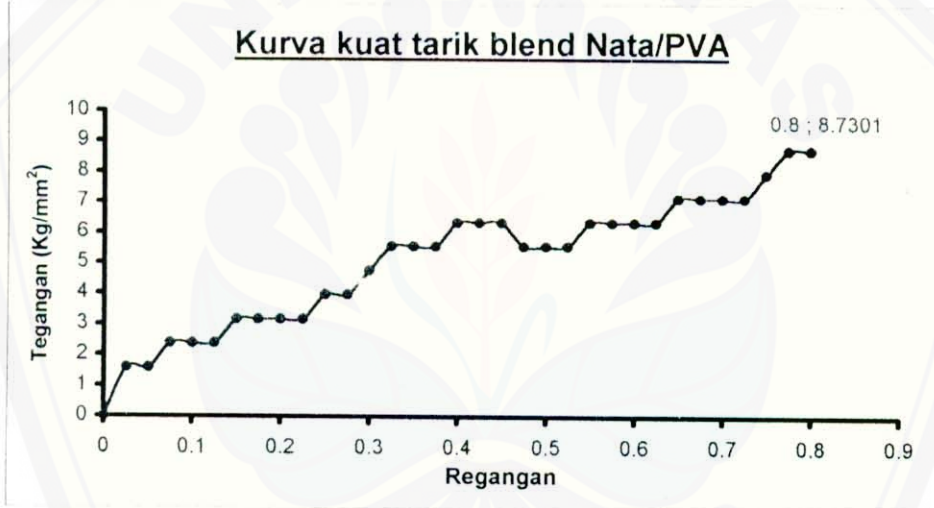
Optimasi parameter Waktu Blend

Waktu blend 15 jam

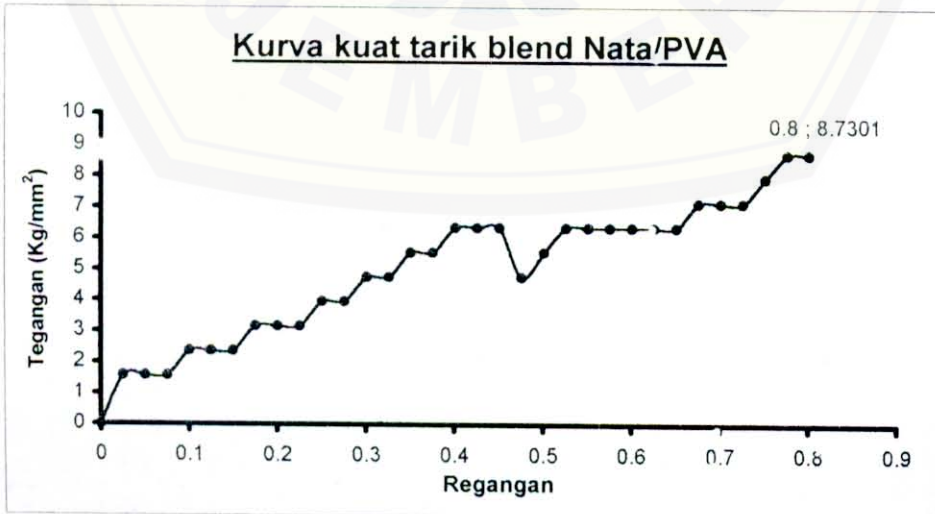
Ulangan ke 1



Ulangan ke 2

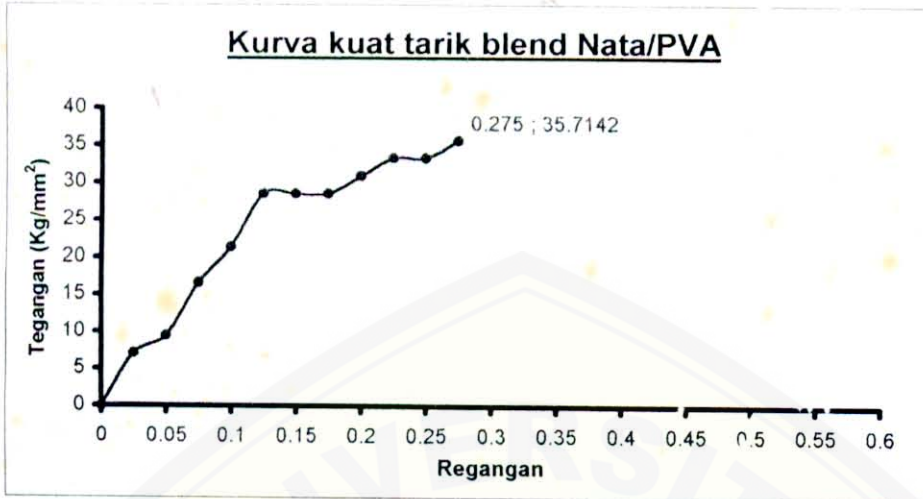


Ulangan ke 3

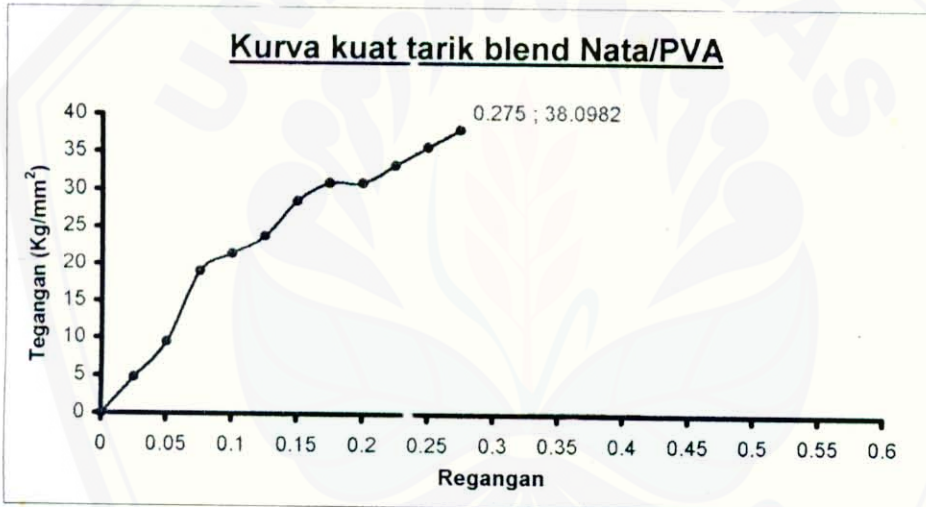




Optimasi parameter Waktu Blend
Waktu blend 20 jam
Ulangan ke 1



Ulangan ke 2



Ulangan ke 3

