



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI SIFAT MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT
SERAT *NATA DE COCO*/ RESIN DENGAN PEMASUKAN
FILLER NANOSILIKA MENGGUNAKAN METODE POST
MODIFICATION**

SKRIPSI

**ANDREA BASKORO PRABOWO
0706269615**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

**DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI SIFAT MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT
SERAT *NATA DE COCO*/ RESIN DENGAN PEMASUKAN
FILLER NANOSILIKA MENGGUNAKAN METODE POST
MODIFICATION**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

**ANDREA BASKORO PRABOWO
0706269615**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

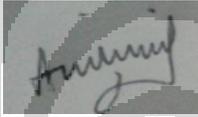
**DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Makalah skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Andrea Baskoro Prabowo

NPM : 0706269615

Tanda Tangan : 

Tanggal : Juni 2011

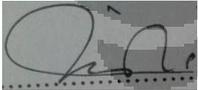
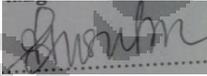
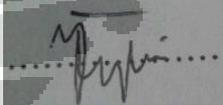
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Andrea Baskoro Prabowo
NPM : 0706269615
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Evaluasi Sifat Mekanik Material Komposit Serat
Nata de coco/ Resin dengan Pemasukan *filler* Nanosilika
Menggunakan Metode *Post-modification*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Asep Handaya S, M.Eng ()
Penguji : Ir. Abdul Wahid, MT ()
Penguji : Ir. Praswasti PDK Wulan, MT ()
Penguji : Dr. Eng. Agus Haryono ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2011

KATA PENGANTAR

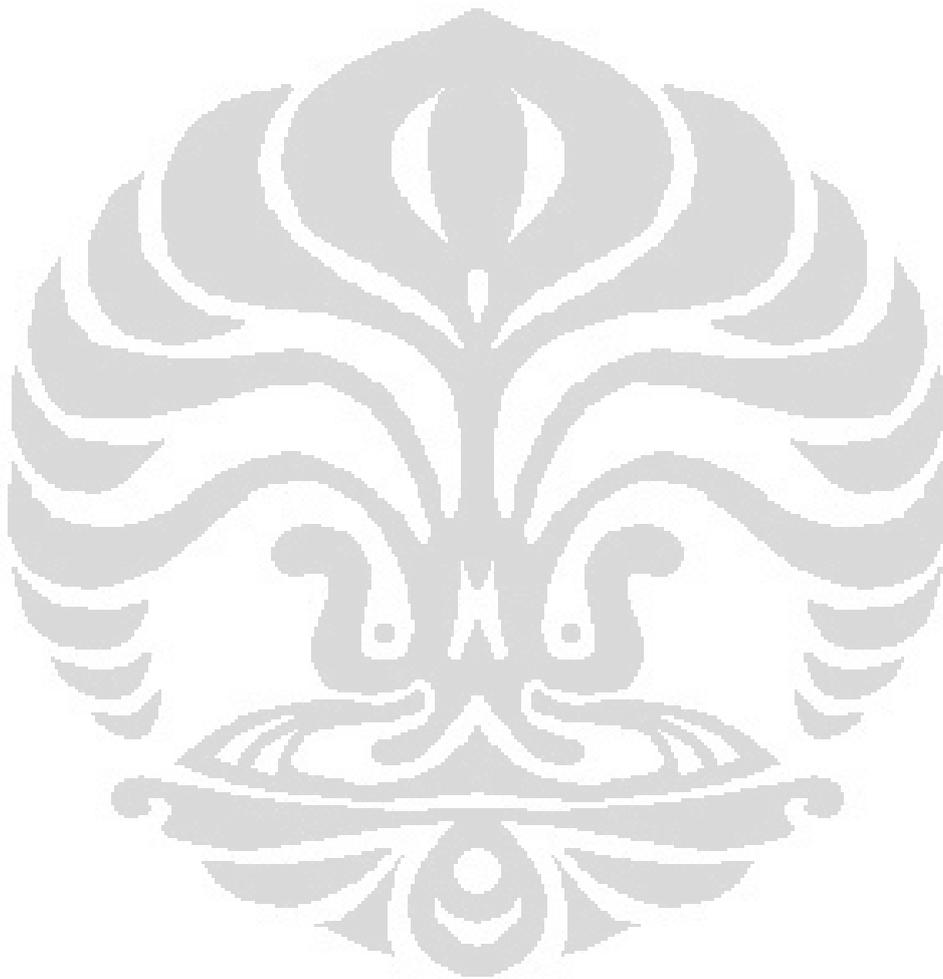
Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, saya dapat membuat makalah skripsi ini hingga selesai. Adapun penulisan makalah skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Dalam pembuatan makalah skripsi ini, saya menyadari terdapat banyak pihak yang turut membantu saya. Untuk itu, saya mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak tersebut, di antaranya:

1. Kedua orang tua saya, Ir. Wandoyo Seputro dan Rosita Aisyah, serta keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan kasih sayang, doa, material dan moral;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA selaku ketua Departemen Teknik Kimia FTUI;
3. Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan makalah skripsi ini;
4. Seluruh dosen Departemen Teknik Kimia UI yang telah mengajar dan memberi saya wawasan sebagai mahasiswa teknik kimia;
5. Sahabat serta rekan-rekan yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan makalah skripsi ini: Mas Darmansyah, M. Hilman Anshari, dan David Karunia Mulyono sebagai teman seperjuangan;
6. Teman-teman Teknik Kimia 2007 atas persahabatan dan dukungan selama kuliah dan penelitian;
7. Intanasa Nurdenti yang telah memberikan dukungan semangat dan dorongan moral selama penyusunan makalah skripsi ini;
8. Kang Jajat dan Mang Ijal atas bantuan teknis dan kerjasamanya selama melakukan penelitian;
9. Mas Taufik, atas bantuannya dalam mencari literatur di perpustakaan, Mas Sriyono yang membantu dalam administrasi, serta karyawan Departemen Teknik Kimia UI yang tidak dapat saya sebutkan semuanya.

Akhir kata, saya berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga makalah skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan ke depannya.

Depok, 9 Juni 2011

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andrea Baskoro Prabowo

NPM : 0706269615

Program Studi : Teknik Kimia

Departemen : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Evaluasi Sifat Mekanik Material Komposit Serat *Nata de coco*/ Resin dengan Pemasukan *Filler* Nanosilika Menggunakan Metode *Post Modification*.

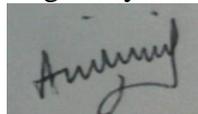
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 10 Juni 2011

Yang menyatakan



(Andrea Baskoro Prabowo)

ABSTRAK

Nama : Andrea Baskoro Prabowo
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Evaluasi Sifat Mekanik Material Komposit Serat *Nata de coco*/
Resin dengan Pemasukan Filler Nanosilika Menggunakan
Metode *Post Modification*

Serat *nata de coco* memiliki karakteristik *biodegradable*, memiliki formasi kristalinitas serat, dan memiliki struktur fisik baik sehingga cocok dikembangkan menjadi material superkuat. Pada penelitian ini dilakukan pemasukan *filler* nanosilika ke dalam serat *nata de coco* dengan menggunakan metode *post modification* (perendaman), serta dipadukan dengan beberapa variasi resin dengan teknik *handlay up* untuk mendapatkan material komposit yang lebih kuat. Dari hasil pengujian SEM-EDX didapat nanosilika terdistribusi merata di dalam serat, jumlah nanosilika yang masuk ke dalam serat sebanding dengan lama perendaman. Dari hasil uji mekanik didapatkan lama perendaman yang optimum adalah 3 hari karena meningkatkan kuat tarik serat dari 85.6 MPa menjadi 316 MPa. Material komposit yang tertinggi kuat tariknya adalah variasi resin polyamide+epoxy yang mencapai kuat tarik sebesar 96.2 MPa.

Kata kunci: *Nata de coco*, nanosilika, komposit

ABSTRACT

Name : Andrea Baskoro Prabowo
Study Program : Chemical Engineering
Title : Evaluation of Mechanical Properties of Composite *Nata de coco* Fiber/ Resin by Nanosilika Filler Dispersing Using Post Modification Method

Nata de coco fiber has the characteristic of biodegradable, has a crystallinity of fiber formation, and has a good physical structure so that suitable to be developed into high strength material. In this study has been carried out nanosilica filler dispersing into *nata de coco* fiber using post modification (immersion) method, and making composite *nata de coco* fiber with some variation of resin using handlay up technique to get stronger composite materials. From the SEM-EDX results found that nanosilica distributed uniformly in the fibers, amount of nanosilica dispersed in the fiber is proportional to the long of immersion. Mechanical test results showed that the optimum immersion time is 3 days because it increases the tensile strength of fiber from 85.6 MPa to 316 MPa. Composite material with the highest tensile strength is a variation of polyamide+epoxy resin with 96.2 MPa of strength.

Keywords: *Nata de coco*, nanosilica, composite

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Komposit	7
2.1.1 Cara Pembuatan Komposit	8
2.1.2 Komponen Penyusun Komposit	8
2.1.2.1 <i>Reinforcement</i> (penguat).....	8
2.1.2.2 Matriks	15
2.2 Nanopartikel	19
2.2.1 Sifat-sifat nanopartikel.....	20
2.2.2 Mekanisme Masuknya Nanopartikel Sebagai <i>Filler</i> ke Dalam Serat	20
2.2.3 Nanosilika	21
2.3 Morfologi dan Sifat Mekanik Material Superkuat	22
2.4 Karakterisasi	23
2.4.1 Scanning Electron Microscopy (SEM)	24
2.4.2 Tensile Test.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1 Rancangan Penelitian.....	26
3.2 Peralatan dan Bahan	27
3.2.1 Bahan Penelitian	27
3.2.2 Peralatan Penelitian	28

3.3 Diagram Alir Penelitian	29
3.4. Prosedur Penelitian	30
3.4.1 Pembuatan <i>nata de coco</i>	30
3.4.2 Pengisian filler nanosilika kedalam serat Nata de Coco	32
3.4.3 Pembuatan Lembaran Serat <i>Nata de Coco</i> Kering	33
3.4.4 Pengujian Komposit Serat <i>Nata de coco</i>	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Proses Pembuatan <i>Nata de coco</i>	36
4.1.1 Perhitungan Kandungan Serat pada Nata de coco yang Dihasilkan	38
4.2 Hasil Pengamatan Perendaman Serat BC pada Suspensi Nanosilika	40
4.2.1 Analisis Hasil SEM	44
4.2.2 Analisis Hasil EDX	47
4.3 Hasil Pengamatan pada Proses Pembuatan Komposit Serat BC dengan Resin	49
4.3.1 Perhitungan Kandungan Serat <i>Nata de coco</i> pada Komposit dengan Resin.....	51
4.4 Hasil Uji Kuat Tarik Material	52
4.4.1 Perbandingan Kuat Tarik Serat <i>Nata de coco</i> dan Komposit Serat <i>Nata de coco</i> /Resin	53
4.4.2 Analisis Pengaruh Lama Perendaman Serat <i>Nata de coco</i> dalam Nanosilika	55
4.4.2.1 Pengaruh Perendaman pada Serat BC Murni.....	55
4.4.2.2 Pengaruh Perendaman pada Komposit Serat <i>Nata de coco</i> /Resin Polyurethane	59
4.4.2.3 Pengaruh Perendaman pada Komposit Serat <i>Nata de coco</i> /Resin Polyamide + Epoxy..	60
4.4.2.4 Pengaruh Perendaman pada Komposit Serat <i>Nata de coco</i> /Resin Silikon.....	62
4.4.3 Analisis Kuat Tarik Serat <i>Nata de coco</i> /Nanosilika Serat <i>decoco</i> /Nanosilika/Resin.	63
4.4.3.1 Perbandingan Kuat Tarik pada Lama Perendaman 1 hari.....	63
4.4.3.2 Perbandingan Kuat Tarik pada Lama Perendaman 3 hari.....	64
4.4.3.3 Perbandingan Kuat Tarik pada Lama Perendaman 7 hari.....	66
4.4.4 Perbandingan Kuat Tarik Komposit yang Dihasilkan dengan Berbagai Material	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN A.....	78
LAMPIRAN B	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kimia Kevlar 29	9
Gambar 2. 2 a. Struktur serat BC b. Susunan serat BC menggunakan SEM.....	13
Gambar 2. 3 Pembentukan polyurethane	17
Gambar 2. 4 Mekanisme pembentukan resin epoxy.....	18
Gambar 2. 5 Struktur polyamide	18
Gambar 2. 6 Struktur kimia resin silikon	19
Gambar 2. 7 Mekanisme pemasukan nanopartikel filler pada serat	20
Gambar 2. 8 Kurva tegangan-regangan	23
Gambar 2. 9 Gambaran singkat uji tarik dan data yang dihasilkan	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pembuatan <i>Nata de Coco</i>	31
Gambar 3. 3 Diagram Alir Penggabungan Serat/ <i>Filler</i> Nanopartikel	32
Gambar 3. 4 Alat SEM (Scanning Electron Microscopy)	34
Gambar 3. 5 Alat SEM-EDX	34
Gambar 3. 6 Alat uji tarik AG-1S 50 KN AUTOGRAPH	35
Gambar 3. 7 a. Alat Uji Tarik, b. Proses Uji Tarik Serat <i>Nata de coco</i>	35
Gambar 4. 1 (a) starter acetobacter xylinum (b) <i>Nata de coco</i>	37
Gambar 4. 2 Serat <i>nata de coco</i> murni kering.....	38
Gambar 4. 3 Serat <i>nata de coco</i> basah dengan lama perendaman 1 hari.....	41
Gambar 4. 4 Serat <i>nata de coco</i> basah dengan lama perendaman 3 hari.....	42
Gambar 4. 5 Serat <i>nata de coco</i> basah dengan lama perendaman 7 hari.....	43
Gambar 4. 6 Serat <i>nata de coco</i> kering dengan lama perendaman:.....	44
Gambar 4. 7 Morfologi serat BC dari hasil SEM dengan perbesaran 4500 x	45
Gambar 4. 8 Hasil SEM dengan perbesaran 10000 x untuk melihat morfologi:	45
Gambar 4. 9 Hasil SEM dengan perbesaran 20000 x untuk melihat morfologi:	46
Gambar 4. 10 Pengaruh lama perendaman terhadap kandungan nanosilika	48
Gambar 4. 11 Cetakan Komposit Serat BC dengan Resin	50
Gambar 4. 12 Perbandingan kuat tarik komposit serat <i>nata de coco</i> dengan resin	53
Gambar 4. 13 Pengaruh lama perendaman terhadap kuat tarik serat <i>nata de coco</i>	56
Gambar 4. 14 Pengaruh kandungan nanosilika terhadap kuat tarik	58
Gambar 4. 15 Pengaruh lama perendaman terhadap kuat tarik serat <i>nata de coco</i> /polyurethane ...	59
Gambar 4. 16 Pengaruh lama perendaman terhadap kuat tarik <i>nata de coco</i> /Polyamide+Epoxy .	61
Gambar 4. 17 Pengaruh lama perendaman terhadap kuat tarik serat <i>nata de coco</i> /Resin Silikon...	62
Gambar 4. 18 Perbandingan kuat tarik serat <i>nata de coco</i> / nanosilika dengan resin (1 hari).....	63
Gambar 4. 19 Perbandingan kuat tarik serat <i>nata de coco</i> / nanosilika dengan resin (3 hari).....	65
Gambar 4. 20 Perbandingan kuat tarik serat <i>nata de coco</i> / nanosilika dengan resin (7 hari).....	66
Gambar 4. 21 Pengaruh Lama perendaman terhadap kuat tarik serat <i>nata de coco</i> dengan resin...	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik fisik dan mekanik silika.....	21
Tabel 2. 2 Sifat mekanik beberapa jenis serat (Sumber: Piao, 2006)	23
Tabel 3. 1 Skematik penelitian	35
Tabel 4. 1 Perhitungan Porsen Serat pada Nata de coco yang Dihasilkan.....	39
Tabel 4. 2 Perhitungan Porsen Serat pada Komposit dengan Resin	51
Tabel 4. 3 Hasil Uji Kuat Tarik.....	52
Tabel 4. 4 Pengaruh kandungan nanosilika dalam serat BC, kandungan serat dalam komposit terhadap kekuatan tarik	68
Tabel 4. 5 Perbandingan Kuat Tarik dengan Berbagai Jenis Material Kuat.....	71



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki kekayaan alam melimpah yang masih dapat diolah lebih lanjut dan dimanfaatkan untuk meningkatkan kesejahteraan bangsa. Salah satu diantaranya adalah kekayaan akan serat alam yang tersusun dari selulosa atau biasa disebut serat selulosa. Serat selulosa dapat dihasilkan dari tumbuhan, dan beberapa jenis bakteri. Pada tumbuhan, selulosa merupakan penyusun dari dinding sel. Untuk mendapatkan serat selulosa dari tumbuhan harus dilakukan beberapa perlakuan untuk mengekstraksi selulosa keluar dari dinding sel tersebut dan disusun menjadi serat. Sementara selulosa bakteri atau biasa disebut *Bacterial Cellulose* (BC) dihasilkan dengan sendirinya oleh bakteri tertentu pada kondisi lingkungan yang dibutuhkan. Serat selulosa akan terbentuk dengan sendirinya dari selulosa-selulosa yang dihasilkan oleh bakteri tersebut jika bakteri tersebut tumbuh pada kondisi lingkungan yang tepat. Potensi ketersediaan serat selulosa yang besar baik dari tumbuhan maupun bakteri tersebut dapat dikembangkan dan diolah lebih lanjut lagi untuk menghasilkan produk-produk yang lebih bermanfaat dan bernilai tinggi.

Karakteristik yang dimiliki oleh serat Selulosa antara lain *biodegradable*, memiliki formasi kristalinitas serat. Serat selulosa secara umum dibagi menjadi dua jenis yaitu serat selulosa tumbuhan dan serat BC. Serat BC memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan serat tumbuhan. Serat BC diketahui memiliki susunan struktur fisik baik yang menciptakan kekuatan mekanik yang lebih baik dibanding serat selulosa tumbuhan. Oleh karena susunan struktur fisik yang lebih baik BC memiliki modulus young yang lebih tinggi dibanding dengan serat selulosa tumbuhan. Serat BC dapat memiliki nilai modulus young sebesar 30GPa, sementara serat selulosa tumbuhan berupa *Micro Fibrillated Cellulose* (MFC) hanya dapat mencapai nilai modulus young sebesar 19 GPa (K. Dieter et al, 2006). Serat BC juga memiliki kemurnian yang tinggi dibanding dengan serat tumbuhan. Pada serat selulosa yang dihasilkan dari tumbuhan terdapat beberapa

zat penyusun dinding sel tumbuhan selain selulosa yang ikut terekstraksi, diantaranya adalah lignin, pectin yang termasuk ke dalam *hemicellulose*. Waktu untuk menumbuhkan dan mengembangkan bakteri lebih singkat dibanding dengan menumbuhkan dan mengembangkan tumbuhan sehingga waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh serat BC lebih singkat. Selain itu, untuk memperoleh serat BC proses yang harus dilakukan lebih sederhana dibandingkan proses yang harus dilakukan untuk mendapatkan serat selulosa tumbuhan. Secara tidak langsung produksi serat BC lebih ekonomis dibanding dengan produksi serat selulosa tumbuhan.

Salah satu serat BC yang banyak digunakan adalah yang berasal dari *nata de coco*. Di Indonesia produksi *nata de coco* memiliki potensi besar dilihat dari segi bahan baku yang tersedia dan dari segi permintaan pasar, tetapi nilai jualnya tidak begitu tinggi karena produk *nata de coco* di Indonesia banyak digunakan hanya sebagai produk makanan. Serat *nata de coco* seperti serat BC pada umumnya memiliki struktur fisik yang baik (A.N. Nakagaito et al, 2005). Selain itu, serat *nata de coco* memiliki kristalinitas tinggi, kandungan air yang tinggi. (K. Dieter et al, 2006). Serat *nata de coco* berasal dari air kelapa yang difermentasikan dengan *Acetobacter xylinum* menghasilkan BC yang membangun ikatan-ikatan microfibril yang tersusun dengan rapat dan berkesinambungan antara satu dengan lainnya yang menciptakan struktur fisik serat yang baik. Berdasarkan potensi dan keunggulan serat *nata de coco* tersebut, perlu dilakukan studi mendalam untuk mengembangkan penggunaan serat tersebut lebih luas lagi yang dapat mendatangkan nilai tambah bagi produk *nata de coco* itu sendiri.

Berdasarkan susunan fisik serat yang baik, serat *nata de coco* berpotensi dikembangkan sebagai bahan penyusun komposit dalam pembuatan berbagai material superkuat seperti material anti peluru, *bumper*, dan *body* mobil. Bahan baku produk-produk tersebut haruslah memiliki struktur fisik, sifat mekanik yang baik seperti modulus young dan *tensile strength* yang tinggi. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai struktur fisik, sifat mekanik dari serat *nata de coco*, serta perlu dilakukan pengembangan penelitian tersebut sebagai langkah lebih lanjut untuk meningkatkan karakteristik serat *nata de coco* agar dapat dijadikan bahan penyusun komposit material superkuat tersebut.

Komposit itu sendiri merupakan susunan dua material atau lebih secara makroskopis, artinya material-material tersebut masih bisa dibedakan satu sama lain, namun hasil dari kombinasi kedua material tersebut menghasilkan sifat yang berbeda dari sifat-sifat material penyusunnya. Dalam perkembangannya penelitian mengenai komposit telah dihasilkan komposit berbasis nano material yang biasa disebut dengan nanokomposit. Suatu komposit dapat dikatakan sebagai nanokomposit jika salah satu, sebagian atau seluruh penyusunnya memiliki ukuran partikel nano. Komposit berbasis nano material saat ini banyak dikembangkan karena beberapa penelitian menghasilkan bahwa penggunaan nano partikel sebagai *filler* pada sebuah komposit menghasilkan kekuatan fisik dan mekanik yang lebih baik.

Salah satu partikel nano yang bisa digunakan sebagai *filler* untuk penguat nanokomposit adalah nanosilika (SiO_2). Saat ini perkembangan penggunaan nanosilika banyak yang dijadikan sebagai bahan pembuatan nanokomposit, bahan campuran industri ban, karet, gelas, semen, beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, elektronik, cat, film, pasta gigi, (Wikipedia). Pada pembuatan nanokomposit, nanosilika terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik. Hal ini dikarenakan nanosilika terdispersi ke dalam sela-sela rantai polymer. Penggunaan nanosilika sebagai *filler* nanokomposit biasanya dipadukan dengan resin (polymer sintetik) (S. Sundaram et al, 2008). Pada penelitian ini akan dicoba memasukkan nanosilika ke dalam struktur serat BC dengan teknik *post-modification* (perendaman) untuk meningkatkan sifat mekanik dari serat BC tersebut sebelum nantinya akan dicampur dengan resin. Diharapkan nanosilika dapat terperangkap di sela-sela struktur serat BC dan dapat meningkatkan sifat mekanik serat BC tersebut.

Penelitian ini tergabung dalam rangkaian penelitian mengenai pengembangan pembuatan nanokomposit superkuat berbahan dasar serat *nata de coco*, namun penelitian ini difokuskan pada pembuatan nanokomposit serat *nata de coco* dengan partikel nanosilika. Pada tahap preparasi pembuatan nanokomposit, akan divariasikan lama perendaman serat BC pada koloid nanosilika untuk dilihat pengaruhnya terhadap sifat mekanik serat yang dihasilkan. Metode pemasukan *filler* ke dalam serat *nata de coco* telah berhasil

diaplikasikan yaitu memasukan nanopartikel SiO₂ (Y. Shoichiro et al, 2007). Selain serat *nata de coco* dan partikel nanosilika sebagai penyusun nanokomposit yang akan dibuat, terdapat juga resin sebagai penyusun nanokomposit tersebut yang akan ditambahkan pada proses pembuatan nanokomposit material superkuat selanjutnya. Resin yang digunakan pada penelitian ini juga akan divariasikan yaitu polyurethane, epoxy + polyamid, silikon.

Untuk melihat struktur morfologi dari serat yang dihasilkan dapat digunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Untuk mengetahui komposisi nanosilika yang berhasil masuk ke dalam serat *nata de coco* digunakan alat *Energy Dispersive X-ray* (EDX). Sementara untuk menguji sifat mekanik terutama *tensile strength* dapat menggunakan alat uji tarik. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan informasi mengenai kondisi yang optimum dalam menghasilkan bahan penyusun nanokomposit material superkuat (serat *nata de coco*/ Nanosilika) yang dapat meningkatkan kegunaan dari *nata de coco* yang secara tidak langsung dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang terkait dalam industri pembuatan *nata de coco*. Selain itu, seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, pengembangan material berbasis nano teknologi ini dapat meningkatkan daya saing bangsa di tingkat internasional.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang perlu dikaji lebih lanjut adalah berapa lama waktu perendaman optimum serat *nata de coco* ke dalam nanosilika untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang paling baik dan bagaimana pengaruh terhadap jumlah nanosilika yang masuk ke dalam serat *nata de coco*. Selain itu, permasalahan berikutnya yang akan dikaji lebih lanjut adalah bagaimana pengaruh variasi resin yang digunakan untuk dijadikan komposit dengan serat *nata de coco* terhadap kekuatan mekanik material komposit yang dihasilkan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapat waktu optimum perendaman serat BC dalam *filler* nanosilika yang menghasilkan nanokomposit yang paling baik kekuatan mekaniknya.

2. Mengetahui pengaruh variasi waktu perendaman terhadap jumlah nanosilika yang masuk ke dalam serat BC.
3. Mengetahui pengaruh variasi resin yang digunakan untuk dijadikan komposit dengan serat BC terhadap kekuatan mekanik material komposit yang dihasilkan.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku pembuatan serat BC adalah *nata de coco* produk dari fermentasi air kelapa
2. Bakteri yang digunakan adalah *acetobacter xylinum*
3. Nanosilika yang digunakan dalam penelitian ini telah berukuran nano ($\leq 100\text{nm}$)
4. Teknik modifikasi serat yang dilakukan pada penelitian ini adalah teknik *post-modification* (perendaman)
5. Analisis morfologi dan kandungan serat *nata de coco* meliputi: pengukuran dimensi, berat, dan pengujian SEM-EDX
6. Teknik pembuatan komposit yang digunakan adalah teknik *handlay up*
7. Kekuatan mekanik serat yang ingin dibandingkan dan ditingkatkan adalah *tensile strength*
8. Analisis kekuatan mekanik komposit yang dihasilkan menggunakan pengujian kuat tarik

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam makalah ini dilakukan dengan membagi tulisan menjadi lima bab, yaitu sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penelitian dan penulisan, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian, tujuan penelitian, ruang lingkungannya, serta sistematika penulisan makalah ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan secara singkat dan padat mengenai beberapa hal yang terkait dalam penelitian ini. Diantaranya dijelaskan mengenai serat selulosa bakteri, *nata de coco*, nanopartikel, nanosilika, resin, nanokomposit, cara pembuatan komposit, sifat mekanik, teknik modifikasi serat serta karakteristik struktur fisik dan sifat mekanik material superkuat, serta karakterisasi.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisi diagram alir penelitian, peralatan, bahan yang digunakan dalam percobaan, prosedur percobaan dan analisisnya, dan juga uji sifat morfologi dan mekanik yang dilakukan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi seluruh pengolahan data berupa tabel dan grafik beserta analisis yang berkaitan dengan hasil perendaman serat *nata de coco*, pembuatan komposit, pengukuran dimensi, penimbangan berat, pengujian SEM-EDX, *tensile strength*.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian ini, serta saran – saran untuk pengembangan penelitian mengenai komposit berbasis serat *nata de coco* selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit adalah gabungan dari dua komponen atau lebih yang memberikan sifat kaku (Saputra, 2001). Komposit mempunyai kelebihan akan daya tahan terhadap lingkungan korosif, rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, sifat mekanik, insulasi listrik yang baik serta dapat dibuat dalam berbagai bentuk. Disamping kelebihan, komposit juga memiliki kekurangan sebagai berikut: tidak dapat digunakan pada temperatur $> 400^{\circ}\text{F}$, kekakuan tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan logam dan harga bahan baku yang relatif tinggi (Gaylord, 1991). Biasanya terdapat dua jenis penyusun komposit yaitu matrik dan penguat. Fungsi utama matrik adalah melindungi komposit dari gangguan luar (berupa tekanan, suhu dsb), mentransfer beban yang diterima komposit kepada penguat yang digunakan, mengikat penguat sehingga arah orientasinya sesuai yang diinginkan. Sementara penguat merupakan satu material yang mempunyai sifat fisik khas yang dapat menambah kekuatan komposit.

Pada perkembangan teknologi komposit, telah berhasil ditemukan material nanokomposit. Nanokomposit merupakan material komposit yang salah satu atau beberapa atau semua penyusunnya memiliki ciri berukuran nano. Perkembangan nanokomposit dimulai oleh Prof. Vepruk pada tahun 1995. Beliau menerapkan konsep rekayasa material keras yang dinamakan nanokomposit superkeras (40-50 GPa). Nanokomposit memiliki keunggulan kekuatan mekanik dibandingkan dengan komposit pada umumnya. Hal ini dikarenakan partikel-partikel penyusunnya yang berukuran nano memiliki luas permukaan interaksi yang tinggi. Semakin banyak partikel yang berinteraksi, semakin tinggi kekuatan dari material tersebut. Salah satu partikel nano yang banyak digunakan dalam pengembangan nanokomposit ini adalah nanosilika. Campuran epoxy resin dengan partikel nano silika akan menghasilkan sebuah material superkuat. Peningkatan kekuatan mekanik material mencapai 24 % dibanding dengan material murni tanpa penambahan nanopartikel Nanosilika (Y. Shoichiro et al, 2007). Saat ini pengaplikasian material superkuat tersebut digunakan sebagai

campuran pembuatan beton yang dapat menambah kekuatan dari beton. Partikel nano yang terdispersi ke dalam polimer matriks menghasilkan sifat-sifat yang menarik. Permukaan partikel nano yang sangat luas berinteraksi dengan rantai polimer sehingga mampu mereduksi mobilitas rantai polimer.

2.1.1 Cara Pembuatan Komposit

Proses pembuatan komposit yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan teknik *handlay up*, yaitu proses yang dilakukan dalam kondisi dingin dan dengan memanfaatkan keterampilan tangan. Serat bahan komposit ditata sedemikian rupa mengikuti bentuk cetakan atau mandril, kemudian dituangkan resin sebagai pengikat antara satu lapisan serat dengan lapisan yang lain. Demikian seterusnya, sehingga sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan (Krystynowicz, 2001)

Serat *nata de coco* bila dipadu dengan resin, akan dihasilkan kombinasi kekuatan, fleksibilitas, dan kekakuan yang lebih baik dibandingkan material komposit superkuat lain yang ada sekarang (Mikrajuddin, 2008). Namun serat *nata de coco* yang akan dibuat komposit dengan resin harus dilakukan peningkatan sifat mekaniknya terlebih dahulu agar dapat mencapai kriteria spesifikasi komposit superkuat. Keuntungan dari pembuatan material komposit dengan menggunakan resin, serat *nata de coco* dan nanopartikel silika ini adalah kuat, ringan, murah, dan proses produksi yang simpel. Di samping itu juga bahan dasar material komposit polimer ini mudah didapatkan dipasaran.

2.1.2 Komponen Penyusun Komposit

Komponen penyusun komposit terbagi atas dua bagian besar, yaitu *reinforcement* (penguat) dan matriks.

2.1.2.1 Reinforcement (penguat)

Reinforcement berfungsi sebagai penguat atau kerangka dari suatu komposit. Biasanya *reinforcement* ini berupa fiber, maupun logam, yang memiliki fase diskontinyu. Berikut ini adalah beberapa *reinforcement* yang

paling banyak digunakan antara lain: *glass fiber*, *asbestos*, kertas, katun atau linen, *organic fiber*, *polyethylene*, aramid dan lain-lain.

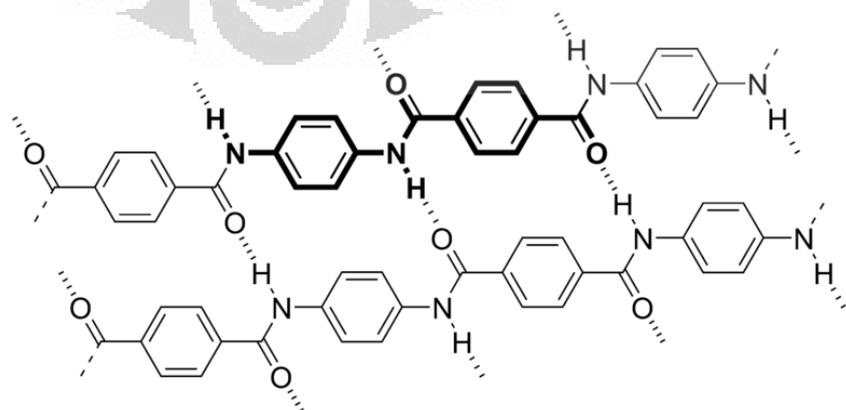
2.1.2.1.1 Serat (*fiber*)

Serat sebagai bahan komposit dapat terdiri dari serat sintetik maupun serat alam. Adapun serat sintetis dan serat alam yang umum digunakan akan dijelaskan pada bagian berikut:

A. Serat Sintetik

Kevlar merupakan serat sintetik dengan nama kimia *poly paraphenylene terephthalamide*, termasuk senyawa poliamida aromatik. Kevlar merupakan merek dagang fiber sintetik hasil temuan Stephanie Kwolek's seorang peneliti yang bekerja pada DuPont Company kelahiran Pennsylvania, Amerika Serikat pada 31 Juli 1923. Pada awalnya perusahaan DuPont menciptakan kevlar®29 sebagai bahan anti peluru yang sangat rahasia. Kevlar sangat sulit didapat dipasar bebas dan juga harganya cukup mahal karena proses produksinya menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi yang tinggi. Asam sulfat dengan konsentrasi yang tinggi ini dibutuhkan untuk menjaga agar larutan polimer tidak larut selama proses sintesa dan pemintalan.

Setiap bagian monomer Kevlar®29 terdiri dari 14 atom karbon, 2 atom nitrogen, 2 atom oksigen dan 10 atom hidrogen seperti yang terlihat pada Gambar 2.1:



Gambar 2. 1 Struktur Kimia Kevlar 29 (Sumber: Wikipedia)

B. Serat Alam

Indonesia memiliki potensi serat alam yang sangat besar. Salah satu jenis serat alam yang melimpah keberadaannya ada serat dari selulosa. Selulosa merupakan senyawa organik dengan formula $(C_6H_{10}O_5)_n$, sebuah polisakarida terdiri dari rantai linear beberapa ratus hingga lebih dari sepuluh ribu.

B.1 Selulosa

Secara garis besar serat selulosa terbagi menjadi dua jenis yaitu serat selulosa yang berasal dari tumbuhan dan serat selulosa yang berasal dari bakteri atau biasa disebut *Bacterial Celluloses* (BC). Kedua jenis serat selulosa tersebut memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing. Untuk selulosa tumbuhan keunggulannya adalah bahan baku yang tersedia sangat melimpah (kayu tumbuhan), tetapi untuk mengambil selulosa dari tumbuhan perlu dilakukan beberapa proses yang sedikit rumit. Hal ini terjadi karena selulosa digunakan sebagai penyusun dinding sel tumbuhan, sehingga untuk mengambilnya dari sel tumbuhan, harus dilakukan pengekstrakan dan pemurnian lebih lanjut (pengotor ikut terekstrak). Sementara untuk BC juga memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan selulosa tumbuhan diantaranya adalah BC mempunyai susunan serat yang lurus, rapat, dan jaringannya berkesinambungan serta kemurnian kristalinitas serat BC sangat tinggi karena BC disintesis sendiri oleh bakteri di luar selnya (suatu media pertumbuhan).

Salah satu bakteri yang dapat menghasilkan adalah *Acetobacter xylinum*. Produk serat yang dihasilkan berupa *nata de coco* yang tersusun atas banyak serat BC. BC yang dihasilkan *Acetobacter xylinum* memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, dan menghasilkan struktur serat yang murni.

Sejarah ditemukannya BC berawal pada tahun 1886, seorang ilmuwan bernama A.J. Brown melakukan percobaan terhadap *gluconacetobacter xylius*. Kemudian pada pertengahan abad ke-20 Hesrin & Schramm membuat media pertumbuhan untuk *Acetobacter xylinum* yang berhasil mengoptimalkan formasi serat BC. Menggunakan media pertumbuhan yang ditemukan oleh Hestrin dan Schramm, akan menghasilkan BC dengan yield 40 %, memiliki kemurnian yang tinggi.

Selain ketersediaan yang banyak dan pembuatannya yang mudah, BC juga memiliki keunggulan lainnya yaitu memiliki *expansion coefficient* yang kecil, modulus young yang tinggi, serta *tensile strength* yang tinggi pula (sekitar 2 GPa). Pada tahun 2005, A.N. Nagaito et al melakukan pengujian terhadap modulus young serat berbasis BC dan selulosa tumbuhan (MFC) yang membuktikan bahwa modulus young serat BC lebih besar yaitu sebesar 28 GPa dibanding dengan selulosa tumbuhan sebesar 19 GPa. Hal tersebut dapat mengembangkan aplikasi penggunaan BC dari *nata de coco* sebagai produk yang lebih berguna lainnya seperti material superkuat.

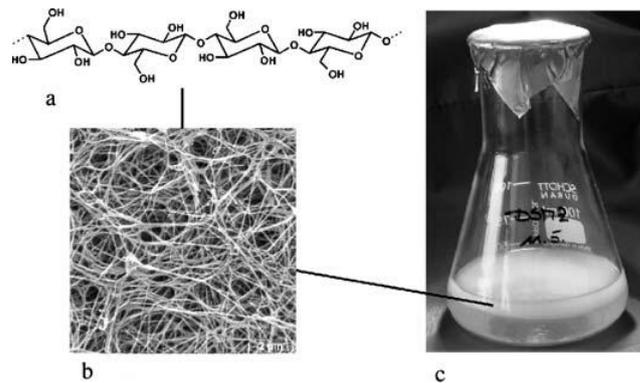
Sebagai penguat BC berfungsi untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik material komposit (dengan matriks) yang akan dibentuk, karena dari karakteristik sifat fisik dan mekanik yang dimiliki sangat baik (kekuatan tinggi). Diharapkan keunggulan tersebut meningkatkan nilai guna dari material komposit tersebut dibanding ketika hanya digunakan sebagai penguat saja maupun sebagai matriks saja. Besaran sifat fisik dan mekanik dari material komposit baru yang dibentuk dengan resin tidak akan lebih besar dari nilai yang dimiliki oleh penguat namun dapat meningkatkan nilai guna dari material yang akan dibentuk tersebut yang akan

memperluas penggunaan aplikasi dari material komposit yang akan dihasilkan tersebut.

B.1.1 Serat *Nata de Coco*

Merupakan produk fermentasi air kelapa yang biasa dijadikan sebagai produk makanan. Bentuk dari *nata de coco* terlihat seperti jeli, berwarna putih sampai bening, bertekstur kenyal. Bibit *nata de coco* adalah bakteri *Acetobacter xylinum* yang dapat membentuk serat nata jika ditumbuhkan dalam air kelapa yang sudah diperkaya dengan karbon dan nitrogen melalui proses yang terkontrol (Y. Shoichiro et al, 2007). Dalam kondisi demikian, bakteri tersebut akan menghasilkan enzim yang dapat menyusun zat gula menjadi ribuan rantai serat atau selulosa. Dari jutaan renik yang tumbuh pada air kelapa tersebut, akan dihasilkan jutaan lembar benang-benang selulosa yang akhirnya nampak padat berwarna putih hingga transparan, yang disebut sebagai nata atau selulosa bakteri (Iwamoto, S. et al. 2005).

Faktor-faktor yang mempengaruhi *Acetobacter xylinum* pada pertumbuhannya adalah nutrisi, sumber karbon, sumber nitrogen, serta tingkat keasaman media, temperatur, dan udara (oksigen). Senyawa karbon yang dibutuhkan dalam fermentasi nata berasal dari monosakarida dan disakarida. Sumber dari karbon ini yang paling banyak digunakan adalah gula. Sumber nitrogen bisa berasal dari bahan organik seperti ZA atau urea. Meskipun bakteri *Acetobacter xylinum* dapat tumbuh pada pH 3,5 – 7,5, namun akan tumbuh optimal bila pH nya 4,3. Sedangkan suhu ideal bagi pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* pada suhu 28 – 31°C (Iguchi, 2000). Serat BC dari *nata de coco* dapat dilihat pada Gambar 2.2:



Gambar 2. 2 a. Struktur serat BC b. Susunan serat BC menggunakan SEM (perbesaran 10000 x) c. Lapisan BC pada media pertumbuhan (Sumber: K. Dieter, 2006.)

C. Modifikasi Serat

Untuk mengembangkan aplikasi serat *nata de coco* dapat dilakukan usaha peningkatan sifat mekanik dan struktur fisik serat *nata de coco* dengan cara modifikasi untuk mendapatkan kualitas serat yang lebih baik. Teknik modifikasi kualitas serat *nata de coco* tersebut secara umum dibagi menjadi dua cara yaitu:

C.1 Teknik In Situ

Teknik modifikasi ini sebenarnya sangat sederhana yaitu dengan mengadisi komponen yang larut dalam air ke dalam media pertumbuhan serat *nata de coco*. Beberapa modifikasi in situ yang diterapkan kepada *nata de coco* adalah sebagai berikut:

- ❖ Yamanaka et al menjelaskan pengaruh *bioactive organic agents* seperti nalidixic sebagai zat aditif yang ditambahkan ke dalam media pertumbuhan serat *nata de coco*. Penambahan zat aditif tersebut sebanyak 0.1mM akan memanjangkan serat *nata de coco* menjadi 1-2 kali semula. Serat yang bertambah panjang tersebut memiliki orientasi planar yang baik yang meningkatkan nilai modulus young serat tersebut.

- ❖ Penelitian mengenai pengadisian Carboxymethyl Cellulose (CMC) & Methyl Cellulos (MC) sebanyak (0.5-2 m/v %) akan mempengaruhi kristalinitas *nata de coco*. Akibatnya kapasitas tahanan air menjadi 100 kali lebih tinggi, daya serat air dibanding serat murni menjadi lebih tinggi, dan menghasilkan kapasitas pertukaran ion yang baik dengan spesifikasi adsorpsi lead dan uranyl ions, sehingga bisa diaplikasikan sebagai alat penukar ion.
- ❖ Ishiada et al menjelaskan mengenai penambahan acetan adalah memperpendek lamanya waktu yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri tersebut, sehingga mempercepat pembentukan serat *nata de coco*.

C.2 Teknik *Post-Modification*

Prinsip teknik ini adalah dengan melapisi dari luar serat *nata de coco* dengan komponen lain dan juga mengisi pori-pori atau ruangan kosong pada jaringan *nata de coco* dengan suatu agen. Salah satu cara yang dilakukan agar komponen tersebut dapat terdifusi ke dalam ruang kosong adalah dengan cara merendamnya di dalam larutan yang berisi komponen yang ingin diisikan tersebut. Berikut adalah beberapa pengaplikasian teknik *post-modification*:

- ❖ Dubey et al dan Pandey et al meneliti impregnasi *nata de coco* surface dengan chitosan yang menjadikan *nata de coco* sebagai membran yang dapat memisahkan EtOH/ H₂O Azeotrops. Kandungan chitosan yang optimal adalah 8 ± 2 wt %.
- ❖ Nakayama et al mencoba melakukan percobaan merendam BC di dalam larutan glatine menghasilkan peningkatan sifat mekanik yaitu *fracture strength* meningkat menjadi 5 MPa, serta elastic modulus menjadi 4 MPa. Efek tersebut juga ditimbulkan ketika *nata de coco* dipadu dengan polisakarida.

- ❖ Terdapat juga penelitian mengenai pelapisan *nata de coco* dengan logam (Pd, Au, Ag) yang menghasilkan membran tipis, fleksibel, *thermally stable*.
- ❖ Katagiri meneliti mengenai kombinasi Silica-Alumina dengan MFC yang menghasilkan lembaran komposit dengan ketahanan terhadap minyak.

2.1.2.2 Matriks

Matriks berfungsi untuk menjaga *reinforcement* agar tetap pada tempatnya di dalam struktur, membantu distribusi beban, melindungi filamen di dalam struktur, mengendalikan sifat elektrik dan kimia dari komposit, serta membawa regangan interlaminer. Matriks yang paling umum dipakai adalah logam, keramik dan polimer, baik polimer termoset, maupun polimer termoplastik. Pada pembuatan komposit yang berperan sebagai matriks ini adalah resin.

2.1.2.2.1 Resin

Merupakan komponen dalam komposit yang berfungsi sebagai pengikat, mentransfer beban yang diterima material komposit ke seluruh bagian material komposit. Resin atau matriks yang digunakan biasanya memiliki sifat *ductile* (elastis), dan memiliki kekuatan yang rendah. Kelebihan lain dari resin atau matriks adalah mudah dibentuk dimana hal tersebut biasanya jarang dimiliki bahan penguat. Diharapkan resin jika dikombinasikan dengan penguat akan menghasilkan kekuatan (sifat fisik dan mekanik) yang lebih baik dibanding dengan resin murni. Hal ini akan meningkatkan nilai guna dari material komposit yang dihasilkan. Peningkatan kekuatan dari material komposit yang akan dihasilkan pasti lebih tinggi dari kekuatan komponen matriks. Berikut adalah faktor yang mempengaruhi peningkatan kekuatan material komposit yang akan dihasilkan:

1. Komposisi penguat dan matriks yang dijadikan komposit
2. Interaksi permukaan antara matriks dan penguat

3. Teknik Pembuatan komposit

Pada penelitian ini yang akan diamati pengaruhnya adalah interaksi permukaan antara matriks dan penguat dengan cara memvariasikan 3 jenis resin yang berbeda. Untuk komposisi penguat dan resin dibuat sama, teknik pembuatan komposit juga sama.

Resin berbentuk cairan pada suhu ruang, atau dapat pula berupa material padatan yang dapat meleleh pada suhu di atas 200°C. Pada dasarnya resin adalah matriks, sehingga memiliki fungsi yang sama dengan matriks. Resin dapat dibagi menjadi dua bagian besar:

A. Resin Termoplastik

Resin termoplastik adalah resin yang melunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan, atau dapat dikatakan bahwa proses pengerasannya bersifat *reversible*. Resin termoplastik memberikan sifat-sifat yang lebih unggul daripada resin termoset, karena memiliki kekuatan lentur yang lebih baik, ketahanan terhadap *cracking* yang lebih tinggi, dan lebih mudah dibentuk tanpa katalis. Namun resin tipe ini sulit dikombinasikan dengan *reinforcement* karena viskositas dan kekuatannya yang tinggi. Beberapa contoh resin termoplastik antara lain : *polyvinylchloride* (PVC), *polyethylene*, *polypropylene* dan lain-lain.

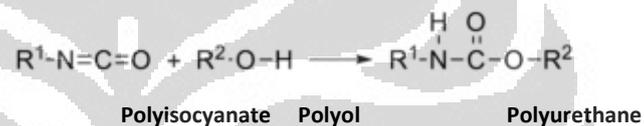
B. Resin Termoset

Resin termoset adalah resin yang akan mengeras jika dipanaskan, namun jika dipanaskan lebih lanjut tidak akan melunak, atau dengan kata lain proses pengerasannya *irreversible*. Beberapa contoh resin termoset antara lain resin *phenolic*, polimer melamin, resin epoksi, *polyester*, silikon dan *polyamide*.

B.1 Resin Polyurethane

Polyurethane merupakan polymeric material yang mengandung urethane grup (-NH-CO-O-), hasil reaksi dari

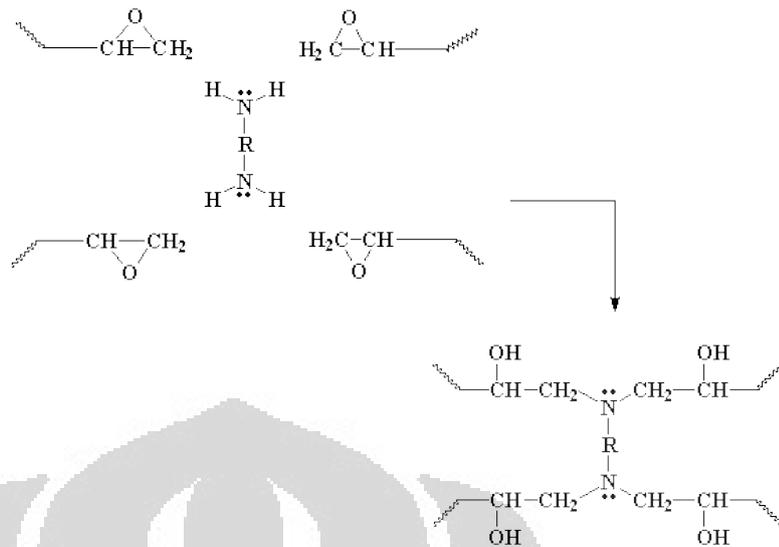
polyol dengan polyisocyanate. Senyawa polyol merupakan senyawa yang memiliki dua atau lebih gugus hidroksil (alcohol). Sedangkan senyawa polyisocyanate terdiri dari dua atau lebih gugus isocyanate. Sampai saat ini Polyurethane telah banyak diaplikasikan untuk mengganti bahan-bahan seperti *rubber*, logam, kayu, dan plastik. Keunggulan Polyurethane dibandingkan dengan bahan-bahan lainnya (Rubber, Metal, Wood, dan Plastic) diantaranya adalah memiliki kekerasan yang tinggi, tidak mudah aus, tahan terhadap bahan kimia seperti oli dan gemuk, memiliki kekuatan mekanik yang tinggi. Pada Gambar 2.3 ditunjukkan mekanisme pembentukan polyurethane.



Gambar 2. 3 Pembentukan polyurethane

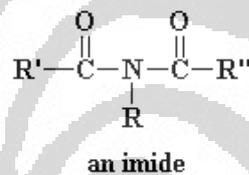
B.2 Resin *Polyamide + Epoxy*

Resin campuran polyamide dengan epoxy ini biasa diaplikasikan untuk *coating* pipa dimana bahan *coating* tersebut memiliki beberapa keunggulan yaitu memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan korosi yang baik, memiliki kemampuan membasahi yang sangat baik, memiliki ketahanan terhadap asam, alkali, dan berbagai jenis pelarut. Untuk perbandingan resin polyamide dan epoxy pada penelitian ini tidak diketahui. Pada Gambar 2.4 digambarkan proses penggabungan gugus – gugus epoxy dengan bantuan diamine membentuk resin epoxy:



Gambar 2. 4 Mekanisme pembentukan resin epoxy

Sementara itu Gambar 2.5 berikut adalah gambaran struktur dari polyamide:

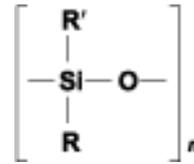


Gambar 2. 5 Struktur polyamide

Dari Gambar 2.4 dan 2.5 terlihat bahwa kedua resin epoxy maupun polyamide memiliki gugus O, N, dan H yang memungkinkan terjadinya *crosslink* ikatan hidrogen di antara kedua resin tersebut. Dilihat dari karakteristik yang menonjol pada kedua resin tersebut juga berbeda dimana epoxy memiliki karakteristik keras. Sedangkan polyamide cenderung memiliki karakteristik yang lentur. Diharapkan penggabungan dua jenis resin yang berbeda ini menghasilkan resin yang memiliki kekuatan mekanik yang tinggi

B.3 Resin Silikon

Merupakan polimer terdiri dari gugus atom silikon dan oksigen dengan substituen organik melekat pada atom silikon, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6:



Gambar 2. 6 Struktur kimia resin silikon

Komponen organik yang melekat pada atom silikon dapat bermacam – macam. Hal tersebut membuat karakteristik yang dimiliki resin silikon tersebut dapat beragam. Pada penelitian ini digunakan resin silikon yang berkarakteristik keras akibat dicampur dengan *hardener*. Aplikasi penggunaan resin silikon ini sangatlah luas karena karakteristik dari resin silikon yang beragam tersebut. Berikut adalah beberapa aplikasi penggunaan resin silikon: *hydraulic fluids*, *antifoaming agents*, *waterproofing agents for leather*, *textiles*, dan pada tahap preparasi pembuatan bahan kosmetik. Salah satu keunggulan resin silikon yang umum adalah kemampuan membasahi yang baik.

2.2 Nanopartikel

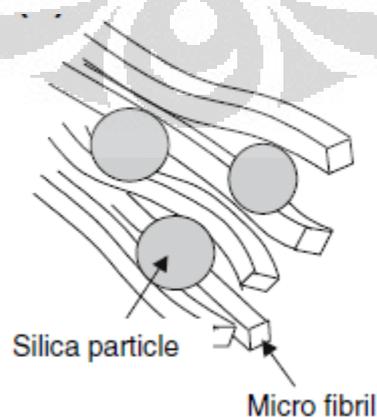
Nanopartikel adalah partikel-partikel kecil dalam bentuk padatan dari suatu senyawa dengan ukuran sekitar 20 – 100 nm, misalnya nanopartikel SiO₂, Al₂O₃, SiC, nanoclay dan lain sebagainya. Nanopartikel dapat dijadikan sebagai *filler* pada modifikasi serat sintetik maupun serat alam. *Filler* merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam bahan (komposit, *plastic*, beton) untuk memperbaiki karakteristik dari bahan tersebut. *Filler* diharapkan mengisi ruang-ruang kosong yang berada di antara susunan molekul bahan yang ingin dimodifikasi tersebut dan meningkatkan karakteristik fisik maupun mekaniknya. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Y. Soichiro et al, 2007. menunjukkan bahwa penggunaan nanosilika sebagai *filler* pada serat BC dengan kandungan 4% - 10% dapat meningkatkan *modulus young* serat tersebut. Pemasukan nanosilika sebagai *filler* dapat dilakukan dengan dua cara modifikasi serat yaitu dengan teknik *in situ* dan *post modification* (perendaman).

2.2.1 Sifat-sifat nanopartikel

Nanopartikel mempunyai ukuran diantara ukuran molekuler dan keadaan struktur bulk padatan, memberikan sifat-sifat yang unik dan berbeda bila dibandingkan dengan material yang berukuran lebih besar. Beberapa contoh dari sifat-sifat nanopartikel adalah titik lebur yang rendah, tekanan transisi fasa padat-padat yang lebih tinggi, koefisien difusi yang tinggi dan perubahan sifat termofisik pada partikel. Menurut Witharana et al. 2003, nanopartikel sangat reaktif dan sangat cepat bergabung dengan partikel lain yang ada disekitarnya sebagai contoh bergabung dengan nanopartikel lain, mereka beraglomerasi dan setelah itu tidak dapat digunakan lagi sebagai nanopartikel.

2.2.2 Mekanisme Masuknya Nanopartikel Sebagai *Filler* ke Dalam Serat

Prinsip dari mekanisme terperangkapnya *filler* ke dalam serat sebenarnya sederhana yaitu didasari pada ukuran nano dari partikel *filler* sendiri yang mengakibatkan partikel tersebut memiliki koefisien difusifitas yang tinggi. Hal tersebut membuat partikel tersebut mudah terserap masuk ke dalam celah serat yang ingin dimodifikasi. Setelah masuk ke dalam celah-celah-serat tersebut, partikel *filler* tersebut akan terperangkap dan terkunci bersama struktur serat. Pada mekanisme pemasukan *filler* ini hanya terjadi fenomena fisik saja tidak terjadi reaksi kimia. Pada penelitian ini akan dilakukan pemasukan *filler* nanosilika. Pada Gambar 2.7 dapat dilihat mekanisme pemasukan *filler* ke dalam struktur serat



Gambar 2. 7 Mekanisme pemasukan nanopartikel filler pada serat

2.2.3 Nanosilika

Diketahui bahwa material silika pada lapisan terluar kulit bumi sangat banyak ditemukan. Pada beberapa tempat di permukaan bumi bahkan kandungan silikanya tidak kurang dari 59%. Sebagian dari silika tersebut berada dalam bentuk oksida basa yang biasa disebut dengan silikat. Kristal silikat terdiri dari satu atom Si dan empat atom O yang membentuk struktur tetrahedral. Bentuk kristal yang dapat terbentuk dari struktur kristal tetrahedral dapat berbeda-beda. Berdasarkan bentuk kristal tetrahedral yang terbentuk tersebut dapat dibedakan menjadi 3 jenis: kuarsa, kristobalit, dan tridimit.

Pada penelitian ini akan digunakan jenis silikat kuarsa. Pada kristal kuarsa, strukturnya terdiri dari rantai-rantai spiral yang terbentuk akibat ikatan Si-O-Si dari tetrahedral yang berdekatan dihubungkan dalam arah melingkar membentuk spiral. Berikut pada Tabel 2.1 dapat dilihat beberapa sifat fisik dan mekanik yang dimiliki oleh SiO₂ secara umum:

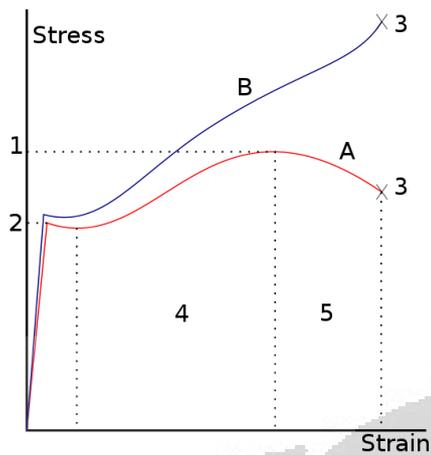
Tabel 2. 1 Karakteristik fisik dan mekanik silika (Mikrajuddin et al, 2008)

Sifat	Unit	Quartz	Fused Silica
Kerapatan	g/cm ³	2.65	2.2
Konduktivitas Termal	Wm ⁻¹ K	1.3	1.4
Koefisien Ekspansi Termal	10 ⁻⁶ K ⁻¹	12.3	0.4
Daya Rentang	MPa	55	110
Daya Tekan	MPa	2070	690-1380
Rasio <i>Poisson</i>		0.17	0.165
<i>Fracture Toughness</i>	MPa	-	0.79
Titik Lebur	°C	1830	1830
Modulus Elastisitas	GPa	70	73
Daya Tahan Getaran Termal		<i>Excellent</i>	<i>Excellent</i>
Permitivitas	ε'	3.8-5.4	3.8
<i>Loss Factor</i>	ε''	0.0015	
Kuat Medan Listrik	kV/mm	15.0-25.0	15.0-40.0
Resistivitas	Ωm	10 ¹² -10 ¹⁶	>10 ¹⁸

2.3 Morfologi dan Sifat Mekanik Material Superkuat

Morfologi dari serat *nata de coco* yang paling baik diyakini akan menghasilkan material yang memiliki kekuatan yang paling baik juga. Serat dikatakan memiliki morfologi yang baik jika memiliki bentuk yang panjang, tebal, susunan yang rapat, berkesinambungan, serta jumlah yang banyak. Untuk itu kita perlu melakukan uji morfologi terhadap serat *nata de coco* murni yang belum dipadu dengan partikel nanosilika. Uji morfologi serat ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan observasi langsung dengan melakukan pengukuran dimensi fisik serat, dan dengan menggunakan alat yang dapat melakukan perbesaran hingga skala nano.

Sementara untuk sifat mekanik yang ingin diuji dalam penelitian ini adalah *tensile strength*. *Tensile strength* suatu bahan dapat diketahui sebagai puncak kurva tegangan-regangan yang akan menunjukkan kapan terjadinya *necking*. Nilai dari besaran ini tidak bergantung pada ukuran bahan, tetapi bergantung pada preparasi bahan yang dilakukan dan suhu pengujian bahan. Pada umumnya terdapat tiga definisi berbeda mengenai *tensile strength*. Yang pertama dikenal juga sebagai *yield strength* yaitu tegangan dimana terjadi perubahan regangan bahan dari deformasi elastis menjadi deformasi plastis yang menyebabkan terjadinya kerusakan permanen (tidak dapat kembali ke keadaan semula). Yang kedua dikenal juga sebagai *ultimate strength* yaitu tegangan maksimum yang dapat menahan material ketika mengalami ketegangan, kompresi atau geser. Tegangan ini merupakan tegangan maksimum pada kurva tegangan-regangan. Yang ketiga dikenal juga sebagai *breaking strength* yaitu besaran tegangan pada kurva tegangan-regangan pada titik *rupture* (pecah). Untuk lebih jelasnya berikut adalah contoh kurva tegangan-regangan suatu bahan dengan keterangan mengenai *tensile strength* bahan tersebut pada Gambar 2.8:



1. *Ultimate*
 2. *Yield strength*
 3. *Rupture*
 4. *Strain hardening region*
 5. *Necking region*
- A: *Apparent (engineering) stress* (F/A_0)
 B: *Actual (true) stress* (F/A)

Gambar 2. 8 Kurva tegangan-regangan

Besaran ini dapat menunjukkan kekuatan mekanik suatu bahan. *Tensile strength* dapat diukur nilainya dengan melakukan uji tarik. Pada Tabel 2.2 dapat dilihat data sifat mekanik dari beberapa serat yang dijadikan material superkuat:

Tabel 2. 2 Sifat mekanik beberapa jenis serat (Piao, 2006)

Serat	Densitas (g/cm^3)	<i>Tensile strength</i> (Gpa)	Modulus young (Gpa)	<i>Spesific Stregth</i> (Gpa/ $g.cm^{-3}$)	Spesific Modulus (Gpa/ $g.cm^{-3}$)
Jute	1.3	0.39-0.77	26.5	0.3-0.59	20.4
Ramie	1.5	0.4-0.94	61.4-128	0.27-0.63	40.9-85.3
HM Carbon	1.95	2.4	380	1.23	195
HS Carbon	1.75	3.4	230	1.94	131
E-Glass	2.56	2	76	0.78	29.7
Kevlar 49	1.45	3	130	2.07	89.7

2.4 Karakterisasi

Berbagai metode karakterisasi material komposit pada saat ini telah banyak dikembangkan. Metode-metode ini diklasifikasikan dalam:

1. Observasi morfologi digunakan untuk mengetahui dimensi, distribusi, susunan serat
2. Observasi sifat mekanik digunakan untuk mengetahui tingkat kekuatan mekanik dari material komposit tersebut.

Dengan mengetahui morfologi dan sifat mekanik dari material komposit tersebut, maka akan dapat diketahui paduan material komposit apa yang layak untuk dijadikan bahan dasar dalam pembuatan komposit produk baru misalnya *body* mobil dan *bumper*. Adapun karakterisasi material komposit yang dilakukan antara lain uji dimensi fisik dengan menggunakan mikrometer skrup untuk mengetahui panjang, ketebalan hidrogel serat *nata de coco*, uji morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk melihat susunan serat *nata de coco* dengan perbesaran skala nano, serta uji mekanik dengan menggunakan uji tarik (*tensile test*) untuk mengetahui nilai *tensile strength* serat *nata de coco* tersebut.

2.4.1 Scanning Electron Microscopy (SEM)

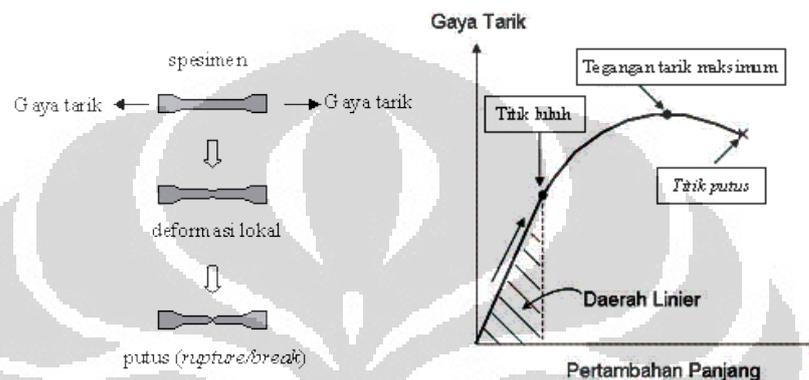
Electron Microscopy (EM) adalah salah satu teknik yang digunakan untuk karakterisasi material komposit. Dua teknik utama EM dibedakan menjadi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). SEM merupakan metode yang tepat untuk mengkarakterisasi material komposit dengan batas resolusi mikroskop elektron 10 nm.

Metode mikroskopi dapat secara cepat menunjukkan ukuran nominal dan bentuk serat. Permukaan spesimen yang akan diuji, di-*scan* dengan pancaran berkas elektron dan pantulan dari elektron ditangkap, kemudian ditampilkan diatas tabung sinar katoda. Bayangan yang tampak diatas *layer* menampilkan gambaran permukaan dari specimen.

2.4.2 Tensile Test

Tensile test digunakan untuk menguji kekuatan tarik dari material komposit yang telah dibuat. *Tensile test* atau biasa disebut uji tarik merupakan salah satu jenis uji sifat mekanik paling dasar. Dengan menarik suatu bahan

kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada Gambar 2.9. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.



Gambar 2. 9 Gambaran singkat uji tarik dan data yang dihasilkan

Yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut “*Ultimate Tensile Strength*” dalam bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum.

Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linear zone*. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke sebagai berikut: *rasio tegangan (stress) dan regangan (strain) adalah konstan*. *Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan. *Strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang rancangan penelitian, peralatan, bahan yang digunakan dalam penelitian, diagram alir penelitian, serta prosedur yang harus dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini.

3.1 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilaksanakan beberapa tahapan penelitian, yaitu :

1. Pembuatan serat *nata de coco*

Serat *nata de coco* dibuat dengan kondisi yang telah ditentukan seperti: pH atau komposisi asam asetat, komposisi sukrosa dan komposisi urea. Kondisi-kondisi tersebut dipilih berdasarkan kondisi optimum pada penelitian sebelumnya.

2. Pengisian filler nanopartikel

Serat *nata de coco* dengan kualitas terbaik yang telah diperoleh, selanjutnya diisi dengan nanosilika dengan menggunakan teknik *post-modification* (perendaman). Pada tahap ini dilakukan variasi lama perendaman yaitu 1, 3, dan 7 hari.

3. Uji kandungan dan morfologi

Pada uji kandungan dan morfologi ini akan dilakukan uji pada lembaran serat *nata de coco*, untuk melihat variasi waktu yang paling optimum dengan menggunakan alat uji mikrometer skrup dan dengan menggunakan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray Analysis*). Uji kandungan, dan morfologi ini perlu dilakukan untuk melihat pengaruh waktu perendaman terhadap dimensi, struktur serat BC yang terbentuk.

4. Pembuatan komposit serat *nata de coco* dengan resin

Serat *nata de coco* murni, dan yang sudah diisi dengan nanosilika dibuat jadi komposit dengan 3 variasi resin menggunakan teknik *handlay up*. Resin yang digunakan adalah polyurethane, polyamide+epoxy, dan silikon

5. Uji sifat mekanik

Pada sifat mekanik ini dilakukan untuk melihat performa serat *nata de coco* murni, serat *nata de coco* yang sudah terisi oleh nanopartikel, serat *nata de coco* yang telah dijadikan komposit dengan resin dengan menggunakan uji *tensile strength*. Uji sifat mekanik ini perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan mekanik serat *nata de coco* murni, dan serat *nata de coco* yang direndam pada suspensi nanosilika dengan variasi lama perendaman. Dengan demikian hubungan dan pengaruh lama perendaman terhadap sifat mekanik serat yang dihasilkan dapat diketahui. Kemudian juga dilakukan uji kekuatan tarik terhadap komposit serat BC dengan masing – masing variasi resin. Hal ini untuk mengetahui interaksi yang terjadi di antara serat dengan masing – masing resin.

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini terdiri dari bahan untuk pembuatan *nata de coco* dan bahan untuk pembuatan komposit serat *nata de coco*.

A. Bahan untuk pembuatan *nata de coco*

Bahan yang digunakan antara lain :

1. Air kelapa
2. Bibit *nata de coco* (*Starter*)
3. Gula pasir
4. Urea
5. Asam Asetat Glacial

B. Bahan untuk pembuatan komposit serat

Bahan yang digunakan antara lain :

1. Nanosilika

3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini terbagi menjadi tiga, yaitu peralatan untuk membuat *nata de coco*, peralatan untuk mendapatkan lembaran serat *nata de coco* dan peralatan untuk pembuatan komposit.

A. Peralatan pembuatan *nata de coco*

Peralatan pembuatan *nata de coco* terdiri dari :

1. Baki plastik 20cm x 15 cm
2. Panci
3. *Hot plate* / Kompor
4. Kertas Koran
5. Kain Lap
6. Saringan
7. Karet
8. Pengaduk
9. *Beaker glass* 1000 ml
10. *Beaker glass* 100 ml

B. Peralatan untuk mendapatkan Lembaran serat *nata de coco*

Peralatan untuk mendapatkan lembaran serat *nata de coco* terdiri dari :

1. Alat Tekan Panas dengan suhu 110°C.
Alat tekan panas berfungsi untuk menghilangkan kandungan air dari *nata de coco* dan mendapat lembaran serat *Nata de coco* kering.
2. *Wire mesh*
Wire mesh berfungsi untuk membantu proses penghilangan kandungan air *Nata de coco* pada saat ditekan.
3. Lembaran Teflon
Lembaran teflon berfungsi untuk melindungi serat pada saat ditekan panas agar tidak menempel pada plat alat press. Ukuran teflon disesuaikan dengan ukuran lembaran serat *nata de coco* yang akan ditekan, pada penelitian ini akan digunakan ukuran lembaran teflon sekitar 2 x 10 cm.

C. Peralatan pembuatan komposit serat *nata de coco*

Peralatan pembuatan komposit serat *nata de coco* terdiri dari :

1. Wadah ukuran 2000 ml

Wadah ini digunakan untuk melakukan proses komposit antara serat *nata de coco* dengan nanopartikel.

2. Pengaduk

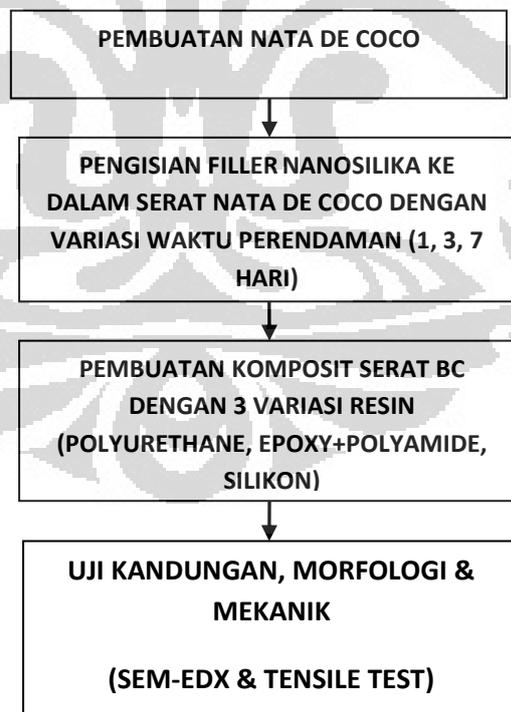
Pengaduk digunakan untuk mencampurkan nano partikel dengan air *aquadest*

3. *Oven Vacuum*

Oven Vacuum digunakan untuk melakukan penggabungan nanopartikel dengan *aquadest* sehingga pencampuran yang terjadi homogen dan tidak ada partikel-partikel yang berterbangan ke udara pada saat pencampuran.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan *nata de coco*

Tahapan pembuatan *nata de coco* adalah sebagai berikut :

- Persiapan medium

Air kelapa disaring agar benar-benar bersih dari kotoran. Ke dalam tiap 1 liter air kelapa tersebut, tambahkan gula pasir 15 gram, asam asetat glasial 3 ml dan urea sebanyak 5 gram. Campurkan bahan tersebut lalu direbus hingga mendidih (biarkan mendidih selama 5 menit). Tuangkan bahan campuran yang sudah direbus tersebut ke dalam baki plastik steril yang berukuran 20 x 15 cm dengan ketebalan 2,0 cm dan tutup rapat dengan menggunakan kertas koran dan diamkan sehari sampai benar-benar dingin.

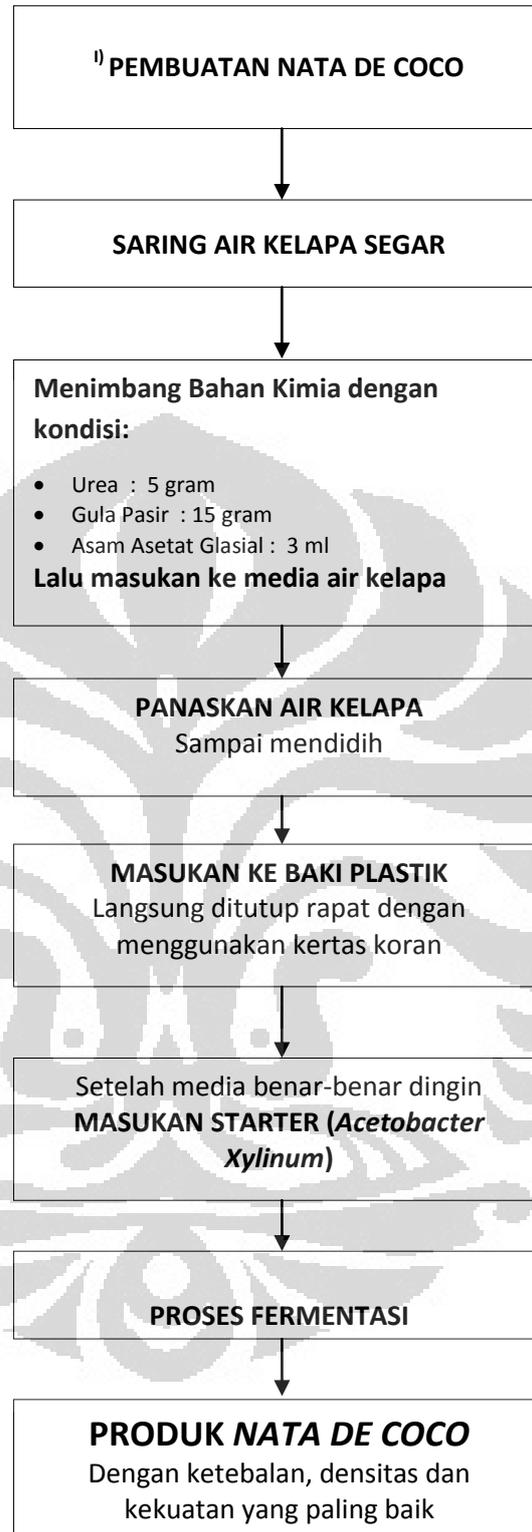
- Pemasukan bibit dan penyimpanan

Masukkan bibit *Nata de coco* 100 ml atau 10% untuk setiap 1 liter medium ke dalam baki plastik yang berisi medium air kelapa tersebut. Simpan di tempat yang sejuk dan aman (tidak terganggu) dan tidak goyang.

- Pemanenan

Air kelapa yang sudah menggumpal dicuci dan dibersihkan dengan air yang mengalir sampai asamnya hilang dan berwarna putih jernih. Proses pembersihan dilakukan agar nata yang sudah jadi tidak menjadi bau dan busuk karena tumbuhnya jamur. Keberhasilan pembuatan serat *nata de coco* ditandai :

1. Lempeng tebal berwarna putih
2. Tidak terdapat cairan/loyang kering
3. Lempeng nata tidak berjamur, bolong, dan noda hitam



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pembuatan *Nata de Coco*

3.4.2 Pengisian filler nanosilika kedalam serat Nata de Coco

Pembuatan komposit serat/nanosilika dilakukan dengan metode *post-modification* (perendaman). Tahap pembuatan komposit serat BC/nanosilika dengan teknik *post-modification* (perendaman) adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan *nata de coco* yang sudah dibuat.
- Dimensi lembaran *nata de coco* $\pm 2.5 \times 10$ cm (dipotong dari ukuran panen).
- Menyiapkan larutan sebanyak 100 ml dengan variasi kandungan nanosilika dengan komposisi 3% w/v.
- Celupkan *nata de coco* kedalam suspensi nanosilika dengan variasi waktu perendaman 1, 3, 7 hari.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Penggabungan Serat/Filler Nanopartikel dengan Teknik *Post-Modification* (Perendaman)

3.4.3 Pembuatan Lembaran Serat *Nata de Coco* Kering

Tahapan pembuatan lembaran serat *nata de coco* adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan sampel *nata de coco*

Dimensi lembaran *nata de coco* disesuaikan dengan ukuran pelat alat press.

- Proses tekan *nata de coco*

Untuk mendapatkan lembaran serat *nata de coco*, dilakukan dua tahapan proses tekan yaitu tekan dingin kemudian tekan panas. Proses tekan dilakukan di Laboratorium Teknologi Energi Berkelanjutan Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia.

A. Tekan dingin (*Cold Press*)

- Tekanan = 10 Ton
- Temperatur = Suhu Kamar

Pada proses tekan dingin dilakukan untuk menghilangkan sebagian besar air ($\pm 98\%$) yang terdapat di dalam hidrogel *nata de coco*, sehingga akan dihasilkan lembaran serat tipis basah dengan ukuran 0,1 – 1 mm.

B. Tekan Panas (*Hot Press*)

- Tekanan = 5 Ton
- Temperatur = 110 °C selama ± 30 menit.

Pada tahap proses tekan panas (*hot press*) ini diharapkan dapat diperoleh serat *nata de coco* yang kering dan tidak gosong.

3.4.4 Pengujian Komposit Serat *Nata de coco*

Pengujian yang dilakukan meliputi sebagai berikut :

A. Analisis Morfologi

Analisis morfologi terhadap lembaran serat *nata de coco* dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) melalui perbesaran 500 – 10000x. Uji SEM dilakukan di laboratorium CMPFA (*Center For Materials Processing and Failure Analysis*) Departemen Teknik Metalurgi Universitas Indonesia. Pengujian dilakukan pada tiga titik dalam satu lembaran serat *nata de coco*. Gambar 3.4 merupakan penampakan dari alat SEM:



Gambar 3. 4 Alat SEM (Scanning Electron Microscopy)

Selain menggunakan SEM, analisis morfologi dapat dilakukan dengan cara observasi fisik menggunakan micrometer skrup yang bertujuan untuk mengukur dimensi serat.

B. Analisis Kandungan

Analisis kandungan ini dilakukan pada serat *nata de coco* yang telah diisi dengan nanopartikel (nanosilika) baik menggunakan teknik *post modification*. Analisis kandungan nanopartikel di dalam serat *nata de coco* dilakukan dengan menggunakan alat EDX. Analisis EDX dilakukan untuk memperoleh gambaran permukaan atau fitur material dengan resolusi yang sangat tinggi hingga memperoleh suatu tampilan dari permukaan sampel yang kemudian di komputasikan dengan software untuk menganalisis komponen materialnya secara kuantitatif. Hasil yang didapat dengan pengujian menggunakan EDX adalah berupa angka persentase kandungan unsur-unsur yang terkandung di dalam serat *nata de coco*. Gambar 3.5 merupakan penampakan alat SEM-EDX:



Gambar 3. 5 Alat SEM-EDX

C. Pengujian Sifat Mekanik

Pada penelitian ini sifat mekanik bahan ditentukan melalui *tensile test*. Sampel lembaran serat *nata de coco* diuji sesuai dengan ASTM-D882. Uji

tarik dilakukan pada lembaran serat BC tanpa nanosilika dan lembaran serat BC yang telah dimasukan nanosilika ke dalam struktur seratnya. Gambar 3.6 dan 3.7 merupakan penampakan dari alat uji tarik:



Gambar 3. 6 Alat uji tarik AG-1S 50 KN AUTOGRAPH



a.



b.

Gambar 3.7 a. Alat Uji Tarik, b. Proses Uji Tarik Serat *Nata de coco*

3.4.5 Skematik Prosedur Percobaan

Tabel 3.1 merupakan skematik pemberian label pada sampel yang akan dibuat pada penelitian ini berdasarkan variabel yang divariasikan

Tabel 3. 1 Skematik percobaan

Variabel Percobaan	Lama Perendaman Nanosilika (3 % w/v)				
	Tanpa	1 hari	3 hari	7 hari	
Resin					
Tanpa		1	2	3	4
Polyurethane	a	1a	2a	3a	4a
Polyamid + Epoxy	b	1b	2b	3b	4b
Silikon	c	1c	2c	3c	4c

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pembuatan *Nata de coco*

Pembuatan *nata de coco* diawali dengan membuat media pertumbuhan *acetobacter xylinum* yaitu dengan mencampurkan 1 liter air kelapa dengan 15 gram gula sebagai sumber karbon, 5 gram urea sebagai sumber nitrogen dan 3ml asam asetat glasial sebagai pengatur pH. Takaran masing-masing bahan tersebut mengikuti kondisi optimum yang telah didapat dari penelitian sebelum ini dan dari *trial* pembuatan lembaran *nata de coco*. Kondisi tersebut dikatakan kondisi optimum karena menghasilkan *nata de coco* dengan ketebalan paling besar yang menandakan kandungan serat BCnya paling banyak. Campuran air kelapa beserta bahan-bahan lainnya tersebut kemudian dimasak sampai mendidih (sekitar 15 menit) untuk mensterilkan media pertumbuhan bakteri dari bakteri lain yang tidak diinginkan. Setelah mendidih, campuran media pertumbuhan tersebut didinginkan selama 24 jam. Setelah dingin, media pertumbuhan tersebut dituang ke dalam nampan (15 x 20 cm) serta dimasukkan dengan starter bakteri *acetobacter xylinum* sebanyak 10 % dari air kelapa. Kemudian media pertumbuhan yang telah berisi starter bakteri tersebut didiamkan selama 9 hari (waktu optimum) yang akan membentuk gel berwarna putih yang biasa kita sebut dengan *nata de coco*.

Sebenarnya serat *nata de coco* yang terbentuk tersebut merupakan media pertahanan dari bakteri *acetobacter xylinum* dari bahaya dari organisme lain maupun lingkungan. Serat *nata de coco* yang terbentuk tersebut tersusun atas selulosa bakteri (BC) dalam jumlah besar yang juga memiliki fungsi lain yaitu untuk menjaga keberadaan bakteri tetap di bagian atas dengan mengikatkan dirinya pada lapisan selulosa tersebut. Hal tersebut dilakukan agar bakteri dapat memperoleh oksigen dalam jumlah yang cukup. BC yang terbentuk tersebut disintesis sendiri oleh bakteri tersebut dengan bantuan-bantuan enzim yang dapat disekresi oleh bakteri tersebut. starter *acetobacter xylinum*, serat *nata de coco* dapat dilihat pada Gambar 4.1:



Gambar 4. 1 (a) starter acetobacter xylinum (b) Nata de coco

Dari proses pembuatan *nata de coco* sebanyak 16 nampan, ternyata hanya 8 nampan saja yang berhasil membentuk lembaran *nata de coco*. Sisa 8 nampan lagi ada yang masih berbentuk cairan dan berbau, ada juga yang tidak sempurna membentuk lembaran *nata de coco* (terdapat lubang-lubang). Berdasarkan dari kondisi *nata de coco* yang tidak jadi tersebut dapat disimpulkan penyebabnya adalah kondisi udara yang tidak bersih atau telah terkontaminasi oleh pengotor dan organisme lain. Hal tersebut dapat menyebabkan proses penarikan oksigen yang dilakukan oleh bakteri akan terganggu, serta pengotor atau organisme lain tersebut akan mengkontaminasi bakteri beserta media pertumbuhannya. Penyebab dari tidak bersihnya udara yang berada di sekitar bakteri dan media pertumbuhannya adalah kondisi Laboratorium Energi Berkelanjutan yang sirkulasi udaranya kurang lancar.

Dari 8 lembar *nata de coco* yang berhasil terbentuk tersebut, dilakukan pengukuran ketebalan pada masing-masing lembarnya. Dari hasil pengukuran ketebalan tersebut terdapat 5 lembar *nata de coco* yang memiliki ketebalan > 1 cm. 5 lembar *nata de coco* tersebutlah yang akan digunakan pada proses selanjutnya. Pemilihan 5 lembar *nata de coco* tersebut didasarkan pada acuan kondisi optimum yaitu serat *nata de coco* semakin baik ketika ketebalannya semakin tebal. 5 lembar *nata de coco* ini akan dipotong-potong menjadi ukuran-ukuran yang lebih kecil lagi sesuai dengan ukuran spesimen uji tarik (2.5x10cm). Pemotongan *nata de coco* tersebut dilakukan menggunakan *cutter*. Sebelum benar-benar memotong sampel yang dibutuhkan, dilakukanlah *trial* pemotongan

nata de coco agar ukuran potongan yang dihasilkan rata dan seragam. Setelah dipotong sesuai ukuran yang dibutuhkan, masing-masing sampel tersebut ditimbang untuk mendapatkan data berat serat basah.

Selanjutnya adalah melakukan proses menjadikan *nata de coco* yang dihasilkan tersebut menjadi serat kering. Untuk mendapatkan serat kering tersebut dilakukan proses tekan dingin dan tekan panas sesuai kondisi operasi yang telah ditentukan untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat di dalam serat basah tersebut. Kemudian setelah didapatkan serat *nata de coco* kering tersebut, dilakukan penimbangan dan pengukuran dimensi dari masing-masing sampel tersebut. Gambar 4.2 merupakan penampilan fisik dari serat *nata de coco* kering yang berhasil dihasilkan.



Gambar 4. 2 Serat *nata de coco* murni kering

4.1.1 Perhitungan Kandungan Serat pada Nata de coco yang Dihasilkan

Setelah didapatkan serat kering *nata de coco*, dilakukanlah pengukuran dimensi dari masing-masing serat kering yang dihasilkan tersebut beserta dengan pengukuran berat. Kemudian data tersebut ditabelkan pada Tabel 4.1 beserta berat serat BC basah yang telah ditimbang sebelumnya. Dari data berat basah dan berat kering yang ada tersebut, maka dapat dihitung persen kandungan serat BC pada masing-masing sampel *nata de coco* yang dihasilkan. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung persen kandungan serat BC:

$$\begin{aligned} \% \text{serat} &= \frac{\text{Berat basah} - \text{kandungan air}}{\text{Berat basah}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Berat kering}}{\text{Berat basah}} \times 100\% \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan persen kandungan serat BC juga ditabelkan pada Tabel 4.1:

Tabel 4. 1 Perhitungan Persen Serat pada Nata de coco yang Dihasilkan

No	Sampel	Tebal Kering (cm)				Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)	Persen Serat
		1	2	3	rata-rata			
1	1(1)	0.125	0.12	0.12	0.12	24.14	0.33	1.37%
2	2(1)	0.135	0.14	0.135	0.14	26	0.37	1.42%
3	3(1)	0.1	0.125	0.115	0.11	20.7	0.31	1.50%
4	4(1)	0.15	0.16	0.145	0.15	26.4	0.46	1.74%
5	1(2)	0.11	0.105	0.11	0.11	24.4	0.39	1.60%
6	2(2)	0.125	0.12	0.125	0.12	23.86	0.34	1.42%
7	3(2)	0.11	0.11	0.115	0.11	21.09	0.34	1.61%
8	4(2)	0.14	0.135	0.14	0.14	20.1	0.4	1.99%
9	1a	0.2	0.21	0.15	0.19	20.12	0.32	1.59%
10	2a	0.185	0.215	0.19	0.20	20.02	0.32	1.60%
11	3a	0.19	0.23	0.235	0.22	21.07	0.39	1.85%
12	4a	0.2	0.23	0.215	0.22	21.95	0.42	1.91%
13	1b	0.195	0.22	0.215	0.21	21.16	0.32	1.51%
14	2b	0.18	0.165	0.15	0.17	20.14	0.33	1.64%
15	3b	0.215	0.195	0.17	0.19	24.83	0.45	1.81%
16	4b	0.17	0.17	0.15	0.16	23.09	0.42	1.82%
17	1c	0.23	0.235	0.195	0.22	20.93	0.33	1.58%
18	2c	0.235	0.215	0.21	0.22	24	0.38	1.58%
19	3c	0.23	0.2	0.205	0.21	26.64	0.43	1.61%
20	4c	0.185	0.205	0.19	0.19	22.51	0.3	1.33%

Dari perhitungan persentase serat pada *nata de coco* didapatkan bahwa setiap serat BC yang dihasilkan pada setiap sampel *nata de coco* berbeda-beda satu sama lain. *Range* persen serat dari keseluruhan sampel *nata de coco* yang dihasilkan adalah 1.33%-1.99% dari berat keseluruhan masing-masing sampel *nata de coco*. Hal tersebut tidak dikarenakan prosedur percobaan yang diterapkan pada masing-masing sampel *nata de coco* berbeda. Prosedur dan kondisi operasi pada proses pembuatan serat kering *nata de coco* tersebut pada masing-masing adalah sama. Penyebab dari berbedanya persentase serat yang dihasilkan adalah karena pertumbuhan bakteri *acetobacter xylinum* dalam media pertumbuhan tidak bisa merata di keseluruhan titik sehingga hal ini menyebabkan pertumbuhan rantai-rantai BC yang akan tersusun menjadi serat-serat BC kepadatannya akan menjadi tidak merata. Hal tersebut terjadi karena tidak ada kontrol pesebaran BC pada *nata de coco*. Kedepannya hal ini dapat dijadikan suatu bahan bahasan tersendiri dalam mengamati pola pesebaran serat BC yang dihasilkan secara mikroskopis ataupun molekular.

4.2 Hasil Pengamatan Perendaman Serat BC pada Suspensi Nanosilika

Untuk memasukan nanosilika ke dalam struktur serat, digunakan metode *post modification*. Teknik ini telah banyak digunakan dalam aplikasi pemasukan berbagai nanopartikel ke dalam struktur serat *nata de coco*. Prinsip dasar dari metode *post modification* ini adalah melakukan perendaman (*immerse*) serat *nata de coco* di dalam suspensi nanosilika yang telah dibuat dengan menggunakan aquades. Untuk suspensi yang dibuat takarannya mengikuti kondisi optimum pada penelitian sebelumnya yaitu suspensi yang dibuat memiliki %w/v (g/ml) nanosilika sebanyak 3%. Pada pembuatan suspensi nanosilika tersebut jumlahnya menyesuaikan dengan wadah perendaman yang telah dibuat yaitu 10cm x 2cm x 1 cm. Sehingga dibutuhkan suspensi dengan volume 20ml untuk merendam satu sampel. Dalam pembuatan suspensi dilakukan dengan pembuatan 100ml suspensi untuk 5 perendaman sampel. 100ml aquades kemudian dicampur dengan 3g nanosilika yang telah disiapkan. Kemudian aquades dan nanosilika tersebut diaduk selama ± 15 menit untuk meratakan kandungan nanosilika di dalam suspensi tersebut. Pembuatan suspensi nanosilika ini dilakukan sebanyak 3 kali sejumlah sampel yang akan dilakukan perendaman nano silika yaitu dari 3 variasi lama perendaman dengan total sampel 15 buah.

Kemudian suspensi tersebut dituang ke dalam wadah perendaman serat *nata de coco*. Setelah suspensi dituang, serat *nata de coco* diletakan di dalam wadah yang berisi suspensi nanopartikel tersebut. Ketika diletakan di dalam wadah perendaman, serat *nata de coco* dipastikan keseluruhan bagiannya terendam di dalam suspensi nanosilika atau dengan kata lainnya keadaan serat *nata de coco* tenggelam di dalam suspensi nanosilika. Wadah yang digunakan adalah plastik air minum kemasan bekas yang berkemasan karena berwarna bening sehingga mudah untuk mengamati proses pemasukan nanosilika ke dalam serat secara visual dan fisik. Untuk masing-masing variasi lama perendaman terdapat 5 sampel yang harus diamati keadaannya. Selanjutnya pada gambar 4.3-4.5 akan diperlihatkan hasil pengamatan secara visual untuk setiap variasi lama perendaman pada hari pertama masing-masing sampel yang direndam pada suspensi nanopartikel.



Gambar 4.3 Serat *nata de coco* basah dengan lama perendaman 1 hari dalam suspensi nanosilika 3%(w/v)

Pada Gambar 4.3 di atas terlihat sampel serat *nata de coco* yang direndam ke dalam suspensi nanosilika 3%(w/v) dengan lama perendamannya selama satu hari. Untuk pengukuran secara fisik yaitu berat dari serat *nata de coco* sesudah perendaman untuk kelima sampel tersebut tercatat mengalami kenaikan dibanding sebelum perendaman. Kemudian dimensi serat *nata de coco* pada waktu sesudah perendaman terlihat sedikit lebih membengkak dan lebih berair dibanding pada sebelum perendaman. Kesemua hal tersebut menandakan bahwa terdapat nanosilika yang terdispersi ke dalam struktur serat *nata de coco* sehingga membuat kenaikan pada berat serat *nata de coco* sesudah perendaman.

Dari pengamatan secara visual pada pertama kali serat *nata de coco* diletakkan di dalam wadah perendaman, seluruh bagian dari 5 sampel serat *nata de coco* tersebut tenggelam di dalam suspensi nanosilika. Sementara pada pengamatan visual satu hari setelah perendaman, pada wadah perendaman terlihat masih ada setengah bagian dari serat *nata de coco* yang terendam dengan suspensi nanosilika. Sementara sebagian lainnya lagi sudah tidak terendam. Kemudian ketika serat diangkat dari wadah perendaman, masih terdapat suspensi nanosilika yang mennggenangi wadah perendaman. Kesemua hal tersebut menunjukkan bahwa tidak semua suspensi nanosilika terdispersi ke dalam struktur serat *nata de coco*. Untuk membuktikannya lebih lanjut dapat dilihat dari uji kandungan dalam serat menggunakan pengujian EDX yang akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.



Gambar 4. 4 Serat *nata de coco* basah dengan lama perendaman 3 hari dalam suspensi nanosilika 3%(w/v)

Pada Gambar 4.4 di atas terlihat sampel serat *nata de coco* yang direndam ke dalam suspensi nanosilika 3%(w/v) dengan lama perendamannya selama tiga hari. Untuk pengukuran secara fisik yaitu berat dari serat *nata de coco* sesudah perendaman untuk kelima sampel tersebut tercatat mengalami kenaikan dibanding sebelum perendaman. Kemudian dimensi serat *nata de coco* pada waktu sesudah perendaman terlihat sedikit lebih membengkak dan lebih berair dibanding pada sebelum perendaman. Namun teksturnya tidak lebih berair dari sampel yang lama perendamannya satu hari. Kesemua hal tersebut menandakan bahwa terdapat nanosilika yang terdispersi ke dalam struktur serat *nata de coco* sehingga membuat kenaikan pada berat serat *nata de coco* sesudah perendaman.

Dari pengamatan secara visual pada pertama kali serat *nata de coco* diletakkan di dalam wadah perendaman, seluruh bagian dari 5 sampel serat *nata de coco* tersebut tenggelam di dalam suspensi nanosilika. Sementara pada pengamatan visual 3 hari setelah perendaman, pada wadah perendaman, serat *nata de coco* sudah tidak terendam dengan suspensi nanosilika. Ketika serat diangkat dari wadah perendaman, masih terdapat suspensi nanosilika yang menggenangi wadah perendaman namun tidak sebanyak pada wadah sampel yang direndam selama satu hari perendaman. Kesemua hal tersebut menunjukkan bahwa tidak semua suspensi nanosilika terdispersi ke dalam struktur serat *nata de coco*. Untuk membuktikannya lebih lanjut dapat dilihat dari uji kandungan dalam serat menggunakan pengujian EDX yang akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.



Gambar 4. 5 Serat *nata de coco* basah dengan lama perendaman 7 hari dalam suspensi nanosilika 3%(w/v)

Pada Gambar 4.5 di atas terlihat sampel serat *nata de coco* yang direndam ke dalam suspensi nanosilika 3%(w/v) dengan lama perendamannya selama tujuh hari. Untuk pengukuran secara fisik yaitu berat dari serat *nata de coco* sesudah perendaman untuk kelima sampel tersebut tercatat mengalami kenaikan dibanding sebelum perendaman. Kemudian dimensi serat *nata de coco* pada waktu sesudah perendaman terlihat sedikit lebih membengkak dan sedikit lebih mengeras dibanding pada sebelum perendaman. Kesemua hal tersebut menandakan bahwa terdapat nanosilika yang terdispersi ke dalam struktur serat *nata de coco* sehingga membuat kenaikan pada berat serat *nata de coco* sesudah perendaman.

Dari pengamatan secara visual pada pertama kali serat *nata de coco* diletakan di dalam wadah perendaman, seluruh bagian dari 5 sampel serat *nata de coco* tersebut tenggelam di dalam suspensi nanosilika. Sementara pada pengamatan visual 7 hari setelah perendaman, pada wadah perendaman, serat *nata de coco* sudah tidak terendam dengan suspensi nanosilika. Ketika serat diangkat dari wadah perendaman, juga sudah tidak terdapat suspensi nanosilika yang menggenangi wadah perendaman. Kesemua hal tersebut menunjukkan bahwa tidak semua suspensi nanosilika terdispersi ke dalam struktur serat *nata de coco*. Untuk membuktikannya lebih lanjut dapat dilihat dari uji kandungan dalam serat menggunakan pengujian EDX yang akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

Kemudian pada tahap selanjutnya dilakukan proses tekan dingin dan panas sama seperti yang dilakukan pada serat *nata de coco* murni tanpa perendaman pada suspensi nanosilika. Untuk hasil pengamatan yang didapat semua sampel

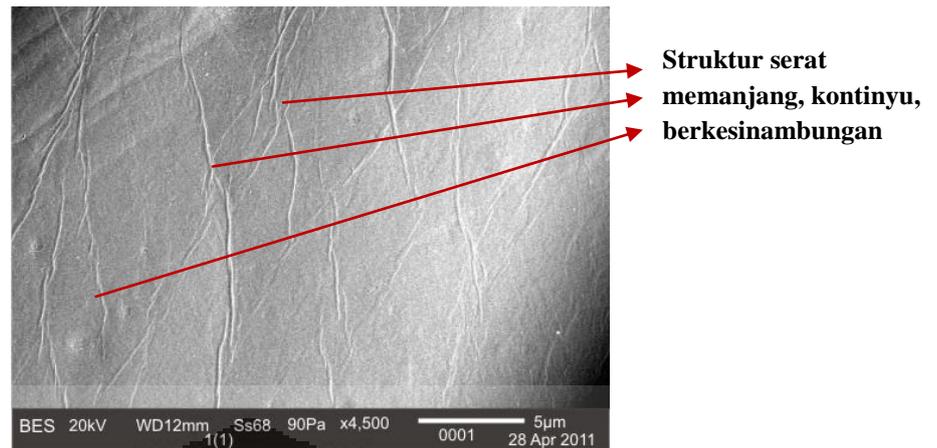
serat *nata de coco* dengan perendaman nanosilika secara fisik terlihat sama semua tidak ada perbedaan penampilan fisik yang berbeda secara signifikan. Untuk pengukuran berat serat kering *nata de coco* semua sampel menunjukkan penurunan berat yang sangat signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa air dalam struktur serat *nata de coco* berhasil dikeluarkan agar serat *nata de coco* menjadi kering, tidak mudah busuk, dan terkontaminasi bakteri lain. Air terbukti merupakan penyusun terbesar serat *nata de coco*. Hal ini dapat dilihat dari hasil penimbangan berat antara berat serat *nata de coco* basah dan serat *nata de coco* kering penurunannya sangat besar sekali yaitu ± 98 . Pada Gambar 4.6 dapat dilihat penampilan fisik dari serat *nata de coco* dengan variasi perendaman.



Gambar 4. 6 Serat *nata de coco* kering dengan lama perendaman:
 a. 1 hari pada suspensi nanosilika 3% (w/v)
 b. 3 hari pada suspensi nanosilika 3% (w/v)
 c. 7 hari pada suspensi nanosilika 3% (w/v)

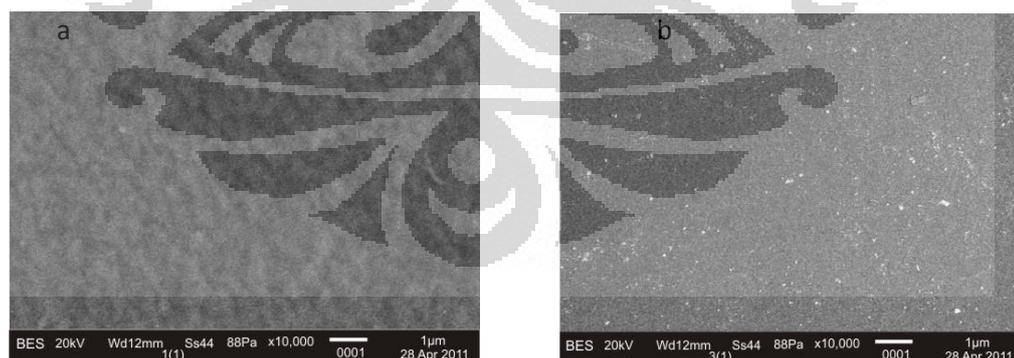
4.2.1 Analisis Hasil SEM

Untuk melihat morfologi serat nano *nata de coco* maka dilakukan pengujian menggunakan SEM. Pada Gambar 4.7 dapat dilihat hasil SEM yang dilakukan terhadap serat murni *nata de coco* dengan perbesaran 4500 x:



Gambar 4. 7 Morfologi serat BC dari hasil SEM dengan perbesaran 4500 x

Pada hasil analisis SEM di atas terlihat struktur serat *nata de coco* yang memanjang, saling berkesinambungan, serta kontinyu satu dengan lainnya. Hal inilah yang membuat struktur fisik dari serat *nata de coco* baik. Serat tersebut tersusun dari ribuan rantai selulosa bakteri yang saling menyambung sehingga membuat serat *nata de coco* ini memiliki potensi kekuatan mekanik yang baik. Kemudian ukuran dari selulosa bakteri yang menyusun serat *nata de coco* memiliki orde nano ≤ 100 nm. Namun pada hasil uji SEM dengan perbesaran hingga 4500 x, struktur serat yang terlihat merupakan serat yang berorde nano. Untuk itu, selanjutnya kembali dilakukan analisis SEM dengan perbesaran yang lebih besar kembali yaitu mencapai 10000 x. Gambar dari uji SEM tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.8:

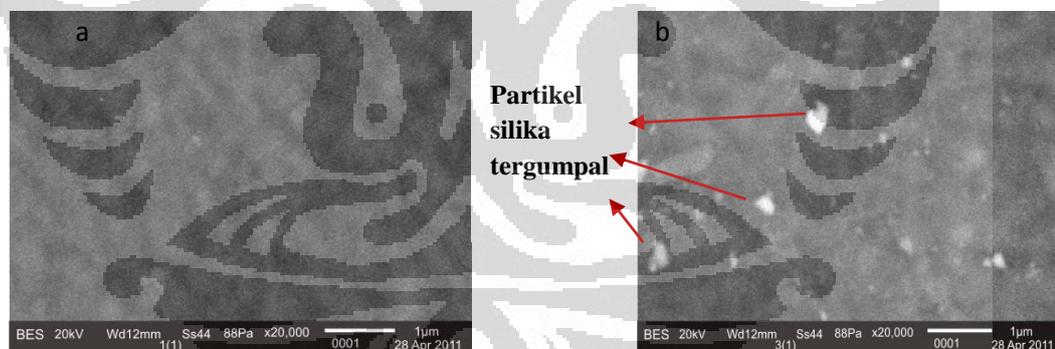


Gambar 4. 8 Hasil SEM dengan perbesaran 10000 x untuk melihat morfologi:
(a) serat BC murni (b) serat BC/ nanosilika

Dari hasil analisis SEM dengan perbesaran 10000 x selulosa bakteri yang berorde nano tersebut tidak terlihat. Hasil yang diterima menunjukkan tidak tergambarannya bercak-bercak dari struktur selulosa bakteri dengan ukuran nano. Hal tersebut disebabkan oleh konduktivitas serat *nata de coco* yang

sangat rendah sehingga dengan prinsip SEM menembakan elektro mengarah ke sampel, bercak-bercak dari serat yang berukuran nano tersebut tidak dipantulkan oleh serat sehingga gambar yang didapat tidak terlalu jelas. Namun dari gambar di atas dapat dibandingkan antara serat *nata de coco* murni dengan serat *nata de coco* yang telah direndam dengan suspensi nanosilika. Dari Gambar 4.8 tersebut terlihat pada serat *nata de coco* dengan perendaman nanosilika terdapat titik-titik putih yang merata hampir di seluruh permukaan sampel. Titik-titik putih tersebut merupakan nanosilika yang terdispersi dan terdistribusi merata pada seluruh permukaan serat. Sementara untuk sampel serat *nata de coco* murni tidak tampak titik-titik putih tersebut sehingga dapat dipastikan tidak ada nanosilika yang terdispersi ke dalam struktur serat.

Sementara itu pengujian analisis SEM ini dilakukan juga untuk melihat ukuran nanosilika yang terdispersi ke dalam struktur serat. Karena dengan perbesaran 10000 x ukuran nanosilika yang terdispersi ke dalam struktur serat belum terlihat jelas, maka dilakukan pengujian SEM kembali dengan perbesaran yang lebih besar lagi. Pada Gambar 4.9 dapat dilihat hasil dari pengujian SEM dengan perbesaran 20000 x:



**Gambar 4. 9 Hasil SEM dengan perbesaran 20000 x untuk melihat morfologi:
(a) serat BC murni (b) serat BC/ nanosilika**

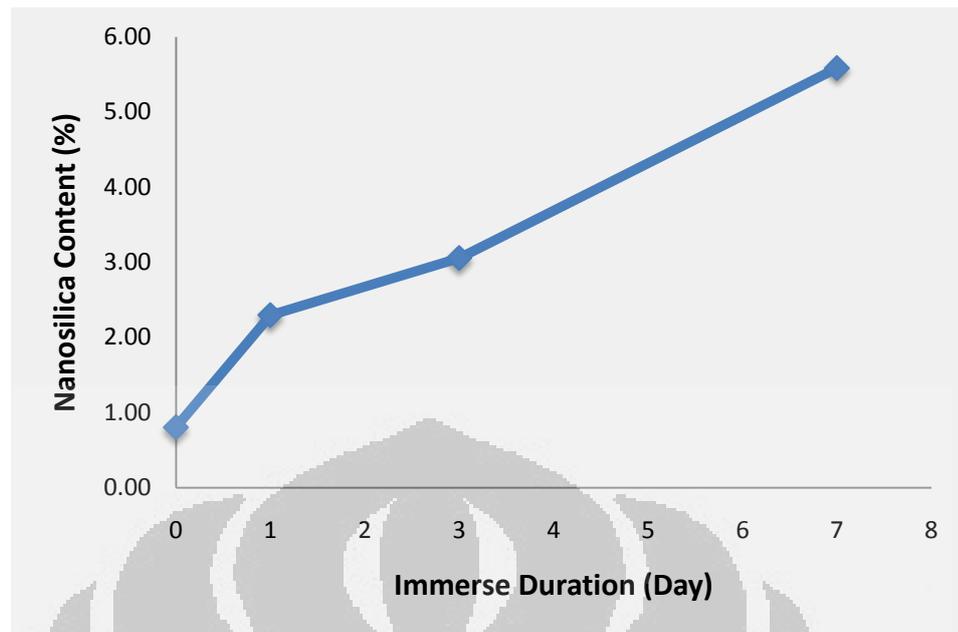
Dari hasil pengujian SEM dengan perbesaran 20000 x dapat terlihat lebih jelas nanosilika yang terdispersi ke dalam struktur serat. Dengan acuan ukuran garis 1 μm yang tertulis pada hasil pengujian SEM, dapat diperkirakan ukuran dari nanosilika yang terlihat. Nanosilika harus mempunyai dimensi diameter ≤ 100 nm atau 1/10 dari garis acuan agar masuk ke dalam orde nano. Dari gambar yang didapat dapat terlihat bahwa sebagian besar nanosilika sudah memenuhi ukuran diameter ≤ 100 nm. Namun terdapat juga beberapa silika

yang belum masuk ke dalam orde nano yang dapat dilihat pada gambar. Salah satu contoh partikel silika yang tidak masuk ke dalam orde nano memiliki ukuran sekitar 200nm. Titik partikel yang berukuran sekitar 200 nm tersebut kemungkinan juga gumpalan dari partikel silika yang sudah berukuran nano. Jika hal tersebut yang terjadi, maka dapat dikatakan nanosilika yang terdispersi ke dalam serat masih ada yang tidak terdistribusi dengan baik. Hal ini dapat diakibatkan oleh pengadukan suspensi yang tidak benar-benar rata secara mikroskopis atau diakibatkan pada proses pendispersian nanosilika yang tidak merata. Salah satu cara untuk membuat pendistribusian nanosilika lebih merata adalah dengan melakukan proses sonikasi selama masa perendaman serat BC dalam suspensi nanosilika.

Selain itu, bila memang satu titik partikel yang berukuran 200nm bukan sebuah gumpalan melainkan benar-benar hanya terdiri dari satu partikel silika, maka hal ini diakibatkan oleh proses *miling* pada pengecilan bahan silika teknis menjadi nanosilika kurang sempurna. Namun dilihat dari ukuran partikel silika yang lebih dari orde nano hanya berkisaran 200nm, maka secara keseluruhan bahan nanosilika yang dimasukkan ke dalam struktur serat sudah berada dalam orde nano.

4.2.2 Analisis Hasil EDX

Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa untuk mengetahui kandungan dalam serat *nata de coco*, dapat digunakan pengujian EDX. Pada pengujian analisis EDX yang dilakukan, ingin dilihat kandungan dari nanosilika yang berhasil masuk ke dalam struktur serat *nata de coco*. Kemudian juga ingin dilihat pengaruh dari lama perendaman serat *nata de coco* ke dalam suspensi nanosilika terhadap kandungan nanosilika yang masuk ke dalam serat *nata de coco* tersebut. Gambar 4.10 di bawah ini menunjukkan hubungan pengaruh lama perendaman serat BC terhadap kandungan nanosilika yang masuk ke dalam struktur serat *nata de coco*:



Gambar 4. 10 Pengaruh lama perendaman terhadap kandungan nanosilika

Dari Gambar 4.10 di atas dapat dilihat bahwa semakin lama waktu perendaman serat BC dalam suspensi nanosilika dilakukan, semakin meningkat pula kandungan nanosilika di dalam serat *nata de coco*. Hubungan peningkatan kandungan nanosilika dalam serat *nata de coco* dengan waktu perendaman hampir berbanding lurus (linier). Dari hubungan lama perendaman dengan kandungan nanosilika dalam serat *nata de coco* ini secara tidak langsung juga akan membantu kita untuk mengetahui hubungan antara kuat tarik dengan kandungan nanosilika dalam *nata de coco*. Namun hal tersebut akan dijelaskan pada analisis kuat tarik material. Perlu diketahui bahwa hasil kandungan silika dalam serat *nata de coco* tersebut merupakan hasil dari rata-rata 3 titik hasil EDX untuk masing-masing sampel.

Dari Gambar 4.10 di atas terdapat waktu lama perendaman 0 artinya adalah tidak dilakukan perendaman serat *nata de coco* dalam suspensi nanosilika atau dengan kata lain merupakan serat murni *nata de coco*. Pada Serat murni *nata de coco* tersebut sudah terdapat kandungan silika sebesar 0.8 %. Terdapatnya kandungan silika pada sampel serat *nata de coco* murni ini merupakan hal yang wajar karena silika memang banyak ditemui sebagai bahan penyusun berbagai jenis material di permukaan bumi. Sehingga walaupun serat *nata de coco* tidak direndam di suspensi nanosilika, hasil pengujian EDX akan

mendeteksi kandungan silika pada serat *nata de coco* murni tersebut yang nilainya jauh lebih kecil dibanding dari serat *nata de coco* yang direndam di dalam suspensi nanosilika.

Dari Gambar 4.10 di atas terdapat waktu lama perendaman 1 artinya adalah dilakukan perendaman serat *nata de coco* dalam suspensi nanosilika selama 1 hari. Pada Serat *nata de coco* yang direndam 1 hari tersebut didapati kandungan nanosilika yang terdispersi ke dalam struktur serat sebanyak 2.30 %. Kemudian untuk serat *nata de coco* dengan lama perendaman 3 hari dalam suspensi nanosilika didapati kandungan nanosilika yang terdispersi ke dalam struktur serat sebanyak 3.06 %. Sementara itu untuk yang terakhir adalah untuk lama perendaman serat silika selama 7 hari dalam suspensi nanosilika didapati kandungan nanosilika yang terdispersi ke dalam struktur serat paling tinggi yaitu sebanyak 5.58%. Dari data tren grafik pada Gambar 4.10 tersebut dapat disimpulkan bahwa lama perendaman serat *nata de coco* dalam nanosilika berbanding lurus dengan kandungan nanosilika yang terdispersi ke dalam serat *nata de coco*.

4.3 Hasil Pengamatan pada Proses Pembuatan Komposit Serat BC dengan Resin

Proses selanjutnya yang dilakukan adalah pembuatan komposit serat *nata de coco* dengan resin. Proses pembuatan komposit ini menggunakan salah satu teknik *open molding* yaitu *handlay up* (Krystysniewicz,2001). Pada pembuatan komposit ini diperlukan alat pencetak komposit. Pada penelitian ini dipakai akrilik 3mm sebagai cetakan komposit dengan diberi isolasi listrik pada pinggirannya sebagai batas bentuk yang ingin dibuat. Pada gambar 4.11 dapat dilihat bentuk cetakan komposit yang digunakan.



Gambar 4. 11 Cetakan Komposit Serat BC dengan Resin

Penggunaan akrilik serta isolasi listrik sebagai cetakan komposit disebabkan karena sampel yang ingin dihasilkan tipis ($< 5\text{mm}$). Selain itu permukaan akrilik yang rata sangat berguna untuk membuat komposit dengan permukaan yang rata. Ukuran cetakan sampel komposit yang ingin dibuat adalah $10 \times 2.5\text{ cm}$. Cetakan ini disesuaikan dengan dimensi spesimen untuk pengujian kuat tarik. Pembuatan sampel yang sesuai dengan ukuran spesimen uji tarik ini dimaksudkan agar potongan sampel rata. Jika dilakukan pembuatan komposit terlebih dahulu, baru dipotong akan terjadi potongan yang tidak rata dan permukaan sampel terkena tekanan dari alat potong yang tidak merata yang dapat menimbulkan keretakan pada sampel. Pembuatan komposit ini dilakukan berkali-kali hingga didapatkan komposit untuk masing-masing variasi resin berdimensi yang merata. Pada Tabel A, pada lampiran A, dapat dilihat gambar-gambar dan keadaan fisik sampel yang dihasilkan.

Dari hasil pengamatan Tabel A dapat terlihat bahwa hampir seluruh komposit serat *nata de coco* dengan resin yang dihasilkan memiliki permukaan yang rata. Namun terdapat juga komposit yang dihasilkan memiliki permukaan yang tidak rata yaitu pada seluruh sampel yang masuk ke dalam variasi resin polyurethane. Pada sampel-sampel yang masuk ke dalam variasi resin polyurethane, permukaan komposit menjadi tidak rata tersebut diakibatkan oleh pada proses *curing* resin atau proses pengeringan, terdapat gelembung-gelembung udara yang dihasilkan sehingga membuat komposit yang dihasilkan menjadi berlubang-lubang kecil pada permukaannya dan tidak rata. Hal tersebut akan membuat kepadatan resin *polyurethane* yang menempel pada serat *nata de coco* tidak melekat dengan baik.

Sementara untuk resin polyamide+epoxy dan silikon, komposit yang dihasilkan masing-masing resin tersebut memiliki permukaan yang rata. Yang berbeda wujud fisik dari komposit yang dihasilkan dari dua resin tersebut adalah pada komposit polyamide+epoxy lapisan resin yang dihasilkan memiliki kelenturan yang tinggi sehingga dapat ditekuk. Sementara pada resin silikon, komposit yang dihasilkan memiliki lapisan resin yang keras dan tidak lentur.

4.3.1 Perhitungan Kandungan Serat *Nata de coco* pada Komposit dengan Resin

Setelah sampel-sampel komposit serat *nata de coco* dengan resin berhasil dibuat seluruhnya, dilakukan pengukuran berat dan tebal pada masing-masing sampel tersebut. Pengukuran berat sampel komposit bertujuan untuk mendapatkan persentase berat serat terhadap berat keseluruhan sampel komposit. Untuk perhitungan persentase berat serat terhadap berat komposit yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.2:

Tabel 4. 2 Perhitungan Persen Serat pada Komposit dengan Resin

No	Sampel	Tebal Kering (cm)				rata-rata	Berat Serat Kering (gram)	Berat Setelah Dibuat Komposit dengan Resin	Persen Serat
		1	2	3					
1	a	0.17	0.175	0.17	0.17	0	0.93	0.00%	
2	1a	0.2	0.21	0.15	0.19	0.32	1.3	24.62%	
3	2a	0.185	0.215	0.19	0.20	0.32	1.32	24.24%	
4	3a	0.19	0.23	0.235	0.22	0.39	1.65	23.64%	
5	4a	0.2	0.23	0.215	0.22	0.42	1.6	26.25%	
6	b	0.06	0.065	0.075	0.07	0	1.65	0.00%	
7	1b	0.195	0.22	0.215	0.21	0.32	1.73	18.50%	
8	2b	0.18	0.165	0.15	0.17	0.33	1.71	19.30%	
9	3b	0.215	0.195	0.17	0.19	0.45	2.64	17.05%	
10	4b	0.17	0.17	0.15	0.16	0.42	2.36	17.80%	
11	c	0.23	0.235	0.195	0.22	0	2.6	0.00%	
12	1c	0.23	0.235	0.195	0.22	0.33	1.72	19.19%	
13	2c	0.235	0.215	0.21	0.22	0.38	1.84	20.65%	
14	3c	0.23	0.2	0.205	0.21	0.43	2.07	20.77%	
15	4c	0.185	0.205	0.19	0.19	0.3	1.21	24.79%	

Dari hasil perhitungan persentase berat serat terhadap berat komposit di atas, dapat dilihat bahwa persentase pada masing-masing sampel berbeda satu sama lain. Hal tersebut disebabkan karena ketebalan lapisan resin pada masing-masing komposit berbeda-beda. Walaupun secara fisik lapisan resin pada komposit yang dihasilkan rata, tetapi ketebalannya berbeda satu sama lain. Untuk *range* ketebalan komposit yang dihasilkan berkisar antara 0.17 – 0.22

cm. Sementara untuk persentase berat serat terhadap berat komposit berkisar antara 17.05 – 26.25 %.

4.4 Hasil Uji Kuat Tarik Material

Untuk mengetahui dan membandingkan kekuatan mekanik dari sampel serat *nata de coco* dan komposit serat *nata de coco* dengan resin, maka dilakukan pengujian kuat tarik untuk mengetahui kekuatan tarik dari masing-masing sampel tersebut. Kekuatan tarik ini umum dijadikan acuan untuk mengetahui kekuatan mekanik dari suatu material. Pengujian kekuatan tarik ini menggunakan alat *Ultimate Tensile Strength* (UTS) sesuai dengan ASTM D 882. Berikut pada Tabel 4.3 merupakan hasil pengujian kekuatan tarik pada sampel serat *nata de coco* maupun komposit serat *nata de coco* dengan resin:

Tabel 4. 3 Hasil Uji Kuat Tarik

No	Sampel	Kuat Tarik (N/cm ² .10 ³)	Berat Akhir (g)	Dimensi			Volume (cm ³)	Densitas (g/cm ³)	Kuat Tarik Spesifik (N.m/g)
				Ketebalan Akhir (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)			
1	BC	85.6	0.33	0.12	10	2.5	3.04	0.108	788.99
2	BC1	266	0.37	0.14	10	2.5	3.42	0.108	2456.31
3	BC3	316	0.31	0.11	10	2.5	2.83	0.109	2888.17
4	BC7	196	0.46	0.15	10	2.5	3.79	0.121	1615.58
5	Pu	0	0.93	0.17	10	2.5	4.29	0.217	0.00
6	BC+Pu	7.51	1.3	0.19	10	2.5	4.67	0.279	26.96
7	BC+Pu1	11.5	1.32	0.20	10	2.5	4.92	0.268	42.83
8	BC+Pu3	10.5	1.65	0.22	10	2.5	5.46	0.302	34.73
9	BC+Pu7	11.3	1.6	0.22	10	2.5	5.38	0.298	37.96
10	Pa+Ep	21.7	1.65	0.07	10	2.5	1.67	0.990	21.92
11	BC+Pa+Ep	96.2	1.73	0.21	10	2.5	5.25	0.330	291.94
12	BC+Pa+Ep1	97.9	1.71	0.17	10	2.5	4.13	0.415	236.16
13	BC+Pa+Ep3	44.7	2.64	0.19	10	2.5	4.83	0.546	81.84
14	BC+Pa+Ep7	24.2	2.36	0.16	10	2.5	4.08	0.578	41.87
15	Sil	36.3	2.6	0.22	10	2.5	5.50	0.473	76.79
16	Bc+Sil	10.7	1.72	0.22	10	2.5	5.50	0.313	34.22
17	Bc+Sil1	12.7	1.84	0.22	10	2.5	5.50	0.335	37.96
18	Bc+Sil3	23.2	2.07	0.21	10	2.5	5.29	0.391	59.31
19	Bc+Sil7	29.7	1.21	0.19	10	2.5	4.83	0.250	118.64

Keterangan:

BC : Bacterial Celluloses/ *Nata de coco*

Pu : Polyurethane

Pa+Ep : Polyamide + Epoxy

Sil : Silikon

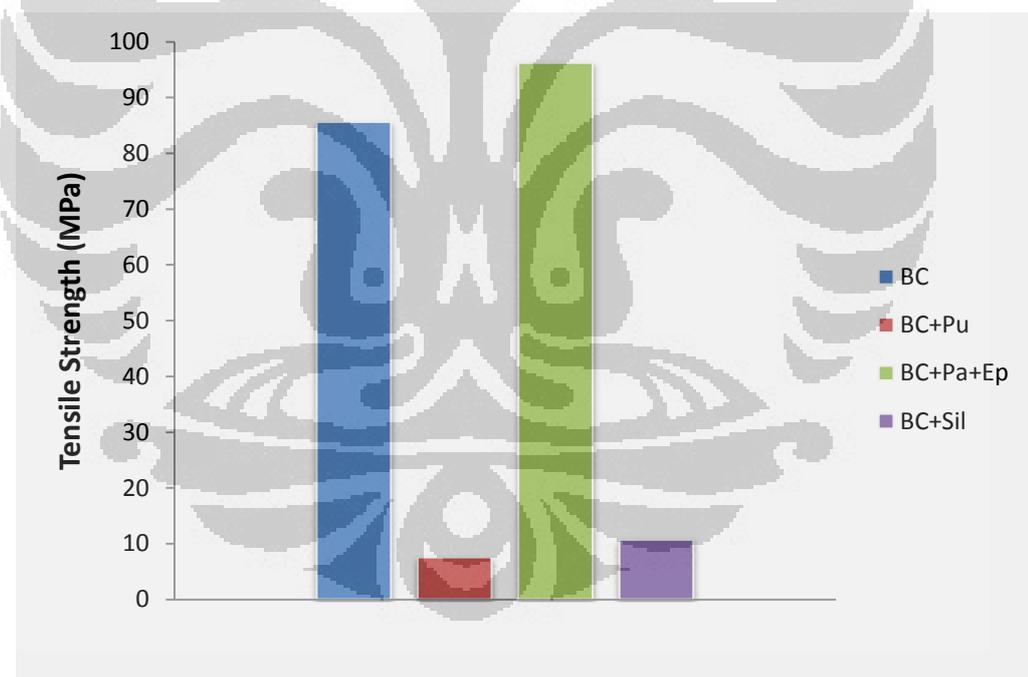
1,2,3 : Lama perendaman

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa hasil uji tarik lembaran serat *nata de coco* maupun komposit serat *nata de coco* dengan resin memiliki kekuatan tarik yang berbeda satu sama lain. Untuk sampel dengan kekuatan tarik terbesar adalah sampel BC3 yaitu sampel serat *nata de coco* tanpa resin yang direndam di dalam

suspensi nanosilika selama 3 hari. Untuk kisaran kekuatan tarik sampel serat *nata de coco* tanpa resin sebesar 85.6 MPa – 316 MPa. Yang menyebabkan nilai kuat tarik pada masing – masing berbeda satu sama lain adalah beberapa faktor yang akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

4.4.1 Perbandingan Kuat Tarik Serat *Nata de coco* dan Komposit Serat *Nata de coco* dengan Resin

Untuk membandingkan kuat tarik pada sampel serat *nata de coco*, dan komposit serat *nata de coco* dengan resin tanpa memperhitungkan pengaruh dari nanosilika maka diambil data kuat tarik untuk serat *nata de coco* murni tanpa perendaman di dalam suspensi nanosilika serta data kuat tarik komposit serat *nata de coco* dengan 3 variasi resin juga tanpa perendaman di dalam nanosilika. Untuk melihat perbandingan kekuatan tarik diantara keempat jenis sampel tersebut, dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut ini:



Gambar 4. 12 Perbandingan kuat tarik komposit serat *nata de coco* dengan resin

Dari Gambar 4.12, terlihat bahwa sampel yang memiliki kekuatan tarik paling besar adalah sampel BC+Pa+Ep dimana kekuatan tariknya mencapai 96.2 MPa. Sampel tersebut merupakan komposit antara serat *nata de coco* dengan resin polyamide+epoxy. Sementara untuk sampel yang memiliki kekuatan tarik terkecil adalah sampel BC+Pu dimana kekuatan tariknya hanya

mencapai 7.51 MPa. Sampel tersebut merupakan komposit antara serat *nata de coco* dengan resin polyurethane. Sementara untuk kuat tarik sampel BC (serat *nata de coco* murni), BC+Sil (serat *nata de coco* + resin silikon) kekuatan tariknya masing-masing mencapai 85.6 MPa, 10.7 MPa.

Dari Gambar 4.12 dapat disimpulkan bahwa terjadi interaksi yang baik antara serat BC dengan resin polyamid+epoxy yang dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit tersebut sebesar 12.38 % dari kekuatan tarik serat *nata de coco* murni. Interaksi antara serat *nata de coco* dan resin yang baik tersebut terjadi karena adanya ikatan *crosslink* antara struktur serat *nata de coco* dengan struktur dari resin. ikatan *crosslink* menghubungkan dan mengikat kedua lapisan (serat BC dan resin) tersebut (Mikrajuddin, 2008) . Salah satu jenis ikatan *crosslink* yang kuat dan terjadi antara serat *nata de coco* dengan resin polyamide+epoxy adalah ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen pada dapat terjadi karena terdapat unsur O, dan H yang terdapat pada ujung-ujung struktur *nata de coco*. Di lain sisi pada struktur polyamide juga terdapat O, H, dan N yang terdapat pada strukturnya. Kemudian pada struktur epoxy juga terdapat unsur O, dan H pada strukturnya. Banyaknya jumlah unsur-unsur tersebut memungkinkan terjadinya banyak ikatan hidrogen antara lapisan serat *nata de coco* dengan resin yang disebut dengan *crosslink*.

Sementara itu, dari Gambar 4.12 juga terlihat bahwa interaksi yang terjadi antara serat *nata de coco* dengan resin polyurethane tidak baik. Hal ini terlihat dari adanya penurunan kekuatan tarik komposit tersebut sebesar 92.19 % dari kekuatan tarik serat *nata de coco* murni. Hal ini dapat diakibatkan oleh 2 faktor. Faktor yang pertama yaitu tidak terjadi atau terjadi sedikit *crosslink* antara lapisan serat *nata de coco* dengan resin. Faktor yang kedua adalah karena lapisan resin yang melapisi serat *nata de coco* tidak rata. Hal ini menyebabkan ketika dilakukan pengujian tarik lapisan resin polyurethane terlepas dengan mudahnya dari lapisan serat *nata de coco* yang menyebabkan pembacaan nilai kuat tarik komposit tersebut menjadi rendah.

Kemudian untuk komposit serat *nata de coco* dengan resin silikon menyebabkan penurunan kekuatan tarik komposit sebesar 88.88 % dari kekuatan tarik serat *nata de coco* murni. Nilai kekuatan tarik yang rendah

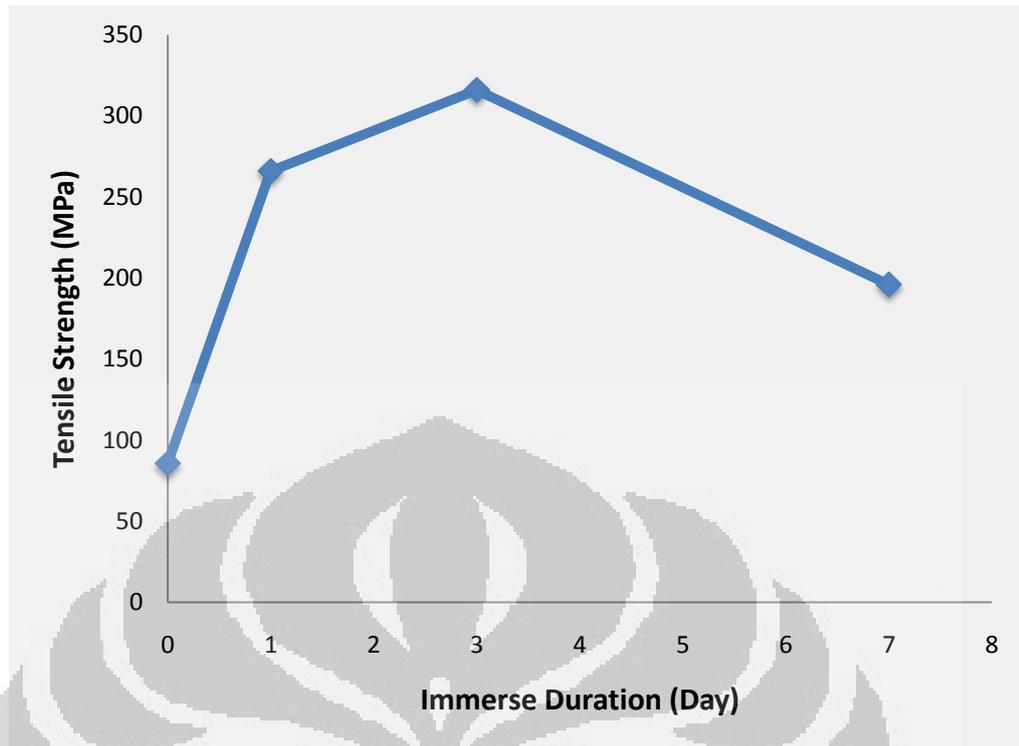
tersebut diakibatkan oleh tekstur dari resin silikon yang sangat keras dan kaku. Sehingga ketika dilakukan pengujian kekuatan tarik terjadi perbedaan perilaku antara serat *nata de coco* yang lentur dengan resin silikon yang keras. Hal ini membuat lapisan resin silikon mudah patah akibat serat *nata de coco* yang bergerak merespon gaya tarikan, sedangkan resin silikon mempunyai struktur yang kaku. Kekerasan dan kekakuan yang dimiliki oleh resin silikon ini diakibatkan karena banyak terdapat unsur Si pada struktur resin silikon yang membawa karakteristik kaku dan keras.

4.4.2 Analisis Pengaruh Lama Perendaman Serat *Nata de coco* dalam Nanosilika

Seperti yang dijelaskan di awal bahwa pada penelitian ini juga akan dicaritahu pengaruh lama perendaman serat *nata de coco* dalam suspensi nanosilika. Tujuan memvariasikan lama perendaman serat *nata de coco* karena ingin dilihat pengaruhnya terhadap kekuatan tarik serat *nata de coco* murni maupun komposit serat *nata de coco* dengan resin. Selain ingin diketahui pengaruh lama perendaman serat *nata de coco* pada suspensi nanosilika, pada penelitian ini juga akan dicaritahu waktu optimum perendaman serat *nata de coco* pada nanosilika.

4.4.2.1 Pengaruh Perendaman pada Serat BC Murni

Untuk melihat pengaruh dari lama perendaman serat *nata de coco* murni pada suspensi nanosilika terhadap kuat tariknya dapat dilihat pada Gambar 4.13:



Gambar 4. 13 Pengaruh lama perendaman terhadap kuat tarik serat *nata de coco*

Dari Gambar 4.13, dapat terlihat bahwa tidak selamanya waktu perendaman serat *nata de coco* pada suspensi nanosilika, meningkatkan kekuatan tarik serat *nata de coco* tersebut. Pada Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa kurva yang dibentuk, berbentuk seperti gunung yang memiliki puncak. Puncak dari kurva tersebut akan menunjukkan waktu optimum perendaman serat *nata de coco* dalam suspensi nanosilika. Pada Gambar 4.13, dapat terlihat bahwa waktu optimum dari lama perendaman serat *nata de coco* dalam suspensi nanosilika adalah 3 hari dimana ketika direndam selama 3 hari kekuatan tarik serat *nata de coco* meningkat secara tajam sebesar 269.16 % dari kekuatan tarik serat *nata de coco* murni. Setelah mencapai titik puncak, kurva tersebut berbalik arah menurun pada lama perendaman 7 hari.

Pada titik lama perendaman 0 (tanpa perendaman), kekuatan tarik dari serat *nata de coco* mencapai nilai 85.6 MPa. Kekuatan tarik serat *nata de coco* tanpa perendaman tersebut sudah mencapai nilai yang cukup tinggi untuk jenis material tipis dan ringan. Sementara itu, kekuatan tarik serat *nata de coco* yang direndam selama satu hari di dalam suspensi nanosilika mengalami peningkatan yang cukup tajam yaitu mencapai 266 MPa.

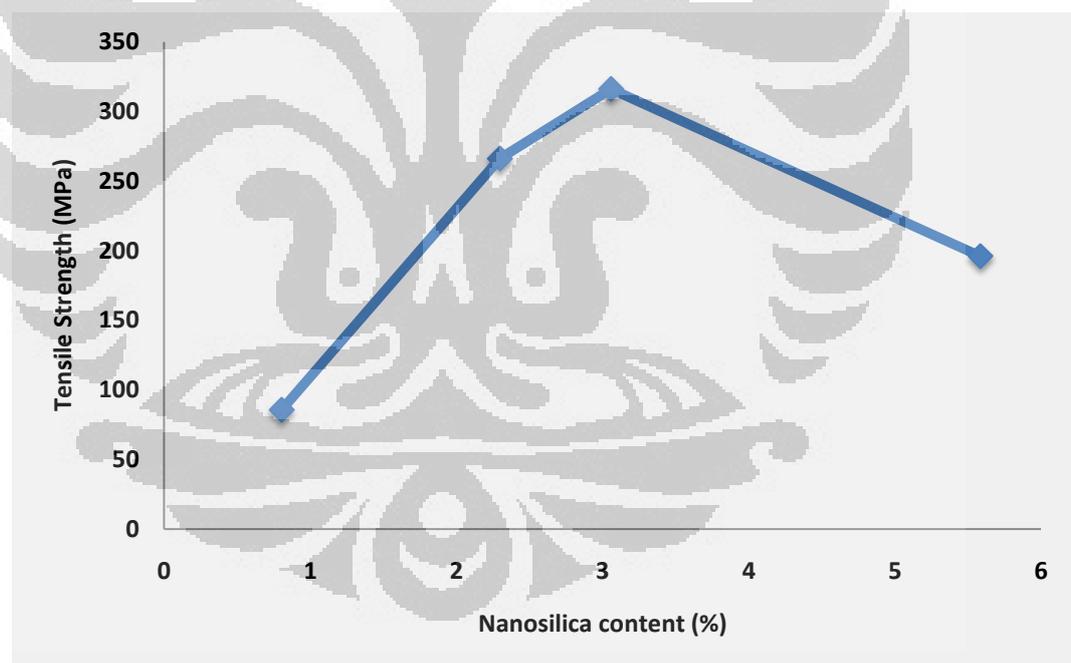
Kenaikan kekuatan tarik dari titik 0 hingga lama perendaman 1 hari tersebut terlihat paling drastis dibanding dengan perubahan pada titik lama perendaman lainnya. Fenomena yang menyebabkan terjadinya kenaikan drastis dari titik 0 hingga lama perendaman 1 hari adalah terjadinya pendispersian nanosilika ke dalam struktur serat *nata de coco* yang memiliki rongga-rongga berukuran nano. Nanosilika yang terdispersi dalam serat sejak permulaan perendaman mulai mengisi rongga-rongga struktur serat *nata de coco*. Nanosilika yang mengisi rongga-rongga serat *nata de coco* tersebut, berinteraksi dengan serat-serat *nata de coco* disekelilingnya karena memiliki luas permukaan kontak yang sangat besar. Interaksi adalah nanosilika yang mengisi rongga-rongga serat *nata de coco*, mereduksi mobilitas rantai strukturnya yang menyebabkan peningkatan kekuatan mekanik yang drastis (Y.shoichiro et al, 2007).

Setelah direndam selama 1 hari dalam suspensi nanosilika berhasil meningkatkan kekuatan tarik, serat *nata de coco* direndam selama 3 hari dalam suspensi nanosilika. Ternyata kekuatan tarik serat *nata de coco* kembali meningkat hingga mencapai angka 316 MPa. Namun dari gambar 4.13 terlihat bahwa peningkatan kuat tarik dari lama perendaman 1 hari hingga 3 hari tidak terlalu drastis lagi atau dengan kata lain kenaikannya lebih landai dibanding sebelumnya. Fenomena yang menyebabkan hal itu terjadi adalah, rongga serat *nata de coco* sudah hampir terisi semua oleh nanosilika yang terdispersi antara lama perendaman 1 hari hingga 3 hari, sehingga kenaikan dari kekuatan tarik serat *nata de coco* tidak sebesar ketika awal perendaman dimana rongga-rongga serat *nata de coco* yang kosong masih lebih banyak.

Untuk lama perendaman 7 hari dalam suspensi nanosilika, serat *nata de coco* berbalik mengalami penurunan kekuatan tarik hingga mencapai 196 MPa. Penurunan kekuatan tarik serat *nata de coco* tersebut disebabkan oleh dua hal. Penyebab yang pertama adalah kandungan nanosilika di dalam serat *nata de coco* sudah jenuh, sementara sudah tidak ada lagi ruang atau rongga kosong yang bisa diisi. Hal tersebut menyebabkan nanosilika yang terus terdispersi ke dalam struktur serat mendesak dinding-dinding serat *nata*

de coco, sehingga memungkinkan terjadinya kerusakan struktur serat *nata de coco* akibat dari desakan nanosilika terhadap dinding-serat serat. Kemudian penyebab kedua yang menyebabkan penurunan kekuatan tarik adalah fenomena *swelling* yang terjadi pada serat *nata de coco*. Fenomena *swelling* adalah fenomena dimana serat *nata de coco* terus menerus menyerap air ke dalam struktur *nata de coco*. Karena volume serat tidak bertambah seiring terjadinya fenomena ini, air yang masuk ke dalam struktur *nata de coco* mendesak dinding-dinding serat *nata de coco* yang akan menyebabkan dinding-dinding serat tersebut melebar (terlihat membengkak). Hal tersebut menyebabkan dinding serat *nata de coco* menjadi lebih tipis dari sebelumnya. Dinding serat yang terlalu tipis tersebutlah yang menyebabkan penurunan kekuatan tarik serat *nata de coco*.

Tabel 4.14 menggambarkan pengaruh kandungan nanosilika dalam serat *nata de coco* terhadap kekuatan tarik yang dihasilkan:



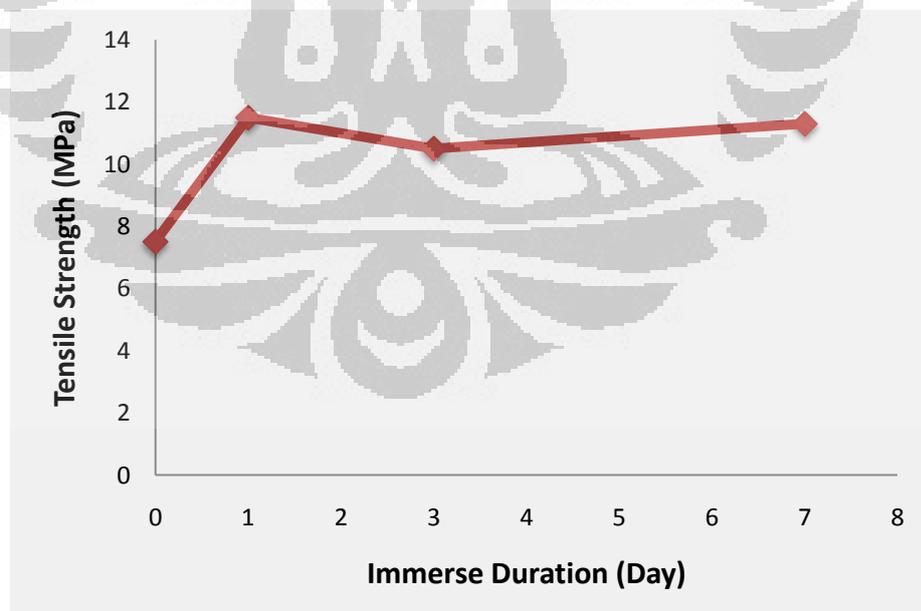
Gambar 4. 14 Pengaruh kandungan nanosilika terhadap kuat tarik

Dari Gambar 4.14 terlihat bahwa ketika kandungan nanosilika mencapai 3%, kekuatan tarik yang dihasilkan mencapai nilai yang paling tinggi yaitu 316 MPa. Hal tersebut menandakan bahwa ketika kandungan nanosilika mencapai 3%, terjadi interaksi yang optimal antara nanosilika dengan serat *nata de coco*. Fenomena yang terjadi adalah nanosilika sejumlah

3 % tersebut terdispersi di antara rongga-rongga dalam struktur serat *nata de coco* yang kemudian nanosilika tersebut berinteraksi dengan serat *nata de coco* yang mengurangi mobilitas serat *nata de coco*. Hal tersebut meningkatkan kekuatan mekanik dari serat *nata de coco* tersebut. Sementara ketika kandungan nanosilika mencapai 7 % kuat tarik serat *nata de coco* menjadi turun. Fenomena yang terjadi adalah kandungan nanosilika dalam serat *nata de coco* jenuh yang kemudian mendesak dinding-dinding serat *nata de coco* yang merusak struktur serat *nata de coco*. Hal tersebut membuat terjadinya penurunan kekuatan tarik serat *nata de coco*.

4.4.2.2 Pengaruh Perendaman pada Komposit Serat *Nata de coco* dengan Resin Polyurethane

Untuk mendapatkan material komposit yang dapat digunakan pada berbagai aplikasi, maka dilakukan pembuatan komposit dengan memvariasikan lama perendaman nanosilika pada serat *nata de coco* yang akan dibuat jadi komposit dengan resin. Pada Gambar 4.14 berikut akan terlihat pengaruh lama perendaman dalam suspensi nanosilika terhadap kekuatan tarik komposit serat *nata de coco* dengan resin Polyurethane:



Gambar 4. 15 Pengaruh lama perendaman terhadap kuat tarik komposit serat *nata de coco* dengan polyurethane

Bila dibandingkan dengan kurva pengaruh lama perendaman dalam suspensi nanosilika pada serat *nata de coco* murni, kurva yang ada pada Gambar 4.14 memiliki pola yang berbeda. Data yang terlihat pada Gambar 4.14 terlihat aneh karena terjadi fluktuatif naik turun kekuatan tarik pada lama perendaman 1, 3, dan 7 hari. Hal ini disebabkan karena ternyata faktor yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit serat *nata de coco*/ resin tidak seperti pada serat *nata de coco* murni yang hanya dipengaruhi oleh lama perendaman nanosilika. Pada komposit serat *nata de coco*/ resin ternyata terdapat faktor lain yang tidak kalah dominan pengaruhnya dibanding lama perendaman. Faktor tersebut adalah persentase berat serat terhadap berat komposit seluruhnya. Pada Gambar 4.14, bila mengacu kepada kurva pengaruh lama perendaman terhadap kekuatan tarik serat *nata de coco* murni, seharusnya yang mencapai nilai optimum adalah ketika lama perendamannya mencapai 3 hari. Namun dari lama perendaman 1 hari ke 3 hari kurva menurun dan hari ke-7 kurva kembali menaik. Hal ini terjadi karena persentase massa serat *nata de coco* tidak sama satu sama lain. Pada lama hari perendaman 1, 3, dan 7 hari masing – masing persentase berat serat *nata de coco* terhadap berat komposit adalah 24.24 %, 23.64 %, serta 26.25 %. Hal tersebut sebanding dengan fluktuasi kekuatan tarik komposit pada Gambar 4.14, sehingga pada komposit serat *nata de coco* dengan resin polyurethane didapati bahwa persentase berat serat terhadap komposit juga sangat mempengaruhi kuat tarik.

4.4.2.3 Pengaruh Perendaman pada Komposit Serat *Nata de coco* dengan Resin Polyamide + Epoxy

Pada Gambar 4.15 berikut akan terlihat pengaruh lama perendaman dalam suspensi nanosilika terhadap kekuatan tarik komposit serat *nata de coco* dengan resin Polyamide+Epoxy:

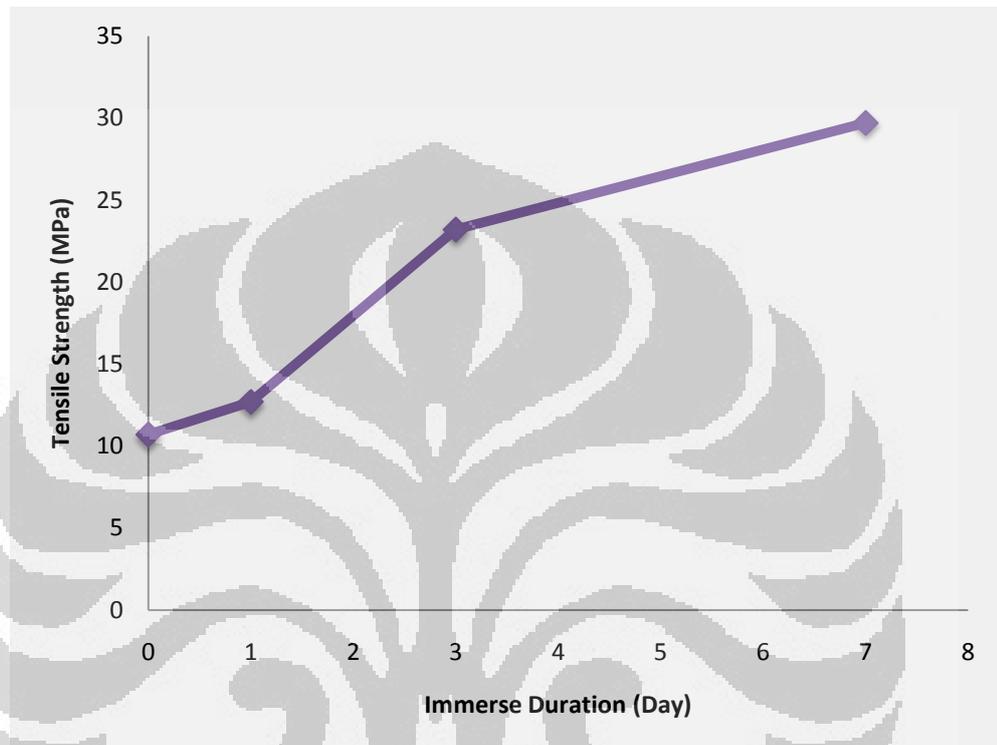


Gambar 4. 16 Pengaruh lama perendaman terhadap kuat tarik komposit serat *nata de coco* dengan Polyamide+Epoxy

Pada Gambar 4.15 pola kurva yang terbentuk juga sangat berbeda dengan kurva pengaruh lama perendaman dalam suspensi nanosilika pada serat *nata de coco* murni. Pada Gambar 4.15 puncak dari kurva terjadi pada lama perendaman 1 hari tidak pada perendaman 3 hari. Hal ini juga dikarenakan persentase berat serat terhadap komposit juga sangat mempengaruhi kuat tarik. Pada lama perendaman 1 hari persentase berat serat terhadap berat komposit adalah 19.30 %. Sementara untuk lama perendaman 3 hari persentase berat serat terhadap berat komposit turun menjadi 17.05 %. Hal tersebutlah yang menyebabkan kekuatan tarik komposit serat *nata de coco* resin polyamide+epoxy pada lama perendaman 1 hari dapat mencapai nilai 97.9 MPa. Sementara pada perendaman 3 hari kekuatan tariknya menurun hingga mencapai nilai 44.7 MPa. Jadi, dapat disimpulkan pada komposit serat *nata de coco* dengan resin polyamide+epoxy didapati bahwa persentase berat serat terhadap komposit juga sangat mempengaruhi kuat tarik.

4.4.2.4 Pengaruh Perendaman pada Komposit Serat *Nata de coco* dengan Resin Silikon

Pada Gambar 4.16 berikut akan terlihat pengaruh lama perendaman dalam suspensi nanosilika terhadap kekuatan tarik komposit serat *nata de coco* dengan resin silikon:



Gambar 4. 17 Pengaruh lama perendaman terhadap kuat tarik komposit serat *nata de coco* dengan Resin Silikon

Dari Gambar 4.16 dapat kita lihat bahwa semakin lama perendaman serat *nata de coco* dilakukan dalam suspensi nanosilika, maka kekuatan tariknya akan semakin besar. Dari gambar terlihat bahwa lama perendaman optimum pada gambar 4.16 adalah pada lama perendaman 7 hari bukan pada perendaman 3 hari. Hal ini terjadi karena persentase berat serat terhadap berat komposit lebih berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit dibanding dengan lama perendaman yang dilakukan pada serat *nata de coco*. Hal ini terlihat pada titik lama perendaman 3 hari persentase serat terhadap komposit adalah 20.77 %. Sedangkan pada lama perendaman 7 hari persentase serat terhadap komposit adalah 24.79 %. Hal ini mengakibatkan kekuatan tarik pada lama perendaman 7 hari lebih besar yaitu mencapai 29.7 MPa, dan pada lama perendaman 3 hari hanya mencapai 23.2 MPa. Jadi,

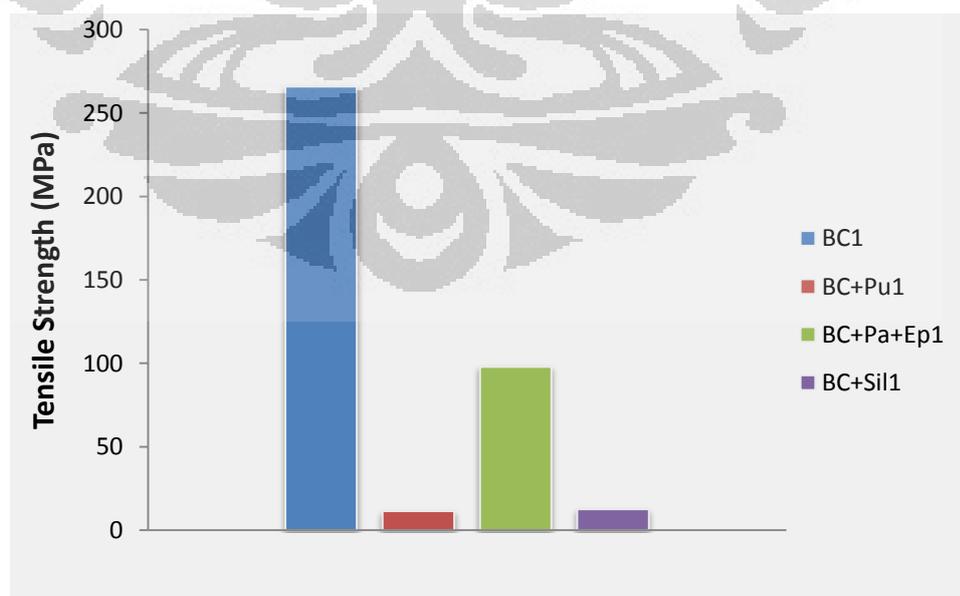
dapat disimpulkan pada komposit serat *nata de coco* dengan resin silikon didapati bahwa persentase berat serat terhadap komposit juga sangat mempengaruhi kuat tarik.

4.4.3 Analisis Kuat Tarik Serat *Nata de coco*/Nanosilika dan Komposit Serat *Nata decoco*/Nanosilika dengan Resin

Untuk membandingkan kuat tarik pada sampel serat *nata de coco*, dan komposit serat *nata de coco* dengan resin tanpa memperhitungkan pengaruh dari nanosilika maka diambil data kuat tarik untuk serat *nata de coco* murni dengan lama perendaman yang sama di dalam suspensi nanosilika serta data kuat tarik komposit serat *nata de coco* dengan 3 variasi resin juga dengan perendaman yang sama di dalam nanosilika. Untuk melihat perbandingan kekuatan tarik diantara keempat jenis sampel tersebut, dapat dilihat pada Gambar 4.17 – 4.19 berikut ini:

4.4.3.1 Perbandingan Kuat Tarik pada Lama Perendaman 1 hari

Berikut pada Gambar 4.17 dapat dilihat perbandingan kuat tarik antara serat *nata de coco* murni dengan kuat tarik komposit serat *nata de coco* dengan 3 variasi resin dengan lama perendaman yang sama yaitu 1 hari perendaman:



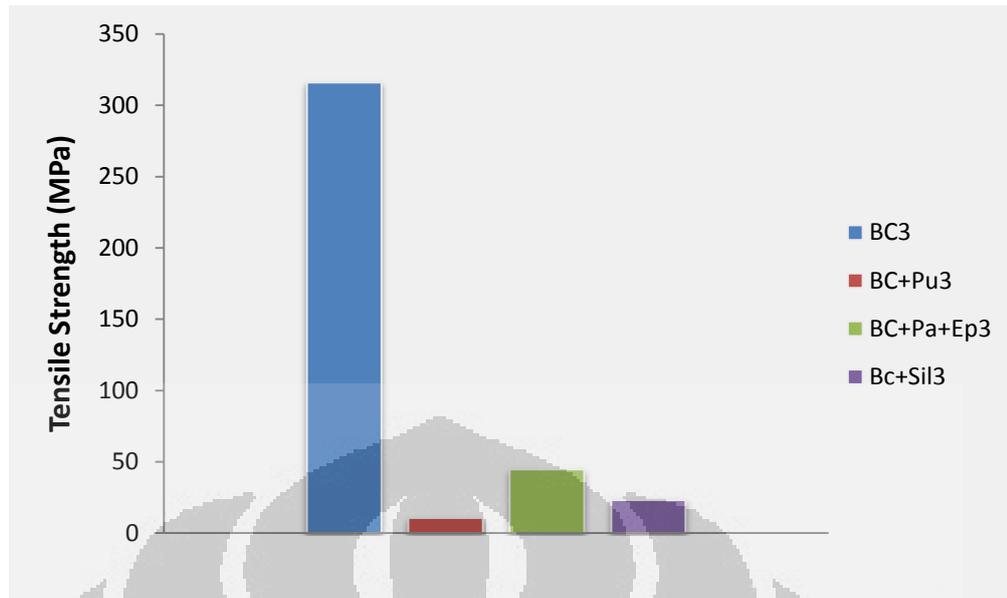
Gambar 4. 18 Perbandingan kuat tarik komposit serat *nata de coco*/ nanosilika dengan resin (1 hari perendaman)

Dari Gambar 4.17 terlihat bahwa pada perendaman satu hari kekuatan tarik sampel yang paling besar adalah sampel BC1 yang merupakan sampel serat *nata de coco* murni. Kekuatan tarik yang dapat dicapai oleh sampel BC1 adalah sebesar 266 MPa. Sementara itu untuk sampel yang memiliki kekuatan tarik paling rendah adalah sampel BC+Pu1 yang merupakan sampel komposit serat *nata de coco* dengan resin polyurethane. Kekuatan tarik yang dicapai oleh sampel BC+Pu1 hanyalah sebesar 11.5 MPa. Sementara untuk kekuatan tarik sampel BC+Pa+Ep1, BC+Sil1 adalah masing-masing sebesar 97.9 MPa, dan 12.7 MPa.

Walaupun yang menjadi sampel yang kekuatan tariknya paling tinggi adalah sampel serat *nata de coco* murni, interaksi antara resin dengan serat *nata de coco* pada masing – masing sampel komposit cenderung sama. Hal ini terlihat dari tidak terjadinya perubahan urutan kekuatan tarik komposit tertinggi di luar serat *nata de coco* murni pada lama perendaman dalam suspensi nanosilika selama 1 hari ini. Untuk komposit dengan resin polyamide+epoxy masih memiliki interaksi yang paling baik yaitu dapat mencapai nilai kekuatan tarik 97.9 MPa. Sementara untuk komposit dengan resin polyurethane interaksi yang ditunjukkan masih kurang begitu baik akibat pelapisan resin yang tidak bisa rata, serta struktur dari resin polyurethane itu sendiri yang memungkinkan hanya sedikit terjadi ikatan *crosslink* antara lapisan serat *nata de coco* dan resin. Nilai kekuatan tarik yang dapat dicapai oleh komposit dengan polyurethane adalah 11.5 MPa. Sementara akibat kekakuan komposit dengan resin silikon, maka pada komposit tersebut tidak terjadi interaksi antara lapisan serat *nata de coco* dengan resin yang baik sehingga hanya menghasilkan kekuatan tarik sebesar 12.7 MPa.

4.4.3.2 Perbandingan Kuat Tarik pada Lama Perendaman 3 hari

Berikut pada Gambar 4.18 dapat dilihat perbandingan kuat tarik antara serat *nata de coco* murni dengan kuat tarik komposit serat *nata de coco* dengan 3 variasi resin dengan lama perendaman yang sama yaitu 3 hari perendaman:



Gambar 4. 19 Perbandingan kuat tarik komposit serat *nata de coco*/ nanosilika dengan resin (3 hari perendaman)

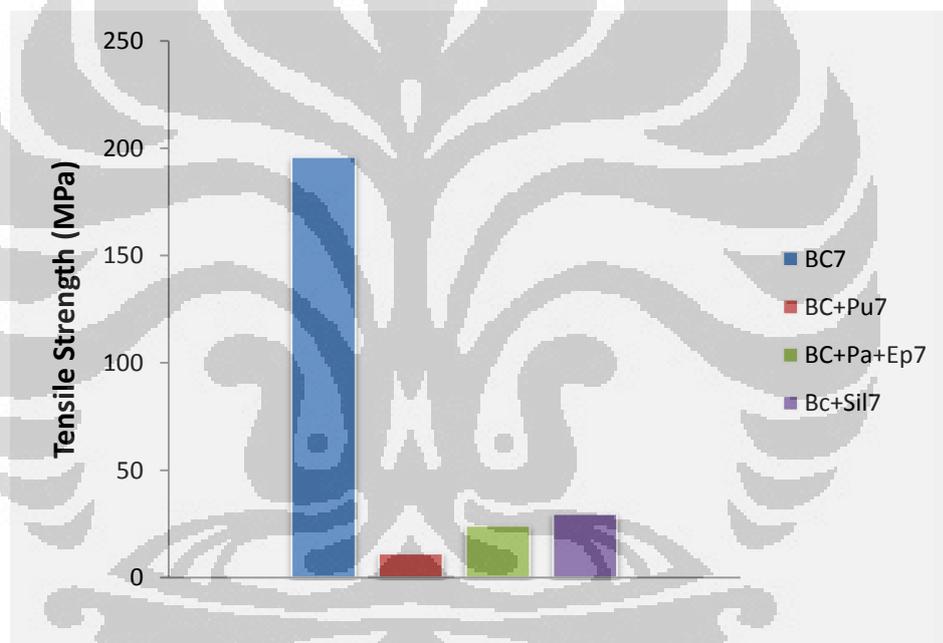
Dari Gambar 4.18 terlihat bahwa pada perendaman tiga hari kekuatan tarik sampel yang paling besar adalah sampel BC3 yang merupakan sampel serat *nata de coco* murni. Kekuatan tarik yang dapat dicapai oleh sampel BC3 adalah sebesar 316 MPa. Sementara itu untuk sampel yang memiliki kekuatan tarik paling rendah adalah sampel BC+Pu3 yang merupakan sampel komposit serat *nata de coco* dengan resin polyurethane. Kekuatan tarik yang dicapai oleh sampel BC+Pu3 hanyalah sebesar 10.3 MPa. Sementara untuk kekuatan tarik sampel BC+Pa+Ep3, BC+Sil3 adalah masing-masing sebesar 44.7 MPa, dan 23.2 MPa.

Walaupun yang menjadi sampel yang kekuatan tariknya paling tinggi adalah sampel serat *nata de coco* murni, interaksi antara resin dengan serat *nata de coco* pada masing – masing sampel komposit cenderung sama. Hal ini terlihat dari tidak terjadinya perubahan urutan kekuatan tarik komposit tertinggi di luar serat *nata de coco* murni pada lama perendaman dalam suspensi nanosilika selama 3 hari ini. Untuk komposit dengan resin polyamide+epoxy masih memiliki interaksi yang paling baik yaitu dapat mencapai nilai kekuatan tarik 44.7 MPa. Sementara untuk komposit dengan resin polyurethane interaksi yang ditunjukkan masih kurang begitu baik akibat pelapisan resin yang tidak bisa rata, serta struktur dari resin polyurethane itu sendiri yang memungkinkan hanya sedikit terjadi ikatan *crosslink* antara

lapisan serat *nata de coco* dan resin. Nilai kekuatan tarik yang dapat dicapai oleh komposit dengan polyurethane adalah 10.5 MPa. Sementara akibat kekakuan komposit dengan resin silikon, maka pada komposit tersebut tidak terjadi interaksi antara lapisan serat *nata de coco* dengan resin yang baik sehingga hanya menghasilkan kekuatan tarik sebesar 23.2 MPa.

4.4.3.3 Perbandingan Kuat Tarik pada Lama Perendaman 7 hari

Berikut pada Gambar 4.19 dapat dilihat perbandingan kuat tarik antara serat *nata de coco* murni dengan kuat tarik komposit serat *nata de coco* dengan 3 variasi resin dengan lama perendaman yang sama yaitu 7 hari perendaman:



Gambar 4. 20 Perbandingan kuat tarik komposit serat *nata de coco*/ nanosilika dengan resin (7 hari perendaman)

Dari Gambar 4.19 terlihat bahwa pada perendaman tujuh hari kekuatan tarik sampel yang paling besar adalah sampel BC7 yang merupakan sampel serat *nata de coco* murni. Kekuatan tarik yang dapat dicapai oleh sampel BC7 adalah sebesar 196 MPa. Sementara itu untuk sampel yang memiliki kekuatan tarik paling rendah adalah sampel BC+Pu7 yang merupakan sampel komposit serat *nata de coco* dengan resin polyurethane. Kekuatan tarik yang dicapai oleh sampel BC+Pu7 hanyalah sebesar 11.3

MPa. Sementara untuk kekuatan tarik sampel BC+Pa+Ep7, BC+Sil7 adalah masing-masing sebesar 24.2 MPa, dan 29.7 MPa.

Walaupun yang menjadi sampel yang kekuatan tariknya paling tinggi adalah sampel serat *nata de coco* murni, interaksi antara resin dengan serat *nata de coco* pada masing – masing sampel komposit cenderung sama. Hal ini terlihat dari sedikit terjadinya perubahan urutan kekuatan tarik komposit tertinggi di luar serat *nata de coco* murni pada lama perendaman dalam suspensi nanosilika selama 7 hari ini. Untuk komposit dengan resin polyamide+epoxy masih memiliki interaksi yang baik yaitu hanya mencapai nilai kekuatan tarik 24.2 MPa. Hal ini kemungkinan terjadi akibat adanya pelapisan resin terhadap serat *nata de coco* yang tidak rata. Sementara untuk komposit dengan resin polyurethane interaksi yang ditunjukkan masih kurang begitu baik akibat pelapisan resin yang tidak bisa rata, serta struktur dari resin polyurethane itu sendiri yang memungkinkan hanya sedikit terjadi ikatan *crosslink* antara lapisan serat *nata de coco* dan resin. Nilai kekuatan tarik yang dapat dicapai oleh komposit dengan polyurethane adalah 11.3 MPa. Sementara akibat persen berat serat terhadap komposit yang lebih banyak (24.79%) dibanding komposit lainnya, sehingga menghasilkan kekuatan tarik lebih besar dari komposit dengan resin poluamide+epoxy yaitu sebesar 29.7 MPa.

Untuk melihat data apa saja yang ada dalam penelitian ini, serta apa saja hubungan antara satu data dengan data yang lainnya. Maka dibuatlah Tabel 4.4 yaitu tabel pengaruh kandungan nanosilika dalam serat *nata de coco*, kandungan serat dalam komposit terhadap kekuatan tarik berikut:

Tabel 4. 4 Pengaruh kandungan nanosilika dalam serat *nata de coco*, kandungan serat dalam komposit terhadap kekuatan tarik

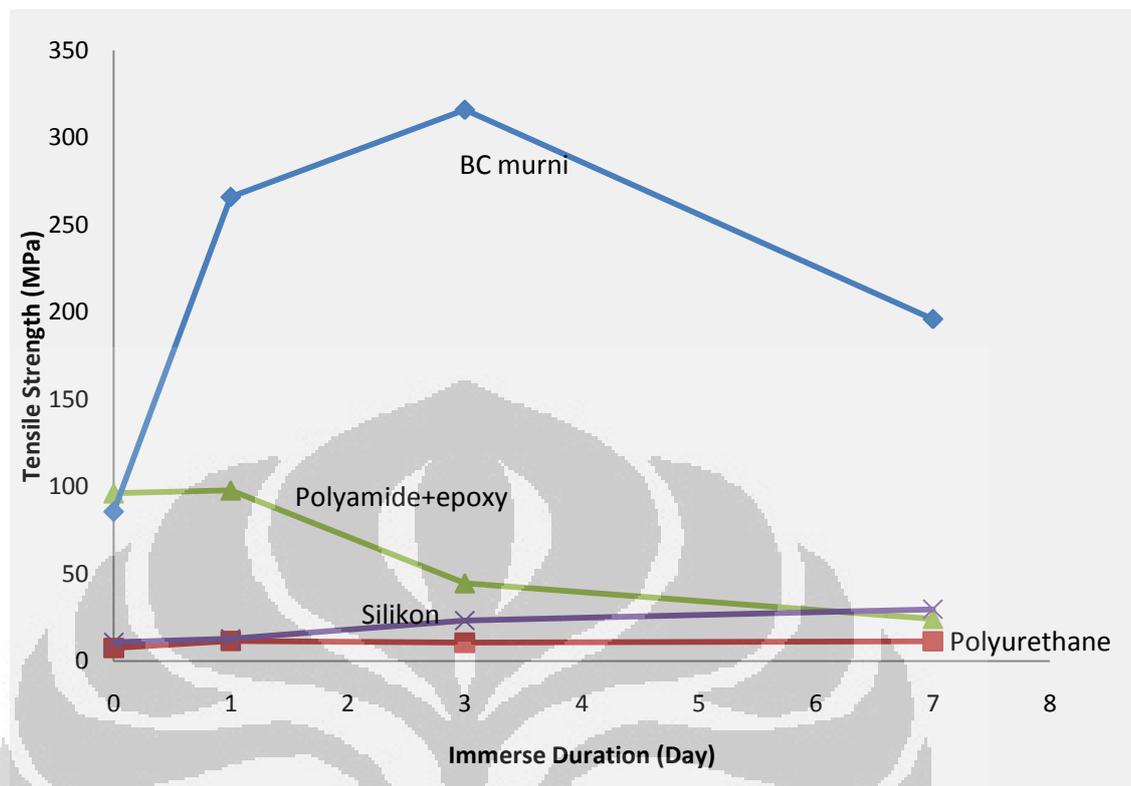
No	Sampel	Jenis Resin	Lama Perendaman Nanosilika (hari)	Kandungan Nanosilika dalam Serat BC	Kandungan Serat dalam Komposit dengan Resin	Ketebalan Akhir (cm)	Berat Akhir (gram)	Kuat Tarik (Mpa)	Kuat Tarik Spesifik (N.m/g)
1	1	BC	-	0.80%	100.00%	0.12	0.33	85.6	788.99
2	2	BC1	1	2.30%	100.00%	0.14	0.37	266	2456.31
3	3	BC3	3	3.06%	100.00%	0.11	0.31	316	2888.17
4	4	BC7	7	5.58%	100.00%	0.15	0.46	196	1615.58
5	a	Pu	-	-	0.00%	0.17	0.93	0	0.00
6	1a	BC+Pu	-	0.80%	24.62%	0.19	1.3	7.51	26.96
7	2a	BC+Pu1	1	2.30%	24.24%	0.20	1.32	11.5	42.83
8	3a	BC+Pu3	3	3.06%	23.64%	0.22	1.65	10.5	34.73
9	4a	BC+Pu7	7	5.58%	26.25%	0.22	1.6	11.3	37.96
10	b	Pa+Ep	-	-	0.00%	0.07	1.65	21.7	21.92
11	1b	BC+Pa+Ep	-	0.80%	18.50%	0.21	1.73	96.2	291.94
12	2b	BC+Pa+Ep1	1	2.30%	19.30%	0.17	1.71	97.9	236.16
13	3b	BC+Pa+Ep3	3	3.06%	17.05%	0.19	2.64	44.7	81.84
14	4b	BC+Pa+Ep7	7	5.58%	17.80%	0.16	2.36	24.2	41.87
15	c	Sil	-	-	0.00%	0.22	2.6	36.3	76.79
16	1c	Bc+Sil	-	0.80%	19.19%	0.22	1.72	10.7	34.22
17	2c	Bc+Sil1	1	2.30%	20.65%	0.22	1.84	12.7	37.96
18	3c	Bc+Sil3	3	3.06%	20.77%	0.21	2.07	23.2	59.31
19	4c	Bc+Sil7	7	5.58%	24.79%	0.19	1.21	29.7	118.64

Dari Tabel 4.4 dapat terlihat bahwa kekuatan tarik pada serat *nata de coco* murni sangat dipengaruhi oleh lama perendaman nanosilika. Lama perendaman serat *nata de coco* ke dalam suspensi nanosilika sebenarnya berpengaruh terhadap jumlah nanosilika yang berhasil masuk ke dalam struktur serat *nata de coco*. Jumlah nanosilika yang berhasil masuk ke dalam struktur serat *nata de coco* itulah yang mempengaruhi kekuatan tarik dari serat *nata de coco*. Dari Tabel 4.4 didapat pada lama perendaman 3 hari, jumlah nanosilika yang berhasil masuk ke dalam serat sebanyak 3.06% massa serat *nata de coco* menghasilkan kekuatan tarik yang paling tinggi yaitu mencapai 316 MPa. Sehingga dapat dikatakan bahwa lama perendaman serat *nata de coco* dalam nanosilika yang optimum adalah 3 hari, dan jumlah nanosilika yang berhasil masuk ke dalam struktur serat *nata de coco* yang paling optimum adalah 3.06 %.

Sementara pada komposit serat *nata de coco* dengan resin, selain dipengaruhi oleh lama perendaman serat *nata de coco* pada suspensi nanosilika, kekuatan tarik juga sangat dipengaruhi oleh persentase berat serat terhadap keseluruhan komposit. Hal ini terlihat dari kecenderungan kekuatan tarik komposit serat *nata de coco* dengan resin tidak mengikuti kurva

kekuatan tarik serat *nata de coco* murni terhadap lama perendaman serat *nata de coco* dalam suspensi nanosilika. Setelah data yang ada diteliti lagi, ternyata didapat bahwa kekuatan tarik komposit serat *nata de coco*/ resin juga dipengaruhi oleh persentase berat serat terhadap keseluruhan komposit. Hal tersebut dapat dilihat dari data sampel komposit serat *nata de coco* dengan polyurethane jika mengikuti kurva serat *nata de coco* murni seharusnya kekuatan tarik yang paling tinggi dicapai oleh sampel dengan lama perendaman 3 hari. Namun didapat bahwa kekuatan tarik tertinggi dicapai oleh sampel dengan lama perendaman 7 hari. Ternyata setelah dilihat jumlah persentase berat serat terhadap keseluruhan komposit pada sampel lama perendaman 7 hari memiliki nilai yang lebih tinggi yaitu 26.25 %. Begitu pula halnya dengan sampel komposit serat *nata de coco* dengan polyamide+epoxy, kekuatan tarik tertinggi dicapai oleh sampel dengan perendaman 1 hari karena memiliki nilai persentase serat terhadap keseluruhan komposit paling tinggi yaitu 19.30 %. Hal tersebut juga terjadi pada sampel komposit serat *nata de coco* dengan resin silikon, kekuatan tarik tertinggi dicapai oleh sampel dengan lama perendaman 7 hari karena memiliki nilai persentase serat terhadap keseluruhan komposit paling tinggi yaitu 24.79 %.

Untuk menggambarkan penjelasan tabel 4.4, berikut pada Gambar 4.20 akan digambarkan profil kekuatan tarik komposit untuk masing – masing variasi resin:



Gambar 4. 21 Pengaruh Lama perendaman terhadap kuat tarik komposit serat *nata de coco* dengan resin

Kekuatan tarik untuk komposit paling tinggi dicapai oleh komposit dengan variasi resin polyamide+epoxy pada lama perendaman 1 hari yaitu mencapai 97.9 MPa. Sementara untuk kekuatan tarik serat *nata de coco* dicapai oleh serat *nata de coco* dengan perendaman 3 hari. Profil kekuatan tarik komposit dengan etiga variasi resin berbeda dengan profil kekuatan tarik *nata de coco* murni. Hal tersebut terjadi karena kekuatan tarik komposit selain dipengaruhi oleh kandungan nanosilika dalam serat, juga kandungan serat dalam komposit.

4.4.4 Perbandingan Kuat Tarik Komposit yang Dihasilkan dengan Berbagai Material

Pada Tabel 4.5.a dan Tabel 4.5.b dapat dilihat perbandingan kekuatan tarik material komposit yang dihasilkan pada penelitian ini dibandingkan dengan berbagai jenis material kuat yang sudah ada di pasaran:

Tabel 4. 5.a Perbandingan kuat tarik material komposit yang dihasilkan

No	Sampel	Kuat Tarik (N/cm ² .10 ⁻²)	Densitas (g/cm ³)	Kuat Tarik Spesifik (N.m/g)
1	BC	85.6	0.108	788.99
2	BC1	266	0.108	2456.31
3	BC3	316	0.109	2888.17
4	BC7	196	0.121	1615.58
5	Pu	0	0.217	0.00
6	BC+Pu	7.51	0.279	26.96
7	BC+Pu1	11.5	0.268	42.83
8	BC+Pu3	10.5	0.302	34.73
9	BC+Pu7	11.3	0.298	37.96
10	Pa+Ep	21.7	0.990	21.92
11	BC+Pa+Ep	96.2	0.330	291.94
12	BC+Pa+Ep1	97.9	0.415	236.16
13	BC+Pa+Ep3	44.7	0.546	81.84
14	BC+Pa+Ep7	24.2	0.578	41.87
15	Sil	36.3	0.473	76.79
16	Bc+Sil	10.7	0.313	34.22
17	Bc+Sil1	12.7	0.335	37.96
18	Bc+Sil3	23.2	0.391	59.31
19	Bc+Sil7	29.7	0.250	118.64

Tabel 4. 5.b Perbandingan kuat tarik material kuat yang ada di pasaran (Piao, 2006)

No	Material	Tensile strength (Gpa)	Densitas (g/ cm ³)	Spesific Stregth (Gpa/ g.cm ⁻³)
1	Jute	0.39-0.77	1.3	0.3-0.59
2	Ramie	0.4-0.94	1.5	0.27-0.63
3	HM Carbon	2.4	1.95	1.23
4	HS Carbon	3.4	1.75	1.94
5	E-Glass	2	2.56	0.78
6	Kevlar 49	3	1.45	2.07

Dari Tabel 4.5 di atas didapati bahwa kekuatan tarik dari material komposit yang dihasilkan dari penelitian ini nilainya masih lebih rendah dibandingkan dengan beberapa material kuat yang sudah ada di pasaran. Contohnya adalah bila kita membandingkan sampel serat *nata de coco* murni yang memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu 316 MPa dibandingkan dengan kekuatan tarik Kevlar yang dapat mencapai 3000 MPa (10 kali lipat). Namun terdapat keunggulan yang dimiliki oleh material komposit yang dihasilkan dari serat *nata de coco* yaitu material yang dihasilkan memiliki berat yang ringan. Hal ini terlihat perbandingan densitas dari material komposit yang dihasilkan dibanding material kuat lainnya, densitas dari material komposit yang dihasilkan memiliki densitas yang jauh di bawah material kuat lainnya. Jika kita membandingkan kekuatan tarik dengan memperhitungkan densitas didapatkan kekuatan tarik spesifik. Kekuatan tarik spesifik material komposit yang dihasilkan ternyata nilainya dapat bersaing dengan material kuat lainnya.

Untuk pengembangan penelitian ke depannya, dari hasil yang didapat bahwa material komposit serat *nata de coco* yang dihasilkan memiliki kekuatan tarik spesifik yang tinggi dengan keunggulan memiliki berat yang ringan, maka untuk meningkatkan kekuatan tarik dari material komposit berbasis serat *nata de coco* ini dapat dilakukan pembuatan komposit serat *nata de coco* lebih dari satu lapisan yang akan meningkatkan kekuatannya. Hal tersebut tidak menutup kemungkinan bahwa nantinya material komposit yang dihasilkan memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dari Kevlar, *carbon fiber*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini berdasarkan penjelasan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Perendaman dalam suspensi nanosilika terbukti dapat meningkatkan kekuatan mekanik serat *nata de coco*. Nanosilika terdispersi ke dalam struktur serat *nata de coco* dan menghasilkan interaksi yang meningkatkan kekuatan mekanik serat *nata de coco*. Kekuatan tarik serat *nata de coco* murni tanpa perendaman dalam suspensi nanosilika dapat mencapai 85.6 MPa.
2. Waktu optimum perendaman serat *nata de coco* dalam suspensi nanosilika untuk menghasilkan kekuatan mekanik yang paling tinggi adalah 3 hari. Kekuatan tarik yang dicapai dari hasil perendaman serat *nata de coco* dalam suspensi selama 3 hari adalah 316 MPa.
3. Semakin lama waktu perendaman serat *nata de coco* dalam suspensi nanosilika dilakukan, semakin meningkat pula kandungan nanosilika di dalam serat *nata de coco* karena nanosilika yang berhasil masuk ke dalam struktur serat *nata de coco* semakin bertambah.
4. Untuk komposit serat *nata de coco* murni dengan resin polyamide+epoxy menghasilkan kekuatan tarik lebih tinggi dibanding serat *nata de coco* murni yaitu 96.2 MPa. Terjadi peningkatan kekuatan tarik sebesar 12.38 % dari kekuatan tarik serat *nata de coco* murni akibat terjadi interaksi yang baik antara serat *nata de coco* dengan resin polyamide+epoxy. Resin polyamide+epoxy inilah yang paling cocok dijadikan matriks pada pengembangan material komposit berbasis serat *nata de coco*.
5. Untuk komposit serat *nata de coco* murni dengan resin polyurethane menghasilkan kekuatan tarik lebih rendah dibanding serat *nata de coco* murni yaitu 7.15 MPa. Terjadi penurunan kekuatan tarik sebesar 92.19% dari kekuatan tarik serat *nata de coco* murni akibat tidak terjadi interaksi yang baik antara serat *nata de coco* dengan resin polyurethane.

6. Untuk komposit serat *nata de coco* murni dengan resin silikon menghasilkan kekuatan tarik lebih rendah dibanding serat *nata de coco* murni yaitu 10.7 MPa. Terjadi penurunan kekuatan tarik sebesar 88.88 % dari kekuatan tarik serat *nata de coco* murni akibat tidak terjadi interaksi yang baik antara serat *nata de coco* dengan resin silikon.
7. Pada penelitian ini sesungguhnya belum berhasil ditemukan resin yang benar-benar memiliki interaksi yang sempurna dengan serat *nata de coco*. Hal ini dapat terlihat pada peningkatan kuat tarik yang hanya terjadi pada serat *nata de coco* murni ketika dijadikan komposit dengan resin. Sementara ketika serat *nata de coco* direndam dalam suspensi nanosilika yang meningkatkan kekuatannya, ketika dibuat jadi komposit dengan 3 jenis resin yang digunakan, kekuatan tariknya kembali menurun.
8. Selain dipengaruhi oleh lama perendaman serat *nata de coco* dalam suspensi nanosilika, kekuatan komposit serat *nata de coco* dengan resin juga dipengaruhi oleh persentase berat serat *nata de coco* terhadap keseluruhan berat komposit.
9. Pada penelitian ini dihasilkan material komposit yang memiliki kekuatan tarik spesifik yang cukup tinggi dibandingkan dengan material kuat lain seperti Kevlar dan serat karbon. Keunggulan yang dimiliki oleh material komposit yang dihasilkan dibanding material kuat lainnya adalah densitas yang lebih rendah atau lebih ringan serta dimensi yang tipis.

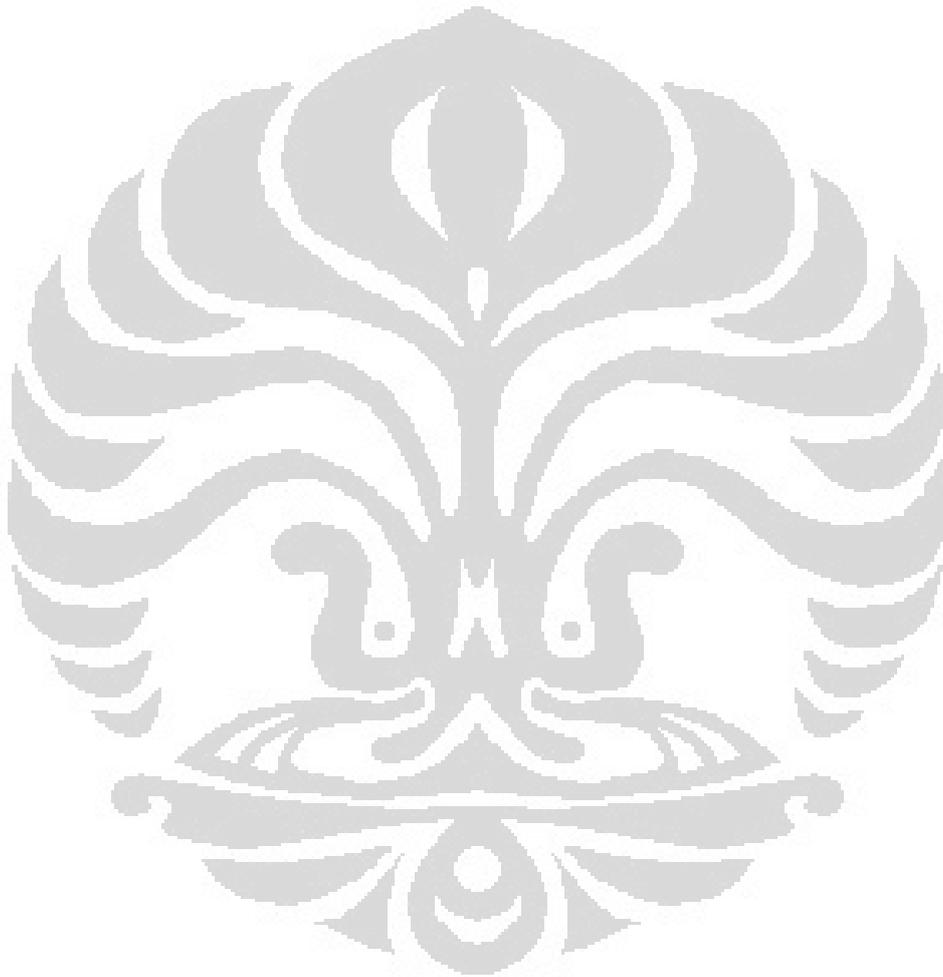
5.2 Saran

Saran yang dapat diambil dari penelitian ini untuk pengembangan penelitian komposit berbasis serat *nata de coco* selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan proses sonikasi pada saat perendaman serat *nata de coco* dalam suspensi nanosilika untuk menghasilkan distribusi nanosilika yang terdispersi ke dalam serat *nata de coco* lebih rata dan tidak ada yang menggumpal.
2. Melakukan teknik pembuatan komposit yang berbeda untuk menghasilkan komposit yang lebih baik dan rata dibanding menggunakan metode

handlay up, sehingga persentase berat serat yang digunakan bisa sama dan merata untuk setiap pembuatan komposit berbasis serat *nata de coco* tersebut.

3. Melakukan peningkatan kekuatan mekanik komposit berbasis serat *nata de coco* dengan arah pengembangan menggabungkan beberapa lapisan serat *nata de coco* untuk dijadikan komposit dengan jenis resin yang telah digunakan maupun yang belum digunakan.



DAFTAR PUSTAKA

A, N, Nakagaito et al., *Bacterial Cellulose: The Ultimate Nano-Scalar Cellulose Morphology for The Production of dhigh-Strength Composites*. Appl. Phys. A 80, 93-97. 2005.

Dubey, V., L.K. Pandey, and C. Saxena, *Pervaporative separation of ethanol/water azeotrope using a novel chitosan-impregnated bacterial cellulose membrane and chitosan-poly(vinyl alcohol) blends*. Journal of Membrane Science, 2005. 251(1-2): p. 131-136.

Gajanan Bhat. *Nanoclay Reinforced Fibers and Nonwoven*. The University of Tennessee, Knoxville, Tennessee USA

Gaylord, M.W. 1974. *Reinforced Plastics, Theory and Practice, 2nd edition*. Massachusets: Cahner Boks,.

Iguchi, M., S. Yamanaka, and A. Budhiono, *Review Bacterial cellulose-a masterpiece of nature's arts*, Journal of Materials Science, 2000. 35: Hal. 261- 270.

Iwamoto, K et al., *Structural Features and Properties of Bacterial Cellulose Produced in Agitated Culture, Cellulose*. 1998, 1998: p.187-200.

K, Dieter et al., *Bacterial synthesized cellulose -- artificial blood vessels for microsurgery*. Progress in Polymer Science, 2001. 26(9): p. 1561-1603.

Krystynowicz, *Biosynthesis of Bacterial Cellulose and its Potential Application In The Different Industries*, 2001.

Mikrajuddin et al, Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan dan Transparan Menggunakan Metode *Simple Mixing*, Jurnal Nanosain & Nanoteknologi. Vol.1 No.1, Februari 2008.

Nakayama, A., et al., *High mechanical strength double-network hydrogel with bacterial cellulose*. *Advanced Functional Materials*, 2004. 14(11): p. 1124

P.J. Yoon. *Effects of Nanoclay Structure on the Mechanical Properties of EPDM*. Rubber Division, American Chemical Society .

Pandey, L.K., C. Saxena, and V. Dubey, *Studies on pervaporative characteristics of bacterial cellulose membrane*. *Separation and Purification Technology*, 2005. 42(3): p. 213-218.

Piao, *Microbial-derived Cellulose-reinforced Biocomposites*, 2006, Department of Mechanical Engineering, Engineering School, University of Canterbury Christchurch, New Zealand.

S, Sundaram et al., *Experimental analysis on tensile properties of FRP with nano clay*, 2008, Springer-Verlag London Limited.

Saputra, AH., Diktat Kuliah Komposit. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2001.

Y, Shoichiro et al., *Preparation and Mechanical Properties of Bacterial Cellulose Nanocomposites Loaded with Silica Nanoparticles*, *Cellulose* 15: 111-120. 2007.

Yamanaka, S., et al., *The Structure and Mechanical Properties of Sheets Prepared from Bacterial Cellulose*. *Journal of Materials Science*, 1989. 24: p. 3141-3145.

LAMPIRAN A

TABEL PENGAMATAN DATA

Tabel A Pengamatan data

No	Sampel	Gambar	Keterangan
1	BC		<ul style="list-style-type: none"> • Warna:putih gading • Permukaan: rata • Lapisan resin: tidak ada
2	BC1		<ul style="list-style-type: none"> • Warna:putih gading • Permukaan: rata • Lapisan resin: tidak ada

-
- | | | | |
|---|-----|--|--|
| 3 | BC3 |  | <ul style="list-style-type: none">• Warna: putih gading• Permukaan: rata• Lapisan resin: tidak ada |
|---|-----|--|--|

-
- | | | | |
|---|-----|--|--|
| 4 | BC7 |  | <ul style="list-style-type: none">• Warna: putih gading• Permukaan: rata• Lapisan resin: tidak ada |
|---|-----|--|--|

-
- | | | | |
|---|----|--|--|
| 5 | Pu |  | <ul style="list-style-type: none">• Warna: kuning terang• Permukaan: tidak rata• Lapisan resin: seluruhnya resin |
|---|----|--|--|
-

6 BC+Pu



- Warna:kuning
- Permukaan:
tidak rata
- Lapisan resin:
seluruh
permukaan serat
BC terlapisi
resin

7 BC+Pu1



- Warna: kuning
- Permukaan:
tidak rata
- Lapisan resin:
seluruh
permukaan serat
BC terlapisi
resin

8 BC+Pu3



- Warna: kuning
 - Permukaan:
tidak rata
 - Lapisan resin:
seluruh
permukaan serat
BC terlapisi
resin
-

9	BC+Pu7		<ul style="list-style-type: none">• Warna: kuning• Permukaan: tidak rata• Lapisan resin: seluruh permukaan serat BC terlapisi resin
10	Pa+Ep		<ul style="list-style-type: none">• Warna: bening kekuningan• Permukaan: rata• Lapisan resin: seluruhnya resin
11	BC+Pa+Ep		<ul style="list-style-type: none">• Warna: putih kekuningan• Permukaan: rata• Lapisan resin: seluruh permukaan serat BC terlapisi resin

12	BC+Pa+Ep1		<ul style="list-style-type: none">• Warna:putih kekuningan• Permukaan: rata• Lapisan resin: seluruh permukaan serat BC terlapisi resin
13	BC+Pa+Ep3		<ul style="list-style-type: none">• Warna:putih kekuningan• Permukaan: rata• Lapisan resin: seluruh permukaan serat BC terlapisi resin
14	BC+Pa+Ep7		<ul style="list-style-type: none">• Warna:putih kekuningan• Permukaan: rata• Lapisan resin: seluruh permukaan serat BC terlapisi resin

-
- | | | | |
|----|-----|--|---|
| 15 | Sil |  | <ul style="list-style-type: none">• Warna: bening• Permukaan: rata dan keras• Lapisan resin: seluruhnya resin |
|----|-----|--|---|

-
- | | | | |
|----|--------|--|---|
| 16 | Bc+Sil |  | <ul style="list-style-type: none">• Warna: putih gading• Permukaan: rata• Lapisan resin: seluruh permukaan serat BC terlapisi resin |
|----|--------|--|---|

-
- | | | | |
|----|---------|--|---|
| 17 | Bc+Sil1 |  | <ul style="list-style-type: none">• Warna: putih gading• Permukaan: rata• Lapisan resin: seluruh permukaan serat BC terlapisi resin |
|----|---------|--|---|
-

18 Bc+Sil3



- Warna:putih gading
- Permukaan: rata
- Lapisan resin: seluruh permukaan serat BC terlapisi resin

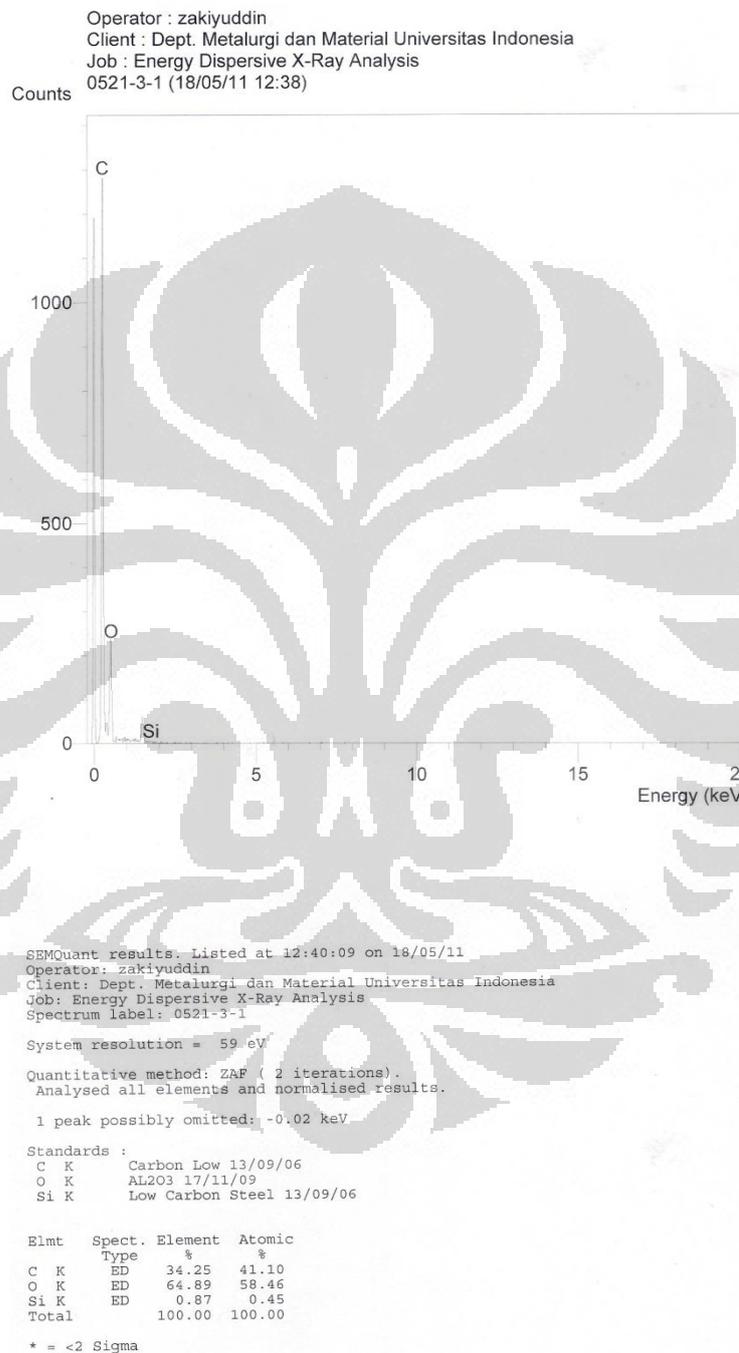
19 Bc+Sil7



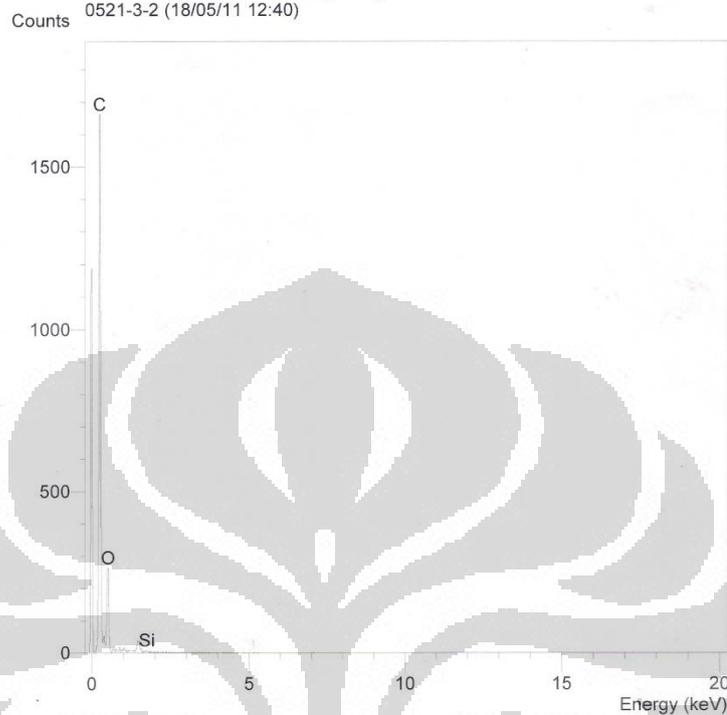
- Warna:putih gading
 - Permukaan: rata
 - Lapisan resin: seluruh permukaan serat BC terlapisi resin
-

LAMPIRAN B

HASIL UJI EDX



Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 0521-3-2 (18/05/11 12:40)



SEMQuant results. Listed at 12:41:16 on 18/05/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: 0521-3-2

System resolution = 59 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

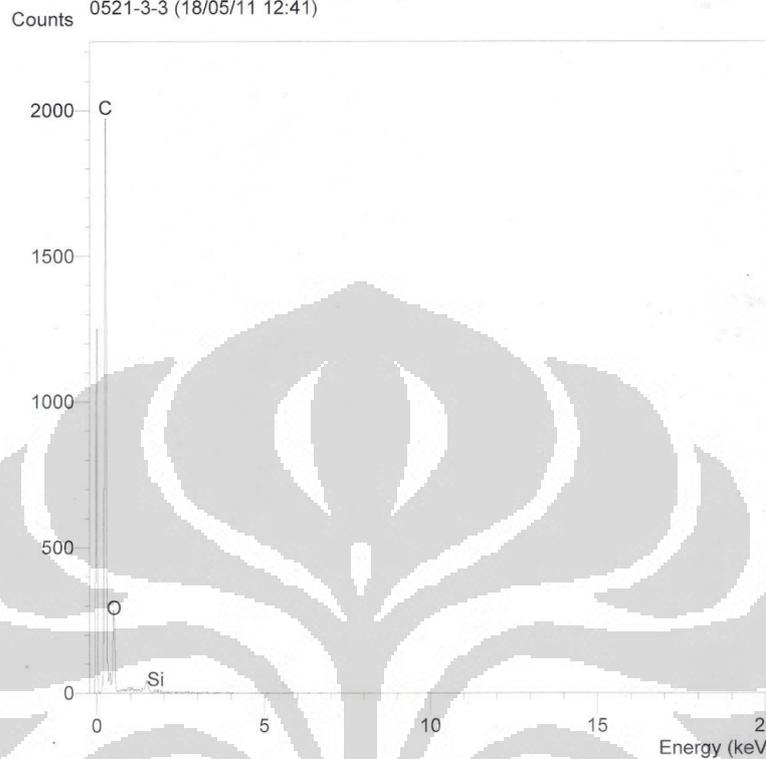
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	34.93	41.81
O K	ED	64.35	57.82
Si K	ED	0.72	0.137
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 0521-3-3 (18/05/11 12:41)



SEMQuant results. Listed at 12:42:23 on 18/05/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum Label: 0521-3-3

System resolution = 59 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

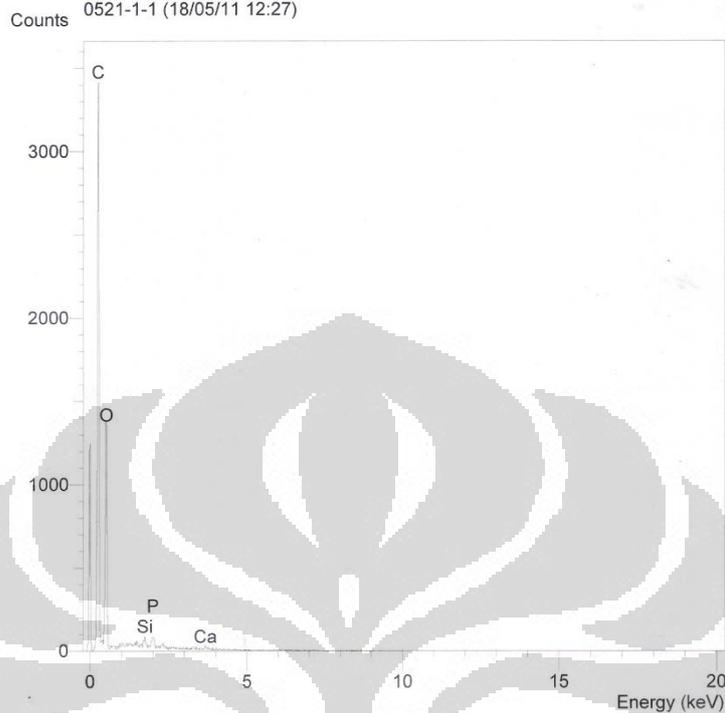
1 peak possibly omitted: -0.02 keV

Standards :
 C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	37.96	45.04
O K	ED	61.22	54.54
Si K	ED	0.82	0.42
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 0521-1-1 (18/05/11 12:27)



SEM Quant results. Listed at 12:29:28 on 18/05/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: 0521-1-1

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

1 peak possibly omitted: -0.02 keV

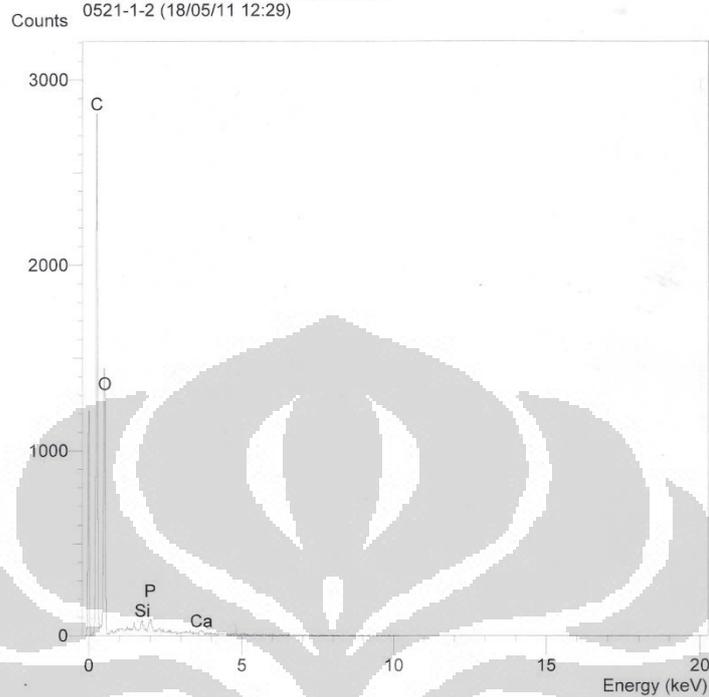
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 P K GaP 22/03/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	21.80	28.16
O K	ED	69.94	67.84
Si K	ED	0.99	0.55
P K	ED	5.51	2.76
Ca K	ED	1.77	0.68
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 0521-1-2 (18/05/11 12:29)



SEMQuant results. Listed at 12:30:32 on 18/05/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: 0521-1-2

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

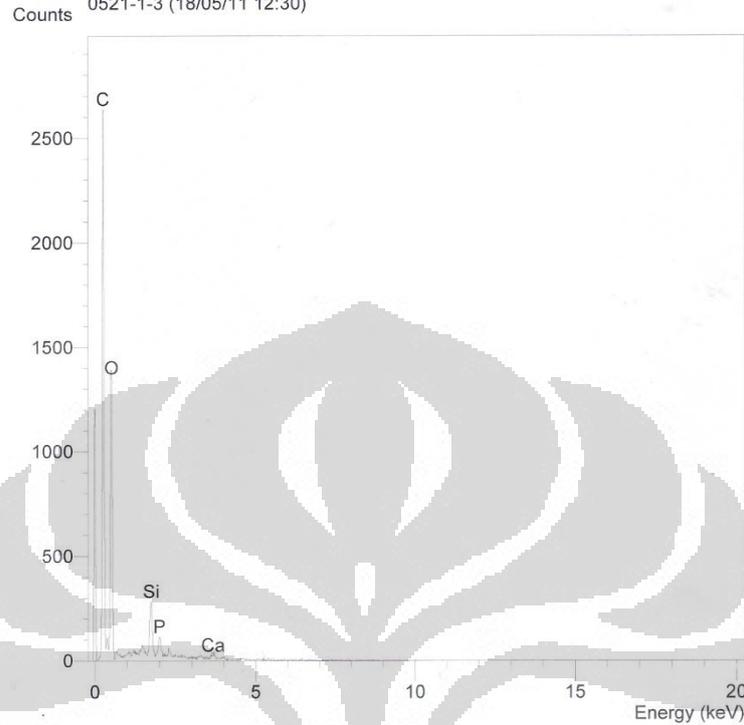
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 P K GaP 22/03/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	18.95	24.89
O K	ED	71.51	70.51
Si K	ED	1.12	0.63
P K	ED	5.71	2.91
Ca K	ED	2.72	1.07
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 0521-1-3 (18/05/11 12:30)



SEMQuant results. Listed at 12:31:37 on 18/05/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: 0521-1-3

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

2 peaks possibly omitted: -0.02, 3.28 keV

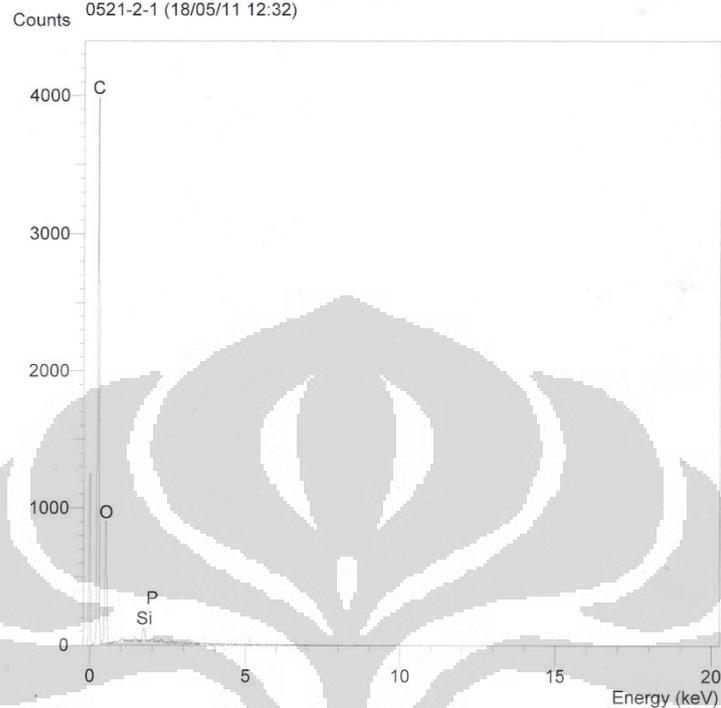
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL203 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 P K GaP 22/03/06
 Ca K Orthoclase 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C	K	ED	19.03 25.58
O	K	ED	66.27 66.87
Si	K	ED	4.78 2.74
P	K	ED	6.85 3.57
Ca	K	ED	3.07 1.24
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 0521-2-1 (18/05/11 12:32)



SEMQuant results. Listed at 12:33:36 on 18/05/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: 0521-2-1

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

3 peaks possibly omitted: -0.02, 2.64, 3.30 keV

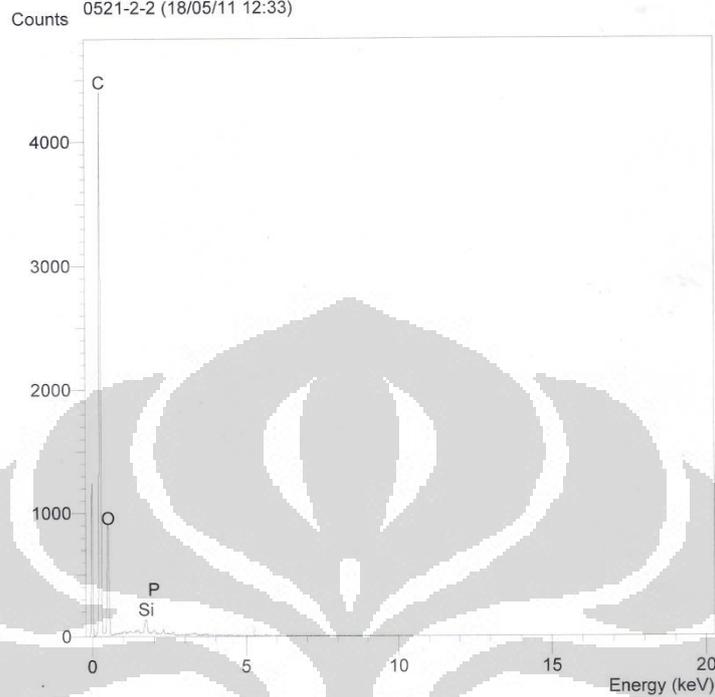
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 P K GaP 22/03/06

Elmt	Spect.	Element Type	Element %	Atomic %
C K	ED		29.20	36.25
O K	ED		65.54	61.08
Si K	ED		2.84	1.51
P K	ED		2.41	1.16
Total			100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 0521-2-2 (18/05/11 12:33)



SEMQuant results. Listed at 12:36:46 on 18/05/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: 0521-2-2

System resolution = 60 eV

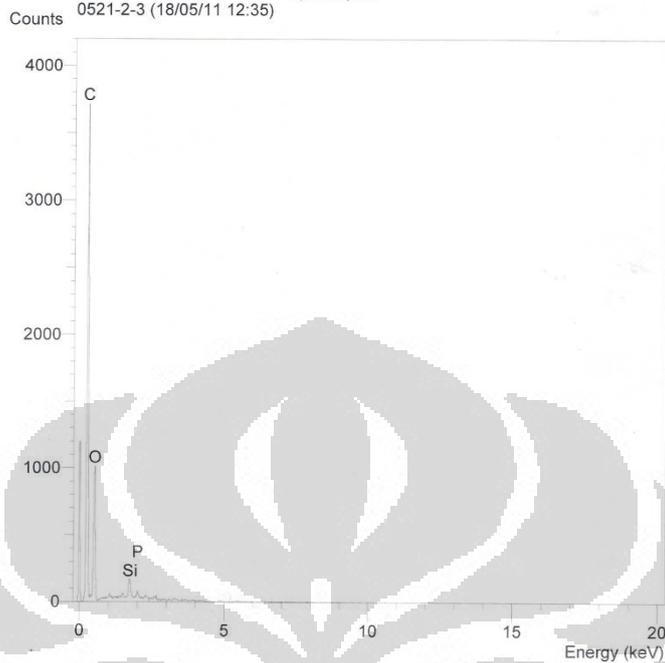
Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

Standards :
 C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 P K GaP 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	31.03	38.41
O K	ED	63.09	58.63
Si K	ED	2.87	1.52
P K	ED	3.01	1.45
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 0521-2-3 (18/05/11 12:35)



SEMQuant results. Listed at 12:36:34 on 18/05/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: 0521-2-3

System resolution = 60 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

3 peaks possibly omitted: 1.04, 2.62, 3.30 keV

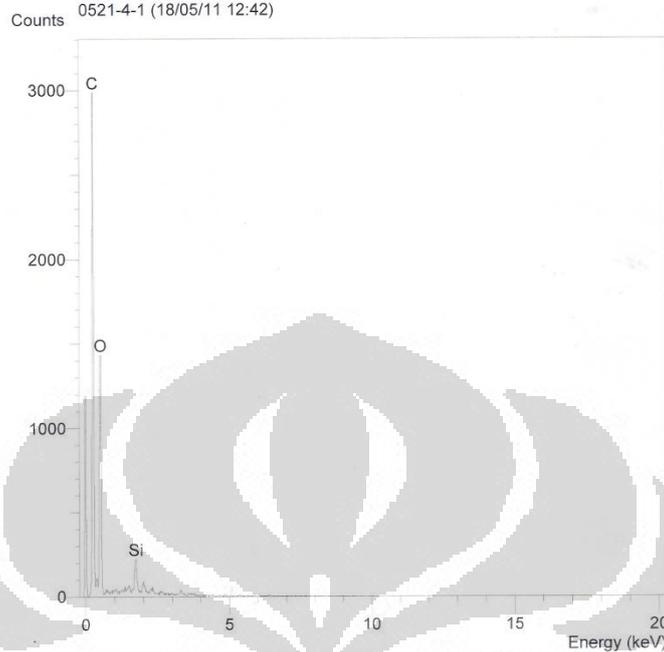
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/05
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06
 P K GAP 22/03/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C	K	ED	27.76 34.97
O	K	ED	64.68 61.17
Si	K	ED	3.46 1.86
P	K	ED	4.10 2.00
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 0521-4-1 (18/05/11 12:42)



SEMQuant results. Listed at 12:43:56 on 18/05/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: 0521-4-1

System resolution = 59 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

4 peaks possibly omitted: -0.02, 2.30, 2.64,
 3.32 keV

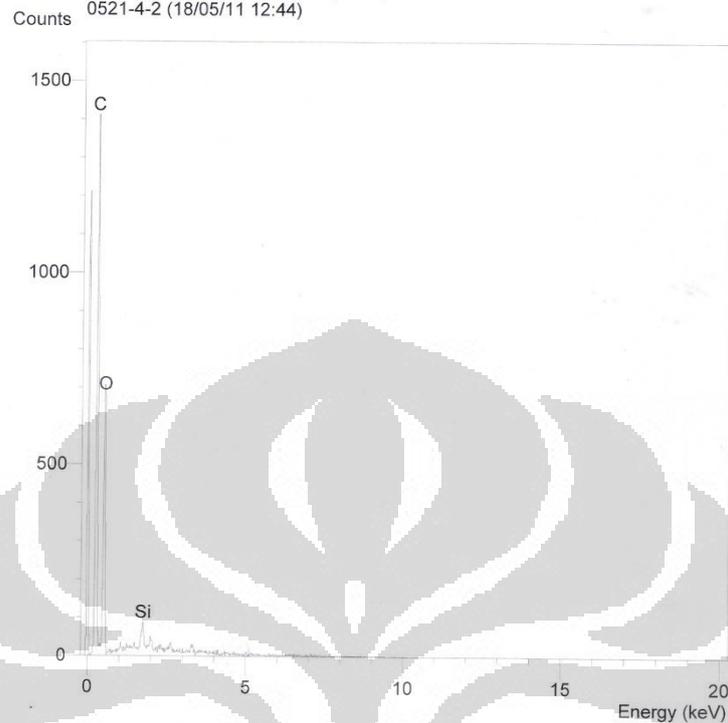
Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06

Elmt	Spect.	Element	Atomic
	Type	%	%
C K	ED	20.07	25.58
O K	ED	74.88	71.66
Si K	ED	5.05	2.75
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 0521-4-2 (18/05/11 12:44)



SEMQuant results. Listed at 12:44:57 on 18/05/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: 0521-4-2

System resolution = 59 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

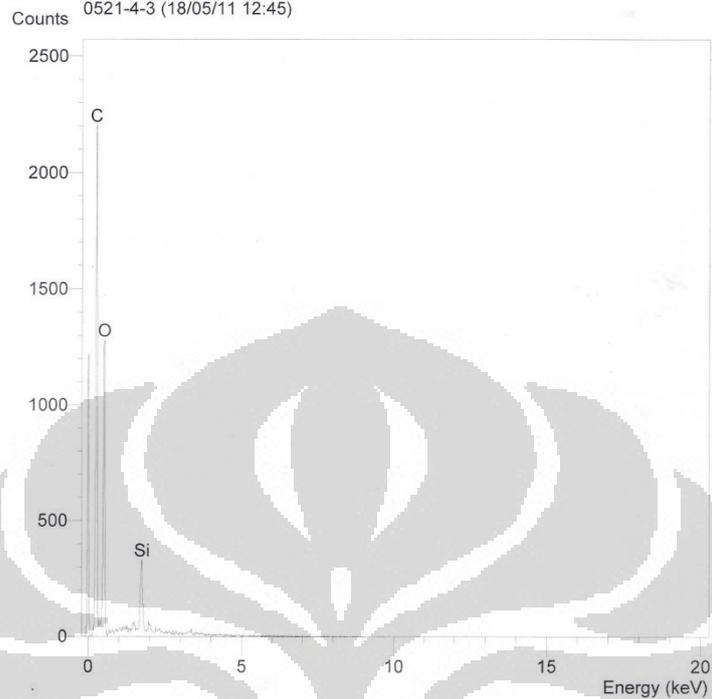
3 peaks possibly omitted: -0.02, 2.60, 3.30 keV

Standards :
 C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C K	ED	20.40	25.83
O K	ED	76.01	72.23
Si K	ED	3.59	1.94
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

Operator : zakiyuddin
 Client : Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job : Energy Dispersive X-Ray Analysis
 0521-4-3 (18/05/11 12:45)



SEMQuant results. Listed at 12:45:56 on 18/05/11
 Operator: zakiyuddin
 Client: Dept. Metalurgi dan Material Universitas Indonesia
 Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis
 Spectrum label: 0521-4-3

System resolution = 59 eV

Quantitative method: ZAF (4 iterations).
 Analysed all elements and normalised results.

2 peaks possibly omitted: -0.02, 3.32 keV

Standards :

C K Carbon Low 13/09/06
 O K AL2O3 17/11/09
 Si K Low Carbon Steel 13/09/06

Elmt	Spect Type	Element %	Atomic %
C K	ED	19.42	25.12
O K	ED	72.47	70.39
Si K	ED	8.11	4.49
Total		100.00	100.00

* = <2 Sigma

LAMPIRAN C

HASIL UJI KUAT TARIK

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
BADAN PENGAJIAN KEBUJUKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 J. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kosak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Pusat), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bskk@cbn.net.id, http://www.bskk-ibbang.go.id

KR.1105.947 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada : ANDREA BASKORO PRABOWO
 Di : KAMPUS BARU UI
 D.E.P.O.K

No. Analisa : 0229 KB/11
 Report No. :
 Yang beranda terapan dibawahi ini menerangkan bahwa pengujian/analisa di laboratorium :
 The underpinned certifies that laboratory testing / analysis :
 Das kondisi / condition/condition : Nata de Coco Murni Kode 1 (2) Tgl. 29 Maret 2011
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara terapan : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Result :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	85,6

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001
 Halaman 1 dari 1

CC.I. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk dipertanyakan. Terkecuali secara lengkap dan menyeluruh persediaan tertera dari LUK BSKK.

Perhatikan : Hasil Uji ini tidak untuk digunakan dan hanya berlaku untuk contoh (sample/condition) terapan
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
BADAN PENGAJIAN KEBUJUKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 J. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kosak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Pusat), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bskk@cbn.net.id, http://www.bskk-ibbang.go.id

KR.1105.069 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada : ANDREA BASKORO PRABOWO
 Di : KAMPUS BARU UI
 D.E.P.O.K

No. Analisa : 0242/ KB/11
 Report No. :
 Yang beranda terapan dibawahi ini menerangkan bahwa pengujian/analisa di laboratorium :
 The underpinned certifies that laboratory testing / analysis :
 Das kondisi / condition/condition : Nata de Coco Murni Tgl.29 Maret 2011 kode 2 (2)
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara terapan : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Result :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	266

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001
 Halaman 1 dari 1

CC.I. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk dipertanyakan. Terkecuali secara lengkap dan menyeluruh persediaan tertera dari LUK BSKK.

Perhatikan : Hasil Uji ini tidak untuk digunakan dan hanya berlaku untuk contoh (sample/condition) terapan
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications

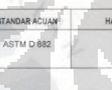
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
BADAN PENGAJIAN KEBUJUKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 J. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kosak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Pusat), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bskk@cbn.net.id, http://www.bskk-ibbang.go.id

KR.1105.661 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada : ANDREA BASKORO PRABOWO
 Di : KAMPUS BARU UI
 D.E.P.O.K

No. Analisa : 0243/ KB/11
 Report No. :
 Yang beranda terapan dibawahi ini menerangkan bahwa pengujian/analisa di laboratorium :
 The underpinned certifies that laboratory testing / analysis :
 Das kondisi / condition/condition : Nata de Coco Murni, Tgl.29 Maret 2011 kode 3 (2)
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara terapan : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Result :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	318

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001
 Halaman 1 dari 1

CC.I. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk dipertanyakan. Terkecuali secara lengkap dan menyeluruh persediaan tertera dari LUK BSKK.

Perhatikan : Hasil Uji ini tidak untuk digunakan dan hanya berlaku untuk contoh (sample/condition) terapan
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
BADAN PENGAJIAN KEBUJUKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 J. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kosak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Pusat), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bskk@cbn.net.id, http://www.bskk-ibbang.go.id

KR.1105.662 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada : ANDREA BASKORO PRABOWO
 Di : KAMPUS BARU UI
 D.E.P.O.K

No. Analisa : 0244/ KB/11
 Report No. :
 Yang beranda terapan dibawahi ini menerangkan bahwa pengujian/analisa di laboratorium :
 The underpinned certifies that laboratory testing / analysis :
 Das kondisi / condition/condition : Nata de Coco Murni, Tgl.29 Maret 2011 kode 4 (2)
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara terapan : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Result :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	196

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001
 Halaman 1 dari 1

CC.I. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk dipertanyakan. Terkecuali secara lengkap dan menyeluruh persediaan tertera dari LUK BSKK.

Perhatikan : Hasil Uji ini tidak untuk digunakan dan hanya berlaku untuk contoh (sample/condition) terapan
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
BADAN PENKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 Jl. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kotak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Hunting), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bbkk@cbn.net.id, http://www.bbkk-ibbang.go.id

KB.1105.050 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada: ANDREA BASKORO PRABOWO
 To: KAMPUS BARU UI
 D.E.P.O.K

No. Analisa : 0232 KB/11
 Report No. :
 Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa penugasan/analisa di laboratorium :
 The undersigned certifies that laboratory testing / analysis :
 Dari contoh / contoh-contoh : Komposit Nata de Coco Tgl.11 April 2011 Data 1a
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara tanggal : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Results :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	7,51

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab. Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001
 Halaman 1 dari 1

CC.1. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk diperbanyak, Tercekas secara lengkap dan mendapat persetujuan tertulis dari LUK BBAK

Perhatikan : Hasil Uji ini tidak untuk dipublikasikan dan hanya berlaku untuk contoh (contoh-contoh) tersebut.
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
BADAN PENKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 Jl. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kotak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Hunting), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bbkk@cbn.net.id, http://www.bbkk-ibbang.go.id

KB.1105.046 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada: ANDREA BASKORO PRABOWO
 To: KAMPUS BARU UI
 D.E.P.O.K

No. Analisa : 0228 KB/11
 Report No. :
 Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa penugasan/analisa di laboratorium :
 The undersigned certifies that laboratory testing / analysis :
 Dari contoh / contoh-contoh : Komposit Nata de Coco Tgl. 5 April 2011 Data = 2 a
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara tanggal : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Results :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	11,5

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab. Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001
 Halaman 1 dari 1

CC.1. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk diperbanyak, Tercekas secara lengkap dan mendapat persetujuan tertulis dari LUK BBAK

Perhatikan : Hasil Uji ini tidak untuk dipublikasikan dan hanya berlaku untuk contoh (contoh-contoh) tersebut.
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
BADAN PENKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 Jl. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kotak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Hunting), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bbkk@cbn.net.id, http://www.bbkk-ibbang.go.id

KB.1105.045 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada: ANDREA BASKORO PRABOWO
 To: KAMPUS BARU UI
 D.E.P.O.K

No. Analisa : 0227 KB/11
 Report No. :
 Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa penugasan/analisa di laboratorium :
 The undersigned certifies that laboratory testing / analysis :
 Dari contoh / contoh-contoh : Komposit Nata de Coco Tgl. 5 April 2011 Data = 3 a
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara tanggal : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Results :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	10,5

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab. Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001
 Halaman 1 dari 1

CC.1. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk diperbanyak, Tercekas secara lengkap dan mendapat persetujuan tertulis dari LUK BBAK

Perhatikan : Hasil Uji ini tidak untuk dipublikasikan dan hanya berlaku untuk contoh (contoh-contoh) tersebut.
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
BADAN PENKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 Jl. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kotak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Hunting), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bbkk@cbn.net.id, http://www.bbkk-ibbang.go.id

KB.1105.057 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada: ANDREA BASKORO PRABOWO
 To: KAMPUS BARU UI
 D.E.P.O.K

No. Analisa : 0239/ KB/11
 Report No. :
 Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa penugasan/analisa di laboratorium :
 The undersigned certifies that laboratory testing / analysis :
 Dari contoh / contoh-contoh : Komposit Nata de Coco Tgl.05 April 2011 Data 4a
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara tanggal : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Results :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	11,3

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab. Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001
 Halaman 1 dari 1

CC.1. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk diperbanyak, Tercekas secara lengkap dan mendapat persetujuan tertulis dari LUK BBAK

Perhatikan : Hasil Uji ini tidak untuk dipublikasikan dan hanya berlaku untuk contoh (contoh-contoh) tersebut.
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications


KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
 BADAN PENGGAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 Jl. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kotak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Pusat), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bskk@cbn.net.id, http://www.bskk-ibbang.go.id

KR.1105.656
 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada : **ANDREA BASKORO PRABOWO**
 To : **KAMPUS BARU UI**
D.E.P.O.K

No. Analisa : 0238/ KB11
 Report No :
 Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa saya/petugas di laboratorium...
 The undersigned certifies that laboratory testing / analysis...
 Dari contoh (contohnya) : Komposit Nata de Coco Tgl.04 April 2011 Data 1b
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara tersebut : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Results :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	21,7

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001

CC.1. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk dipertanyakan. Terkecuali secara lengkap dan mendetail perseroan tertulis dari LK.BBKK.
 Halaman 1 dari 1

Perhatian : Hasil Uji ini tidak untuk dimunculkan dan hanya berlaku untuk contoh (contoh-contoh) tersebut.
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications.


KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
 BADAN PENGGAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 Jl. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kotak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Pusat), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bskk@cbn.net.id, http://www.bskk-ibbang.go.id

KR.1105.659
 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada : **ANDREA BASKORO PRABOWO**
 To : **KAMPUS BARU UI**
D.E.P.O.K

No. Analisa : 0241/ KB11
 Report No :
 Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa saya/petugas di laboratorium...
 The undersigned certifies that laboratory testing / analysis...
 Dari contoh (contohnya) : Komposit Nata de Coco Tgl.05 April 2011 Data 2b
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara tersebut : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Results :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	97,6

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001

CC.1. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk dipertanyakan. Terkecuali secara lengkap dan mendetail perseroan tertulis dari LK.BBKK.
 Halaman 1 dari 1

Perhatian : Hasil Uji ini tidak untuk dimunculkan dan hanya berlaku untuk contoh (contoh-contoh) tersebut.
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications.


KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
 BADAN PENGGAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 Jl. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kotak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Pusat), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bskk@cbn.net.id, http://www.bskk-ibbang.go.id

KR.1105.655
 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada : **ANDREA BASKORO PRABOWO**
 To : **KAMPUS BARU UI**
D.E.P.O.K

No. Analisa : 0237/ KB11
 Report No :
 Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa saya/petugas di laboratorium...
 The undersigned certifies that laboratory testing / analysis...
 Dari contoh (contohnya) : Komposit Nata de Coco Tgl. 05 April 2011 Data 1b
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara tersebut : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Results :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	96,2

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001

CC.1. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk dipertanyakan. Terkecuali secara lengkap dan mendetail perseroan tertulis dari LK.BBKK.
 Halaman 1 dari 1

Perhatian : Hasil Uji ini tidak untuk dimunculkan dan hanya berlaku untuk contoh (contoh-contoh) tersebut.
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications.


KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
 BADAN PENGGAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI
 Jl. Balai Kimia No. 1 Pekayon Pasar Rebo Jakarta 13069, Kotak Pos 6916 JATPK
 Telp. : (021) 8717438 (Pusat), 8720449, Fax : (021) 8714928
 E-mail : bskk@cbn.net.id, http://www.bskk-ibbang.go.id

KR.1105.658
 Jakarta, 20 Mei 2011
 Kepada : **ANDREA BASKORO PRABOWO**
 To : **KAMPUS BARU UI**
D.E.P.O.K

No. Analisa : 0240/ KB11
 Report No :
 Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa saya/petugas di laboratorium...
 The undersigned certifies that laboratory testing / analysis...
 Dari contoh (contohnya) : Komposit Nata de Coco Tgl.05 April 2011 Data 3b
 Of the sample (s) :
 Yang kami terima dari saudara tersebut : 02 Mei 2011
 Received on :
 Hasilnya adalah sebagai berikut :
 Results :

LAPORAN HASIL UJI

NO	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1.	Kuat tarik (Tensile Strength)	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	44,7

Balai Besar Kimia dan Kemasan
 Kepala Lab Kemasan Bahan

ARIE LISTYARINI
 NIP.1979 0223200212 2 001

CC.1. Anip
 Laporan hasil uji tidak dibenarkan untuk dipertanyakan. Terkecuali secara lengkap dan mendetail perseroan tertulis dari LK.BBKK.
 Halaman 1 dari 1

Perhatian : Hasil Uji ini tidak untuk dimunculkan dan hanya berlaku untuk contoh (contoh-contoh) tersebut.
 Attention : The above findings are based on the tested (samples) only and not for publications.