



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OPTIMASI PROSES PENGERINGAN SERAT NATA DE  
COCO SEBAGAI KANDIDAT SERAT DALAM BAHAN  
KOMPOSIT UNTUK PANEL ANTI PELURU**

**SKRIPSI**

**FRANKY ADRIANUS  
0404060276**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
DESEMBER 2009**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OPTIMASI PROSES PENGERINGAN SERAT NATA DE  
COCO SEBAGAI KANDIDAT SERAT DALAM BAHAN  
KOMPOSIT UNTUK PANEL ANTI PELURU**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**FRANKY ADRIANUS  
0404060276**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
DESEMBER 2009**

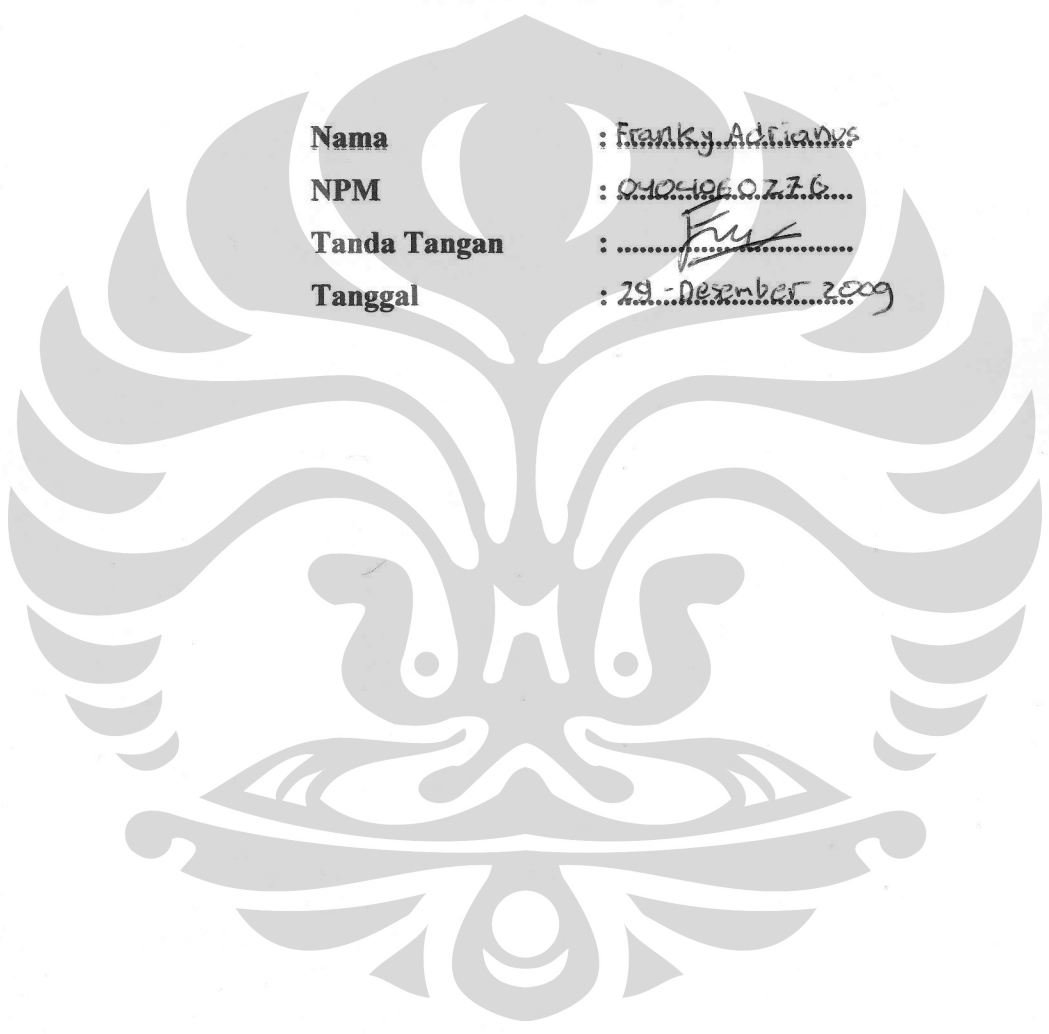
ii

Universitas Indonesia

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama** : Franky Adrianus  
**NPM** : 04041060276...  
**Tanda Tangan** : .....  
**Tanggal** : 29 - Desember 2009



## PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Franky Adrianus

NPM : 0404060276

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Skripsi : Optimasi Proses Pengeringan Serat Nata de Coco Sebagai  
Kandidat Serat Dalam Bahan Komposit Untuk Panel Anti Peluru

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 Saputra, M.Eng (.....)

Penguji : Ir. Mahmud Sudibandriyo, MSc., PhD (.....)

Penguji : Ir. Praswasti PDK Wulan, MT (.....)

Ditetapkan di : Depok.....

Tanggal : 29 Desember 2009

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan Tuntunan-Nya lah saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada saat penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) PT.PINDAD yang telah menyediakan tempat dan waktu untuk pengambilan data uji tembak;
- (3) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (4) sahabat-sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

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

Depok, 22 Desember 2009

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, Saya yang bertanda tangan dibawah

ini :

Nama : Franky Adrianus  
NPM : 0404060276  
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 :

### **OPTIMASI PROSES PENDINGINAN SERAT NATA DE COCO SEBAGAI KANDIDAT SERAT DALAM BAHAN KOMPOSIT UNTUK PANEL ANTI PELURU**

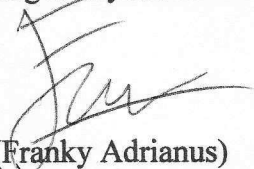
Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 16 Desember 2009

Yang Menyatakan

  
(Franky Adrianus)

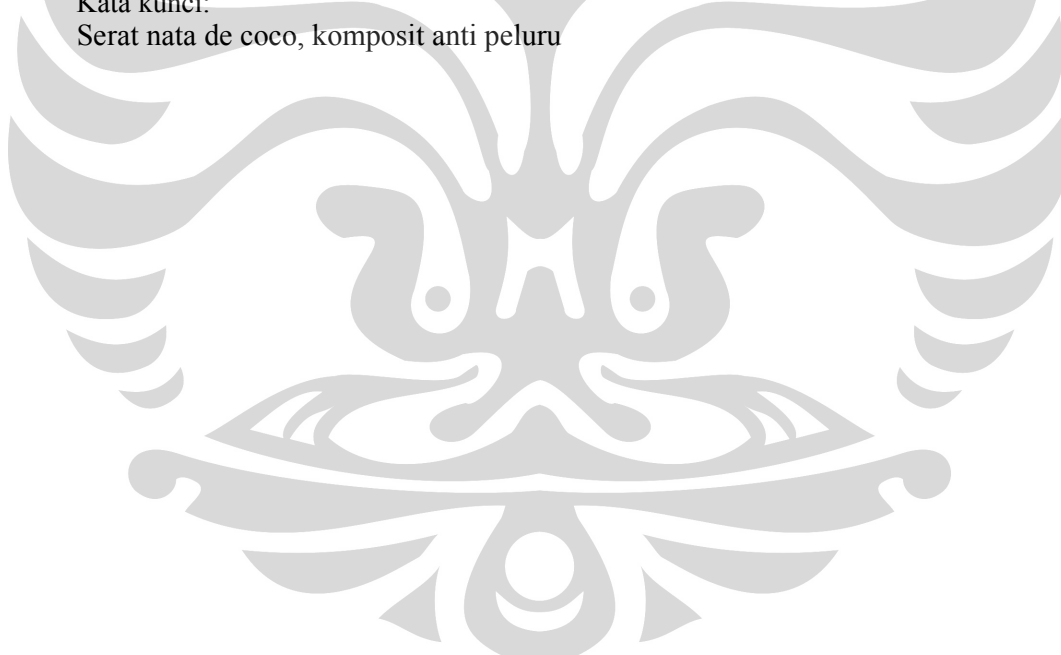
## ABSTRAK

Nama : Franky Adrianus  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : Optimasi Proses Pengeringan Serat Nata de Coco Sebagai Kandidat Serat Dalam Bahan Komposit Untuk Panel Anti Peluru

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi operasi optimal dari alat tekan panas yang akan digunakan untuk mendapatkan serat nata de coco. Serat tersebut adalah kandidat serat dalam komposit anti peluru sebagai upaya untuk membuat rompi anti peluru buatan dalam negeri. Tujuan lain penelitian ini adalah untuk mendapatkan pilihan nata de coco terbaik untuk dijadikan kandidat serat komposit anti peluru. Alat tekan panas yang digunakan adalah modifikasi dari alat tekan dingin dan rangkaian pemanas. Setelah melalui tahapan penelitian, didapatkan kondisi pengeringan optimal untuk nata de coco produksi sendiri adalah beban tekan 5 ton, suhu 120°C dalam 5 menit, sedangkan untuk nata de coco pasaran, beban tekan 5 ton, suhu 135°C dalam 5 menit. Juga didapat bahwa kekuatan dari nata de coco produksi sendiri tidak sekuat nata de coco pasaran. Disimpulkan, diantara dua pilihan tersebut nata de coco yang ada di pasaran lebih sesuai untuk dijadikan kandidat serat dalam bahan komposit anti peluru.

Kata kunci:

Serat nata de coco, komposit anti peluru



## ABSTRACT

Name : Franky Adrianus  
Study Program : Chemical Engineering  
Title : Drying Process Optimization of Nata de Coco as Fiber Candidate for Bulletproof Composite

This research aim is to obtain optimal operating conditions of heat press equipment that will be used to obtain nata de coco fiber. These fibers are fibers in the composite candidate bulletproof as an attempt to produce an independent bulletproof vest. Another purpose of this study was to choose best nata de coco candidate to become bulletproof composites fibers. Hot press tool used is a modification of the cold press equipment and heating circuits. After going through the research, the optimal drying conditions obtained for nata de coco self production is a 5 ton press load, temperature of 120 ° C within 5 minutes, while for market quality nata de coco, 5 ton press load, temperature of 135 ° C in 5 minutes. Also found that the strength of self production nata de coco was not as strong as the market nata de coco. We conclude that between the two, market quality nata de coco more suited to be fiber candidate for bulletproof composite materials.

Key words:  
Nata de Coco Fiber, Bulletproof Composite



## DAFTAR ISI

SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
PENGESAHAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH .....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Serat alam Nata De Coco.....	5

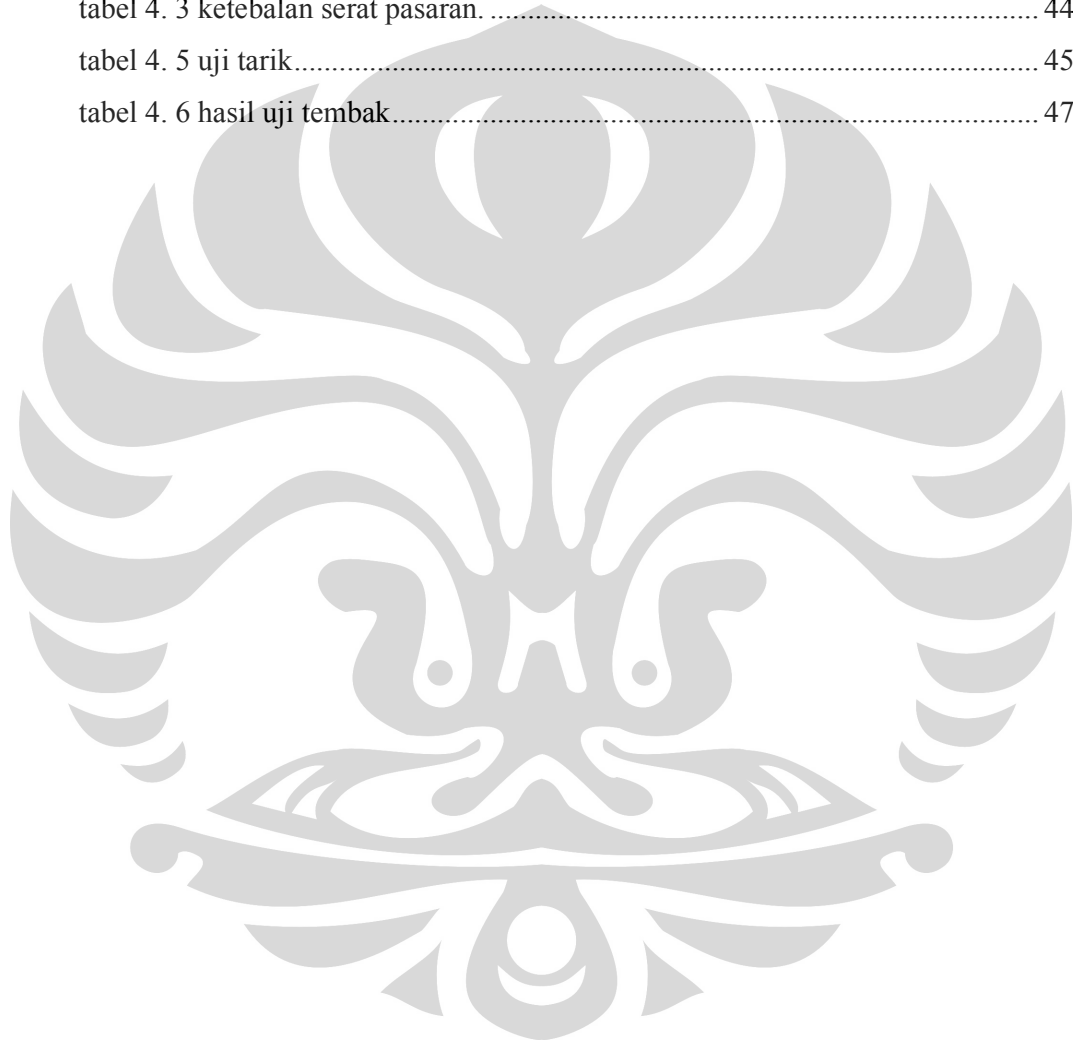
2.2	KOMPOSIT.....	7
2.2.1	Komponen Penyusun Komposit .....	7
2.2.2	Resin .....	8
2.2.3	Resin Epoksi .....	9
2.2.5	Proses Pabrikasi Komposit. ....	10
2.3	ROMPI TAHAN PELURU (BODYARMOR).....	11
2.3.1.	Tipe Rompi Tahan Peluru .....	12
2.3.2.	Cara Kerja Baju Tahan Peluru .....	14
2.4	BALISTIK .....	14
2.4.1.	Intemal Ballistic .....	14
2.4.2.	External Ballistics .....	14
2.4.3.	Terminal Ballistics .....	15
BAB III	.....	17
METODOLOGI PENELITIAN	.....	17
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	17
3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	18
3.2.1	Bahan Penelitian .....	18
3.2.2	Peralatan Penelitian.....	19
3.3	Prosedur Penelitian .....	26
3.3. 1	Proses Pembuatan nata de coco .....	26
3.3.2	perakitan Alat Tekan Panas.....	29
3.3.3	Optimasi Proses Pengeringan Nata de Coco.....	32
3.3.4	Proses pembuatan serat nata de coco .....	33
3.3.5	Pembuatan Komposit.....	36
3.3.6	Prosedur Uji Tembak.....	36
3.3.7	Uji Tarik Bahan.....	37
BAB IV	.....	38
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	.....	38
4.1	proses pembuatan nata de coco.....	38
4.2	optimasi kondisi operasi alat tekan panas.....	39
4.3	Pembuatan sample serat nata de coco .....	43
4.4	Uji tarik .....	45
4.5	Uji Tembak .....	46

BAB V .....	50
KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
DAFTAR PUSTAKA .....	51
LAMPIRAN.....	53



## DAFTAR TABEL

tabel 2. 1 Tipe Rompi Tahan Peluru.....	13
tabel 4. 1 data ketebalan nata buatan sendiri .....	36
tabel 4. 2 data ketebalan nata pasaran .....	55
tabel 4. 3 ketebalan serat buatan sendiri.....	44
tabel 4. 3 ketebalan serat pasaran.....	44
tabel 4. 5 uji tarik.....	45
tabel 4. 6 hasil uji tembak.....	47



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hasil Scanning Electron Micrograph (SEM) freeze-dried .....	6
Gambar 2. 2 Struktur dari selulosa bakteri.....	7
Gambar 2. 3 Berbagai kerusakan akibat tumbukan proyektil .....	15
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 3. 2 Starter naa de coco.....	18
Gambar 3. 3 Asam asetat.....	19
Gambar 3. 4 Kompor gas .....	20
Gambar 3. 5 Alat tekan dingin .....	22
Gambar 3. 6 Roller .....	23
Gambar 3. 7 Peralatan tambahan.....	24
Gambar 3. 8 Support fixture.....	25
Gambar 3. 9 Proses memasak.....	26
Gambar 3. 10 Proses pendinginan .....	27
Gambar 3. 11 Proses Pemasukkan bibit (inokulasi).....	27
Gambar 3. 12 Proses pertumbuhan nata de coco.....	28
Gambar 3. 13 Proses panen.....	28
Gambar 3. 14 Proses pembersihan .....	29
Gambar 3. 15 Susunan alat press panas 1.....	30
Gambar 3. 16 Susunan alat tekan panas 2 .....	31
Gambar 3. 17 Foto alat tekan panas .....	32
Gambar 3. 18 Susunan Pelat Tekan dingin .....	34
Gambar 3. 19 Proses penyusunan pelat.....	34
Gambar 3. 20 Susunan Pelat Tekan panas .....	35
Gambar 3. 21 Contoh hasil serat nata de coco kering yang didapat. ....	35
Gambar 4. 1 Contoh hasil jadi nata de coco.....	38
Gambar 4. 2 Reaksi Polimerisasi terbentuknya selulosa.....	39
Gambar 4. 3 Gambar nata de coco .....	41
Gambar 4. 4 Sample nata buatan sendiri.....	43
Gambar 4. 5 Sample nata pasaran .....	43
Gambar 4. 6 Hasil uji tembak level 1 .....	48
Gambar 4. 7 Kerusakan tipe plug.....	49

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah dan sistematika penulisan laporan seminar ini.

### **1.1 LATAR BELAKANG MASALAH**

Indonesia adalah sebuah negara yang besar, dengan bermacam-macam jenis budaya dan ras. Indonesia juga dikenal dengan tingkat pengangguran, dan kesenjangan sosial yang tinggi. Hal-hal seperti diatas cenderung untuk menyebabkan terjadinya konflik, perpecahan dan kejahatan di masyarakat. Dalam menghadapi tantangan-tantangan tersebut, anggota Tentara Nasional Indonesia(TNI) sebagai pertahanan negara dan POLRI sebagai penegak hukum dan ketertiban masyarakat sering dihadapkan dengan konfrontasi bersenjata. Untuk itu, mereka memerlukan rompi anti peluru sebagai pengaman diri untuk menghindari adanya korban jiwa sekaligus juga berfungsi sebagai peningkat moril dari aparat karena perasaan aman yang didapat.

Pada awalnya, rompi anti peluru dibuat dengan menggunakan logam. Rompi tersebut sangat berat sehingga menghambat pergerakan personel yang memakainya. Teknologinya terus berkembang hingga pada tahun 1966 dibuatlah serat sintetis kevlar yang sangat kuat, sehingga dapat digunakan langsung sebagai bahan rompi anti peluru atau dengan membuatnya menjadi komposit terlebih dahulu. Sekarang ini, banyak negara-negara di Dunia, khususnya di asia tengah mengembangkan rompi anti peluru sendiri, dengan bahan serat-serat alami ataupun bahan lainnya yang mudah didapat dan diolah. Hal ini disebabkan oleh ketergantungan pengadaan pelindung personel kepada pihak asing karena sulit untuk memproduksi serat Kevlar maupun serat sintetik anti peluru lainnya.

Hingga saat ini Indonesia masih menggunakan rompi dari kevlar tersebut dengan mengimpornya dari Belanda dan Korea Selatan dengan harga tinggi. Padahal ada banyak sekali sumber serat-serat alam yang belum digunakan maksimal di sini. Hal-hal tersebut diatas mendorong dilakukannya penelitian untuk membuat sendiri rompi anti peluru. Diantaranya adalah oleh Istiadi, dkk (2003)[1] yang mengembangkan rompi anti peluru yang masih menggunakan kevlar dipadukan dengan keramik. Selanjutnya Ignatia (2007)[2] meneliti panel anti peluru dari komposit yang menggunakan serat alami yaitu dari pisang abacca yang mampu menahan hantaman peluru level I. Kemudian dilanjutkan oleh Pendi Silalahi (2008)[3] yang menambahkan keramik pada komposit dengan serat pisang abacca yang mampu menahan hantaman peluru level II.

Dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, terlihat serat pisang abacca memiliki beberapa batasan sebagai serat dalam komposit anti peluru. Masalah berat dan tebal adalah yang paling terlihat. Untuk itu, perlu dicari alternatif-alternatif serat alam lain yang dapat digunakan dalam komposit serat anti peluru untuk mengganti atau dipadukan dengan serat abaca untuk mengurangi kekurangannya.

Salah satu serat alam yang memiliki potensi adalah serat nata de coco atau lebih dikenal dengan sari kelapa. Serat nata de coco ini telah dicoba untuk dibuat layar LCD dengan hasil uji kekuatan yang cukup besar di negara Jepang [4], selain itu juga hasil studi awal yang dilakukan oleh Bobby Rachmat Arisandy(2009)[5] yang meneliti serat nata de coco sebagai wadah makan menunjukkan hasil kekuatannya yang tinggi(sekitar 150 MPa) sehingga dapat dijadikan kandidat serat alam sebagai serat dalam komposit anti peluru. Pertimbangan lainnya adalah nata de coco merupakan bahan yang umum dijumpai di Indonesia dan pembuatannya sendiri tidak terlalu rumit.

Namun, sebelum dapat mencoba menggunakan nata de coco untuk menggantikan serat pisang abaca, perlu diadakan pembelajaran mengenai proses produksi nata de coco hingga menjadi serat nata de coco kering terlebih dahulu. Hal utama yang perlu untuk dipelajari adalah mengenai kondisi pemanasan serat basah

nata de coco yang sesuai untuk menghasilkan serat nata de coco kering yang dapat digunakan sebagai serat dalam komposit anti peluru.

Selain itu, dilakukan juga perbandingan antara serat nata decoco yang berasal dari nata de coco buatan sendiri dengan serat nata de coco pasaran untuk mendapatkan kandidat serat yang paling baik untuk digunakan sebagai serat dalam komposit anti peluru.

## **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Dari latar belakang tersebut dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- Mencoba berbagai kondisi operasi dari mesin tekan panas untuk mendapatkan serat nata de coco yang kering
- Membandingkan kualitas serat nata de coco antara nata de coco buatan sendiri dengan nata de coco pasaran.

## **1.3 TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- Memperoleh kondisi operasi alat tekan panas yang optimal dalam pembuatan serat nata de coco.
- Memperoleh serat nata de coco yang terbaik untuk menjadi kandidat serat dalam komposit anti peluru.

## **1.4 BATASAN MASALAH**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- Nata de coco pasaran yang digunakan berasal dari daerah Cianjur, Jawa Barat
- Starter yang digunakan untuk membuat Nata de coco adalah buatan LIPI
- Alat tekan dingin yang dipakai adalah handpress merk WAPRO dengan beban tekan maksimum 20 Ton.



- Suhu pengeringan yang akan digunakan dalam proses optimasi alat tekan panas berkisar antara 100°C hingga 150°C.
- Pembuatan Nata de coco dilakukan di Laboratorium Energi Berkelanjutan Departemen Teknik Kimia FTUI.
- Pembuatan lembaran serat nata de coco seluruhnya dilakukan di Laboratorium Energi Berkelanjutan Departemen Teknik Kimia FTUI.

## **1.5 SISTEMATIKA PENULISAN**

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tinjauan pustaka tentang nata de coco, sekilas tentang komposit dan anti peluru.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi langkah-langkah kerja yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian.

### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang hasil penelitian yang didapat dan analisis terhadap hasil penelitian tersebut.

### **BAB V : KESIMPULAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan penelitian dan saran untuk penelitian lanjutan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan teori-teori yang mendasari penelitian yang akan dilakukan. Beberapa teori yang akan diuraikan antara lain mengenai nata de coco dan mengenai bahan komposit anti peluru.

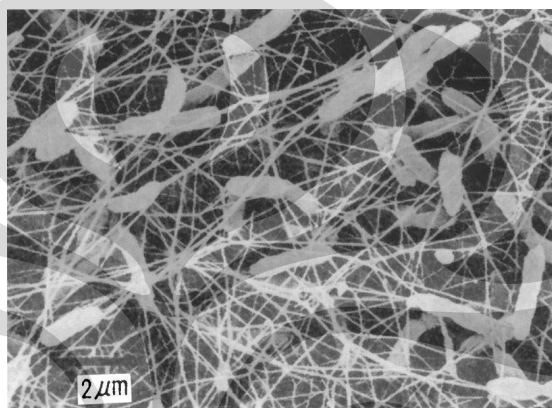
#### 2.1 Serat alam Nata De Coco

Kata nata berasal dari bahasa Spanyol yang berarti krim. Nata diterjemahkan ke dalam bahasa latin sebagai 'natare' yang berarti terapung-apung. Nata dapat dibuat dari air kelapa, santan kelapa, tetes tebu (molases), limbah cair tebu, atau sari buah (nanas, melon, pisang, jeruk, jambu biji, strawberi dan lain-lain). Nata yang dibuat dari air kelapa disebut *nata de coco*. Di Indonesia, *nata de coco* sering disebut sari air kelapa atau sari kelapa. *Nata de coco* pertama kali berasal dari Filipina. Di Indonesia, *nata de coco* mulai dicoba pada tahun 1973 dan mulai diperkenalkan pada tahun 1975. Namun demikian, *nata de coco* mulai dikenal luas di pasaran pada tahun 1981[6].

Bibit nata adalah bakteri [\*Acetobacter xylinum\*](#) yang akan dapat membentuk serat nata jika ditumbuhkan dalam air kelapa yang sudah diperkaya dengan [karbon](#) dan [nitrogen](#) melalui proses yang terkontrol. 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 [7].

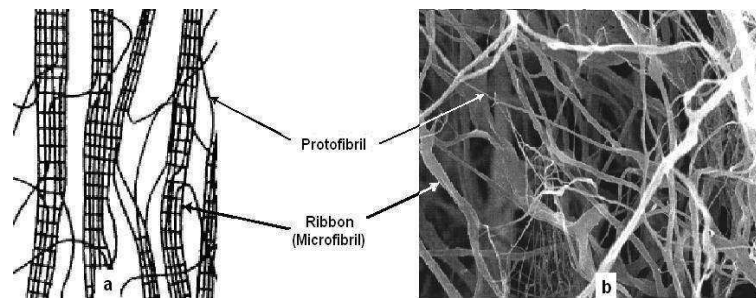
Faktor-faktor yang mempengaruhi *Acetobacter xylinum* mengalami pertumbuhan adalah nutrisi, sumber karbon, sumber nitrogen, serta tingkat keasaman media, temperatur, dan udara (oksigen). Senyawa karbon yang dibutuhkan dalam fermentasi nata berasal dari monosakarida dan disakarida. Sumber dari karbon ini yang paling banyak digunakan adalah gula. Sumber nitrogen bisa berasal dari bahan

organic seperti ZA, 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. Bakteri ini sangat memerlukan oksigen, sehingga dalam fermentasi tidak perlu ditutup rapat namun hanya ditutup untuk mencegah kotoran masuk kedalam media yang dapat mengakibatkan kontaminasi.



Gambar 2. 1 Hasil Scanning Electron Micrograph (SEM) Freeze-Dried[7]

Gugus fungsional dari rantai selulosa bakteri adalah gugus *hydroxyl*. Gugus – OH ini dapat berinteraksi satu sama lain dengan gugus –O, -N, dan –S, membentuk ikatan *hydrogen*. Ikatan –H juga terjadi antara gugus –OH selulosa dengan air. Gugus-OH selulosa menyebabkan permukaan selulosa menjadi hidrofilik. Struktur rantai selulosa distabilkan oleh ikatan *hydrogen* yang kuat disepanjang rantai. *Protofibrils* selulosa bakteri saling mengikat seperti pita membentuk *microfibrils* yang memiliki diameter 20-50 nm, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2 pita tersebut memiliki ketebalan 3-4 nm, lebar ~ 80 nm dan panjang 1-9 μm. Pita yang sangat baik dari selulosa bakteri membentuk struktur jaringan yang padat[7]. Struktur dari *protofibrils* inilah yang membuat sifat dari serat *nata de coco* memiliki kuat tarik yang tinggi setelah airnya dipisahkan.



**Gambar 2. 2 Struktur dari Selulosa Bakteri. (a) Model Skematik dari Mikrofibril Selulosa dan Ribbon, (b) Struktur Jaringan dari Selulosa Bakteri dalam Larutan Air[7].**

## 2.2 KOMPOSIT

Komposit adalah gabungan dari dua komponen atau lebih yang memberikan sifat kaku [9]. 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, kekurangan komposit adalah tidak dapat digunakan pada temperatur  $>400^{\circ}\text{F}$ . Kekakuan tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan logam dan harga bahan baku yang relatif tinggi [10].

Panggabean M, (1996), meneliti bahwa matriks pada material komposit antara lain berfungsi untuk mendistribusikan beban pada serat-serat penguat. Oleh karena itu adanya cacat seperti void, retak pada matrik akan mempengaruhi fungsi matrik sebagai pendistribusi beban, misalnya terjadi pada konsentrasi tegangan disekitar cacat yang menurunkan sifat mekanik baik statis maupun dinamis dari material komposit. Kerusakan pada material komposit serat gelaspoliester merupakan kombinasi dari retak matrik, lepasnya ikatan serat dengan matrik, delaminasi dan serat putus [12].

### 2.2.1 Komponen Penyusun Komposit

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

a 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 Glass fiber, Asbestos, kertas, katun atau linen, Organic Fiber, Polyethylene, Aramid dan lain-lain.

b. Matriks (pengisi). Matriks berfungsi untuk menjaga reinforcement agar tetap pada tempatnya di dalam struktur, membantu distribusi beban, melindungi filament di dalam struktur, mengendalikan sifat elektrik dan kimia dari komposit, serta membawa regangan interlaminar. Matriks yang paling umum dipakai adalah logam, keramik dan polima, baik polimer termoset, maupun polimer termoplastik.

### **2.2.2 Resin**

Resin adalah suatu material yang berbentuk cairan pada suhu ruang, atau dapat pula berupa material padatan yang akan meleleh pada suhu di atas 200<sup>0</sup>C. Pada dasarnya resin adalah matriks, sehingga memiliki fungsi yang sama dengan matriks. Resin dapat dibagi menjadi dua bagian besar:

#### **1. 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[12]. Beberapa contoh resin termoset antara lain resin phenolic, polimer melamin, resin epoksi polyester, silicon, dan poliamyde.

#### **2. Resin Termoplastik**

Resin termoplastik adalah resin yang melunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika di dinginkan, 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 kelakuannya yang tinggi. Contoh resin termoplastik antara lain polysulfone, polyphenylene sulfide, polyethedetone, polyamideimide, polybuyrlene terephthalate, nylon 6 dan polyprpylene

### 2.2.3 Resin Epoksi

Resin epoksi termasuk kedalam golongan thermosetting, sehingga dalam pencetakan perlu diperhatikan:

1. Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan
2. Dapat diukur dalam temperatur kamar dalam waktu yang optimal
3. Memiliki viskositas yang rendah disesuaikan dengan material penyangga.
4. Memiliki kelengketan yang baik deogan materi penyangga mempunyai sifat baik dari bahan yang diawetkan.

Resin epoksi mengandung struktur epoksi atau oxirene. Resin ini berbentuk cairan kental atau hampir padat, yang digunakan untuk material ketika hendak dikeraskan. Resin epoksi jika direaksikan dengan hardener yang akan membentuk polimer crosslink Hardener untuk sistim curing pada temperatur ruang dengan resin epoksi pada umnmnya adalah senyawa polyamida yang terdiri dari dua atau lebih grup amina. Curing time sistim epoksi hergantung pada kereaktifan atom hidrogen dalam senyawa amina.

Reaksi curing pada sistem resin epoksi secara eksotermis, berarti dilepaskan sejumlah kalor pada proses curing berlangsung. Laju kecepatan proses curing bergantung pada proses curing bergantung pada temperatur ruangan tempat proses cunnng berlangsung. Untuk kenaikan temperatur setiap 10 °C, maka laju kecepatan curing akan menjadi dua kali lebih cepat, sedangkan untuk penurunan temperaturnya dengan besar sama maka laju kecepatan curing akan turun menjadi setengah dari laju kecepatan curing sebelumnya. Epoksi memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari

pada polyester pada keadaan basa, namun tidak terhadap asam. Epoksi memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan dimensi dan pemanasan yang baik.

### **2.2.5 Proses Pabrikasi Komposit.**

Material komposit dapat diproduksi dengan berbagai macam metode proses pabrikasi disesuaikan dengan jenis matriks penyusun komposit dan bentuk material komposit yang diinginkan sesuai aplikasi selanjutnya

#### **1. Proses Open Molding (pencetakan terbuka)**

a. **Proses hand lay up.** Proses ini dilakukan dalam kondisi dingin dan dengan memanfaatkan keterampilan tangan. Serat bahan komposit ditata demikian rupa mengikuti bentuk cetakan atau mandril, kemudian dituangkan resin sebagai pengikat antara satu lapisan serat dengan lapisan yang lain sehingga sesuai dengan bentuk yang telah ditentukan

b. **Chopped Laminate.** Proses ini menggunakan alat pemotong fiber yang biasanya serat panjang membentuk serat menjadi lebih pendek.

c. **Proses Filament Winding.** Proses ini melalui metode proses yang melalui sistem gulungan benang pada sebuah sumbu putar. Serat komposisi dalam bentuk benang digulung pada sebuah mandril yang berbentuk dengan bentuk rancangan benda teknik, misalnya berbentuk tabung, kemudian resin yang berfungsi sebagai matrik dituangkan bersama dan dengan proses penggulung serat tersebut, sehingga keduanya merekat dan saling mengikat antara satu lapisan gulungan dengan gulungan berikutnya, sampai membentuk benda yang direncanakan.

#### **2. Proses Close Molding (Pencetakan tertutup)**

a. **Compression molding.** Pada metode ini menggunakan cetakan yang ditekan tinggi sampai 1000 psi. Diawali dengan mengalirkan resin dan reinforcement dengan viskositas yang tinggi dalam cetakan pada suhu 330-400°F, kemudian mold ditutup dan terjadi penekanan pada material komposit.

b . **Pultrusion.** Pada metode ini pembentukan material komposit yang menggabungkan antara resin dan fiber berlangsung secara kontinyu. Proses ini digunakan pada pabrikasi komposit yang berpenampang tetap, seperti rods dan bar section

c. **Resin transfer molding (RTM).** Pada proses ini resin ditransfer atau diinjeksikan kedalam suatu tempat yang berisi fiber glass reinforcement. diantara dua permukaan cetakan. Pasangan cetakan kemudian ditutup diberi klem, lalu resin berviskositas rendah diinjeksikan pada tekanan 50-100 psi.

d. **Vacuum bag mold** Pada metode ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik dengan cara meminimalisasi jumlah udara yang terperangkap dalam proses pembuatannya

e. **Vacuum infusion processing.** Metode ini adalah variasi dari vacuum bag molding dimana resin yang dituang dalam ruang hampa masuk kedalam cetakan dan membentuk laminasi. Setelah cetakan dipenuhi resin kemudian dilapisi dengan fiber reinforcement, kemudian resin diinfusi kembali kedalam cetakan untuk menyempurnakan sistem laminasi komposit [14].

### **2.3 ROMPI TAHAN PELURU (BODYARMOR)**

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini, merupakan suatu terobosan maju dalam peradaban manusia. Penelitian Dan pengembangan bahan-bahan canggih seperti polimer, keramik, logam, komposit yang mutakhir mendapat perhatian yang sangat besar. Keramik mula-mula dikembangkan di Amerika Serikat sekitar tahun 1960 untuk rompi tahan peluru dan kursi tentara di dalam Helikopter. Pada saat sekarang, perkembangan dari keramik untuk perangkat militer terus berkembang. Disamping keramik sebagai bahan baku untuk rompi tahan peluru kevlar dan spektra adalah merupakan bahan untuk backing material.



### **2.3.1. Tipe Rompi Tahan Peluru**

Menurut standar National Institute of Justice, USA, rompi anti peluru dikelompokkan dalam tujuh tipe didasarkan pada kemampuannya menahan peluru dari senjata. Dimana kekuatan serangan balistik dari peluru dipengaruhi oleh bentuk, kaliber dan kecepatan peluru. Adapun ketujuh tipe tersebut adalah seperti dalam tabel 2.2 berikut ini [16]



Tabel 2. 1 Tipe Rompi Tahan Peluru

Tipe Rompi	Tipe Senjata	Tipe Peluru	Massa Peluru	Kecepatan Peluru
I	22 LR	<i>Long Rifle High Velocity Lead</i>	2.6 g (40 gr)	320 m/s (1050 ft/s)
	38 <i>Special</i>	38 <i>Special Round Nose Lead</i>	2.6 g (40 gr)	259 m/s (850 ft/s)
II-A	<i>Lower Velocity 357 Magnum</i>	357 <i>Magnum Jacketed Soft Point</i>	10.2 G (158 gr)	381 m/s (1250 ft/s)
	<i>Lower Velocity 9 mm</i>	9 mm <i>Full Metal Jacketed</i>	8.0 gr (124 gr)	332 m/s (1090 ft/s)
II	<i>Higher Velocity 357 Magnum</i>	357 <i>Magnum Jacketed Soft Point</i>	10.2 g (158 gr)	425 m/s (1395 ft/s)
	<i>Higher Velocity 9 mm</i>	9 mm <i>Full Metal Jacketed</i>	8.0 g (124 gr)	358 m/s (1175 ft/s)
III-A	44 <i>Magnum</i>	44 <i>Magnum, Lead semi wadcutter</i>	15.55 g (240 gr)	426 m/s (1400 ft/s)
	<i>Submachine Gun 9 mm</i>	9 mm <i>Full Metal Jacketed</i>	8.0 g (124 gr)	426 m/s (1400 ft/s)
III	308 <i>Winchester</i>	7.62 mm <i>Full Metal Jacketed</i>	9.7 g (150 gr)	838 m/s (2850 ft/s)
IV	<i>Rifle for 30-06 ammunition</i>	30 caliber <i>armor piercing</i>	10.8 g (166 gr)	868m/s (2850 ft/s)
<i>Special type</i>	<i>Specified by user</i>			

Sumber : NIJ, 1985

Dalam pengujian rompi tahan peluru, sudut penembakan antara laras senjata dengan sasaran adalah 90°. Hasil yang diharapkan bahwa kedalaman deformasi maksimum adalah 44 mm (1,73 in).

### **2.3.2. Cara Kerja Baju Tahan Peluru**

Ketika peluru menerjang baju tahan peluru, peluru tertangkap didalam jaring serat mengabsorpsi dan mendispersi energi dari benturan menyebabkan peluru akan terdeformasi kebentuk pesek/cendawan (mushroom).

Deformasi akan semakin besar seiring dengan meningkatnya besar dan kecepatan dari peluru yang digunakan.

## **2.4 BALISTIK**

Balistik adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang perjalanan peluru (proyektil) ketika ditembakkan dari suatu senjata. Perjalanan tersebut meliputi perjalanan di dalam laras senjata (internal ballistics), perjalanan di udara hingga menyentuh target (external ballistics), dan perjalanan melalui target jika terjadi penetrasi (Tenninal Ballistics).

### **2.4.1. Intemal Ballistic**

Internal balistik adalah perjalanan peluru di dalam laras senapan Peluru terdiri atas dua bagian, yaitu selongsong peluru yang berisi amunisi dan peluru itu sendiri. Pelatuk yang ditekan menghasilkan percikan api yang membakar amunisi [14]. Amunisi yang terbakar menghsilkan gas, yang dapat mencapai tekanan 40000 psi (pada pistol) atau 70000 psi (pada senapan).

### **2.4.2. External Ballistics**

External ballistics adalah perjalanan peluru sejak keluar dari laras hingga mengenai target. Ada beberapa persamaan yang digunakan untuk menggambarkan external ballistic

#### **Energi Kinetik (EK)**

$$EK=0,5 MV^2$$

**Kinetic pulse (KP) Besaran ini menunjukkan tingkat besarnya volume kawah yang dapat terbentuk jika target terkena peluru.**

$$KP = EK \times P$$

Dimana:  $P = M \times V$

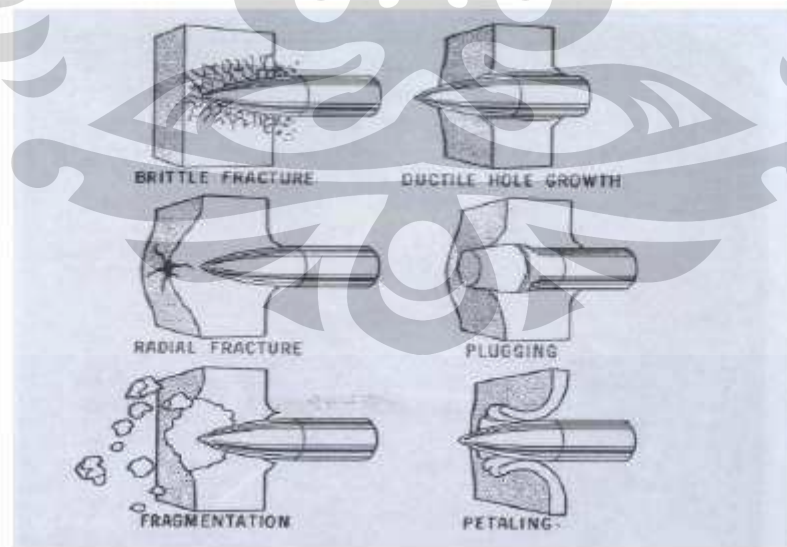
Peluru tidak melaju dalam jalur yang lurus hingga ke target, namun keberadaan efek rotasi menjaga peluru tetap berjalan pada sumbu yang lurus. Sepanjang perjalanannya, peluru akan menghadapi hambatan udara.

### 2.4.3. Terminal Ballistics

Peluru merusak targetnya hanya energi kinetik yang dimilikinya. Ada tiga cara proses perusakan target [15] ;

- Mengoyak dan menghancurkan. Hal ini dilakukan oleh peluru berkecepatan rendah dari pistol, dengan kecepatan kurang dari 1000ft/s. proses pengoyakan dikenal sebagai peristiwa penetrasi.
- Melubangi. Hal ini dihasilkan oleh peluru yang berkecepatan diatas 1000ft/s. hal ini disebut jug asebagai perforasi.
- Gelombang kejut yang menekan medum udara, namun hanya terjadi dalam beberapa mikrosekon.

Beberapa jenis kerusakan pada target yang terkena proyektil, berbagai kerusakan tersebut seperti pada Gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2. 3 Berbagai Kerusakan Akibat Tumbukan Proyektil

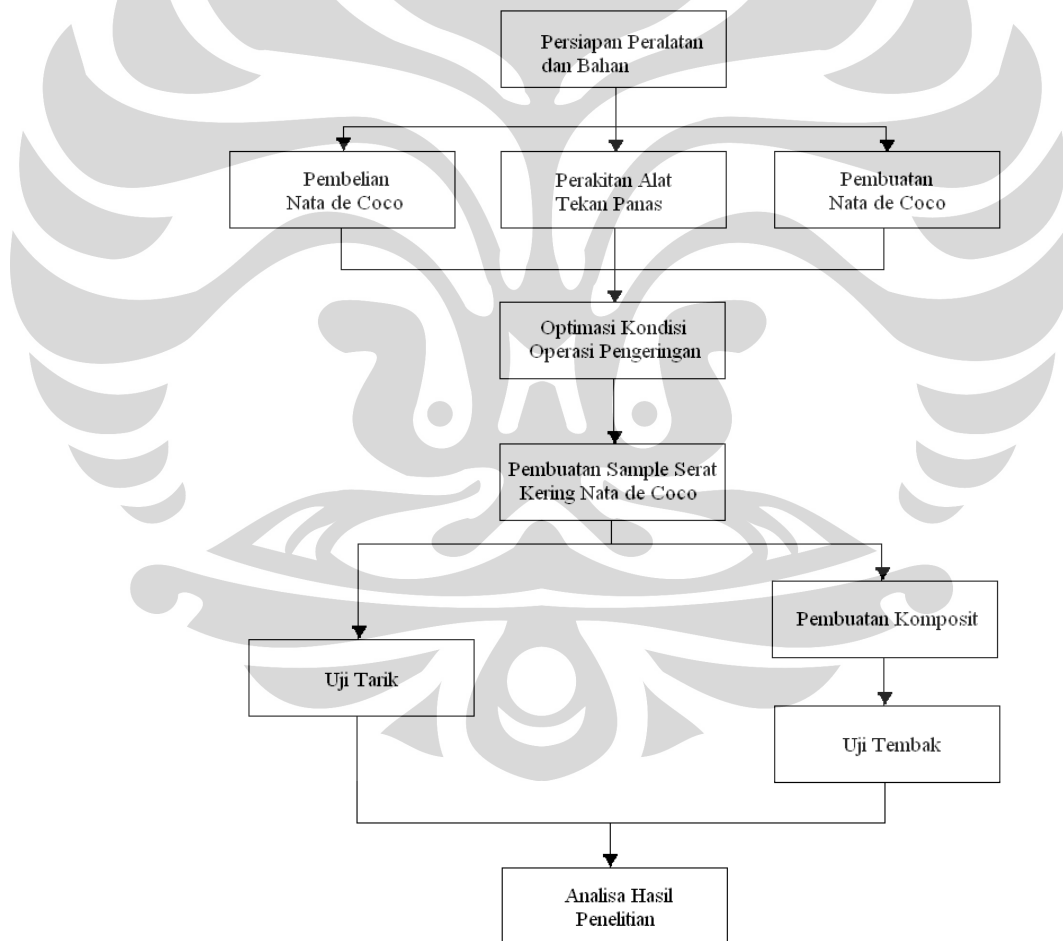
Tipe plugging dihasilkan oleh proyektil tumpul dengan hidung hemispherical pada kecepatan mendekati balistik limit. Lubang yang dihasilkan memiliki diameter hampir sama dengan diameter proyektil. Kerusakan radial biasanya terjadi pada material keramik, tidak menghasilkan lubang seperti plugging, dan merupakan hasil perforasi proyektil berujung tajam. Kerusakan petaling dihasilkan dari radial dan circumferential stress setelah terjadinya gelombang kejut awal. Kerusakan ini diperoleh dari proyektil berujung ogiv atau conical pada kecepatan rendah, atau dari proyektil tumpul dengan kecepatan mendekati balistik limit. Kerusakan tipe fracture dihasilkan dari gelombang kejut awal melebihi batas kekuatan material yang biasanya berdensitas rendah. Kerusakan radial fracture menunjukkan adanya retakan dibagian belakang target ketika terjadi penetrasi proyektil. Kerusakan tipe brittle fracture adalah terbentuknya retakan-retakan pada target yang tertumbuk proyektil. Pada kerusakan tipe fragmentasi, target yang terkena proyektil akan terlepas menjadi bagian-bagian yang lebih kecil.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah skema penelitian yang dilakukan.



**Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian**

## 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

### 3.2.1 Bahan Penelitian

Berisi bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan *Nata de coco* dan Komposit.

Bahan yang digunakan antara lain :

- a. Air kelapa
- b. Starter Nata de coco



Gambar 3. 2 Starter Nata De Coco

- c. Gula pasir
- d. ZA
- e. Asam Acetat



Gambar 3.3 Asam Asetat

#### f. Resin Epoxy dan Epoxy Hardener

##### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini terbagi menjadi 4, yaitu peralatan untuk membuat nata de coco, peralatan untuk mendapatkan lembaran serat nata de coco peralatan untuk membuat komposit dan peralatan untuk menguji tembak.

##### 1. Peralatan pembuatan *nata de coco*

Peralatan pembuatan *nata de coco* terdiri dari :

- a. Baki plastik 40cm x 25cm

Digunakan sebagai wadah pembentukan nata de coco

- b. Panci

Sebagai wadah memasak larutan air kelapa

- c. Kompor

Digunakan sebagai sumber panas proses memasak terlihat dalam Gambar 3.4





**Gambar 3. 4 Kompor Gas**

d. Kertas Koran

Digunakan sebagai penutup baki saat proses pembentukan nata de coco

e. Saringan

Digunakan untuk menyaring larutan air kelapa dari pengotor.

f. Karet

Karet gelang digunakan untuk mengencangkan koran pada baki

g. Pengaduk

Digunakan pengaduk kayu untuk meratakan larutan.

h. Beaker glass 1000 ml

Digunakan untuk mengukur larutan air kelapa yang akan dimasak dan saat akan dimasukkan kedalam baki.

i. Beaker glass 100 ml

Sebagai wadah saat memasukkan tambahan gula, cuka dan ZA kedalam larutan air kelapa.

j. Termometer

Digunakan sebelum memasukkan starter, untuk memastikan suhu larutan air kelapa.

k. pH meter

digunakan untuk mendapat kadar pH larutan air kelapa, untuk mengetahui kualitas air kelapa yang digunakan.

## **2. peralatan untuk merakit alat tekan panas**

alat-alat yang digunakan untuk merakit alat tekan panas antara lain:

- a. kunci berbagai ukuran  
digunakan untuk mengencangkan mur dan baut pada tempatnya.
- b. temperatur controller  
digunakan sebagai pengatur suhu pelat pemanas.
- c. Thermocouple  
Digunakan sebagai pengukur suhu aktual pelat pemanas.
- d. elemen pemanas  
sebagai pemanas yang akan dimasukkan kedalam pelat pemanas.
- e. Kabel

Sebagai penghubung aliran listrik dan informasi diantara alat-alat yang digunakan.

- f. alat tekan dingin

alat ini akan dirakit ulang agar dapat mengakomodasi tambahan peralatan pemanas.

## **3. Peralatan untuk mendapatkan Lembaran serat nata de coco**

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

- a. Alat tekan dingin dengan beban tekan hingga 10 Ton.

Berfungsi untuk menghilangkan sebagian besar kandungan air sebelum di tekan panas. Dapat dilihat pada Gambar 3.5



**Gambar 3. 5 Alat Tekan Dingin**

b. Alat Tekan Panas.

Alat tekan panas berfungsi untuk menghilangkan sisa kandungan air dari *nata de coco*.

c. Kawat saring

Kawat ini berfungsi untuk membantu proses penghilangan kandungan air *Nata de coco* pada saat ditekan.

d. Lembaran Teflon

Lembar teflon berfungsi untuk melindungi serat pada saat ditekan panas agar tidak menempel pada plat alat press.

**4. Peralatan Pembuatan Komposit**

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah.

a. Kuas

Kuas digunakan untuk mengolesi cetakan dengan *mirror glaze* dan juga untuk mengolesi anyaman serat abacca dengan resin epoksi. Kuas yang digunakan berukuran 0.5 in dan 1 in.

b. Roller

*Roller* digunakan untuk meratakan lapisan resin yang telah dioleskan pada anyaman serat abacca, sekaligus untuk mengeluarkan udara yang terperangkap pada lapisan resin dan serat abacca. Dapat dilihat pada Gambar 3.6 dibawah



**Gambar 3. 6 Roller**

c. Timbangan

Timbangan akan digunakan untuk menimbang bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan komposit dan juga untuk menimbang komposit yang sudah jadi.

d. Alat Pres

Alat pres berguna untuk menekan komposit hingga kompak dan padat, sehingga ketebalan komposit yang dihasilkan berkurang.

e. Wadah

Dihunakan untuk mencampur resin dengan *hardener*nya

f. Sendok

digunakan untuk mengambil resin dan juga untuk mengaduk campuran resin dan *hardener*nya.

g. peralatan tambahan lainnya seperti gunting, tang, kape, obeng, dll

sebagai tambahan untuk mempermudah proses pembuatan dapat dilihat pada Gambar 3.7 dibawah



**Gambar 3. 7 Peralatan Tambahan**

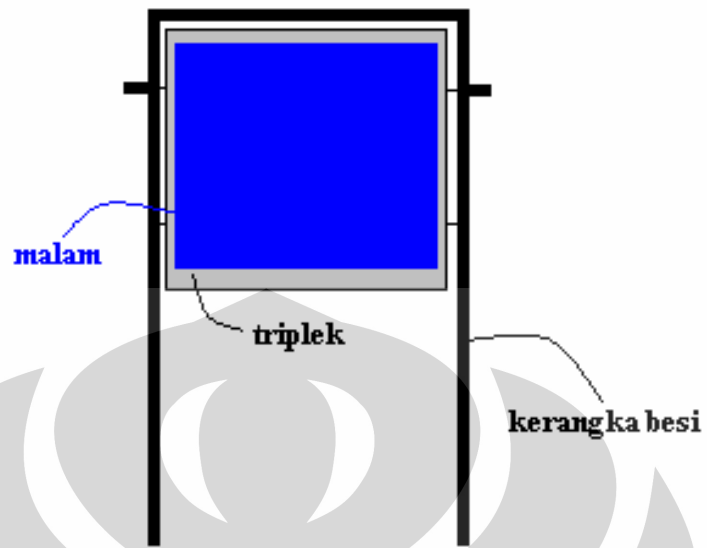
## **5. Peralatan pengujian**

### **a. Senjata Test**

Senjata test yang digunakan adalah kaliber 7.62 M-60 . Senjata ini diproduksi oleh PT PINDAD.

### **b. Support fixture**

*Support fixture* adalah perangkat yang disusun untuk menopang pelat agar tetap berdiri tegak ketika dilakukan uji balistik. Pelat ini tersusun dari kerangka besi, balok kayu setebal 4 cm dan papan triplek yang berfungsi untuk menahan lilin. Sketsanya dapat dilihat pada Gambar 3.8 dibawah



Gambar 3. 8 Support Fixture

c. alat uji kekuatan Tarik

alat uji kekuatan tarik yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 3.9. merupakan alat uji tembak dengan spesifikasi sampel kertas dengan merk ALWETRON-WH<sub>1</sub>



Gambar 3.9 Alat Uji Tarik

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Proses Pembuatan nata de coco

- a. Memasak air kelapa hingga mendidih



**Gambar 3.9 Proses Memasak**

Dilakukan untuk membunuh bakteri dan virus yang mungkin ada didalam larutan air kelapa. Agar yang bertumbuh hanya bakteri yang diinginkan saja.

- b. Memasukkan gula, asam asetat dan ZA

Agar lingkungan hidup bakteri menjadi lebih kaya dan sesuai untuk pertumbuhan *A.xylinum*

- d. Mengaduk agar tercampur rata

Dilakukan agar larutan memiliki kandungan yang merata, sehingga diharapkan mendapat hasil nata de coco dengan kualitas yang seragam.

- e. Memasukkan larutan kedalam loyang-loyang kecil

Dimasukkan dalam ukuran masing-masing Loyang 1 liter, agar ukuran serat yang dihasilkan diharapkan seragam.

- f. Menutup Loyang dengan Koran dan karet

Dilakukan agar tidak ada pengoor yang masuk kedalam selama proses pertumbuhan nata de coco

g. Mendinginkan hingga air larutan dingin

Yaitu hingga suhu kamar yang memungkinkan untuk bakteri *A.xylinum* bertumbuh. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 3.10 dibawah



**Gambar 3. 10 Proses Pendinginan**

h. Setelah dingin memasukkan starter kedalam Loyang

Starter berisi bakteri *A.xylinum* murni. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 3.11 dibawah



**Gambar 3. 11 Proses Pemasukkan Bibit (inokulasi)**

i. Loyang didiamkan selama proses pembentukan nata de coco.

Pada proses ini bakteri *A.xylinum* membentuk serat berupa selulosa yang biasanya memakan waktu 7-8 hari.





**Gambar 3. 12 Proses Pertumbuhan Nata De Coco**

j. Memanen lembaran nata de coco

Serat basah nata de coco dikeluarkan dari dalam Loyang, seperti terlihat dalam Gambar 3.13



**Gambar 3. 13 Proses Panen**

k. Membersihkan nata de coco dari kulit arinya

Hal ini dilakukan karena kulit ari adalah bagian yang paling cepat membusuk dan terusbertumbuh bila tidak dibuang. Prosesnya terlihat pada Gambar 3.14



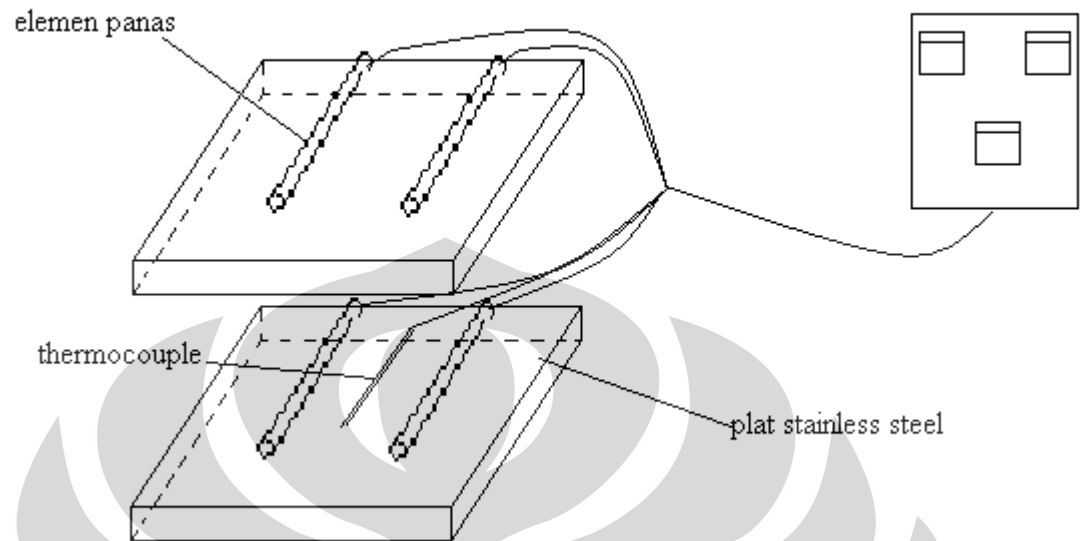


**Gambar 3. 14 Proses Pembersihan**

### **3.3.2 perakitan Alat Tekan Panas**

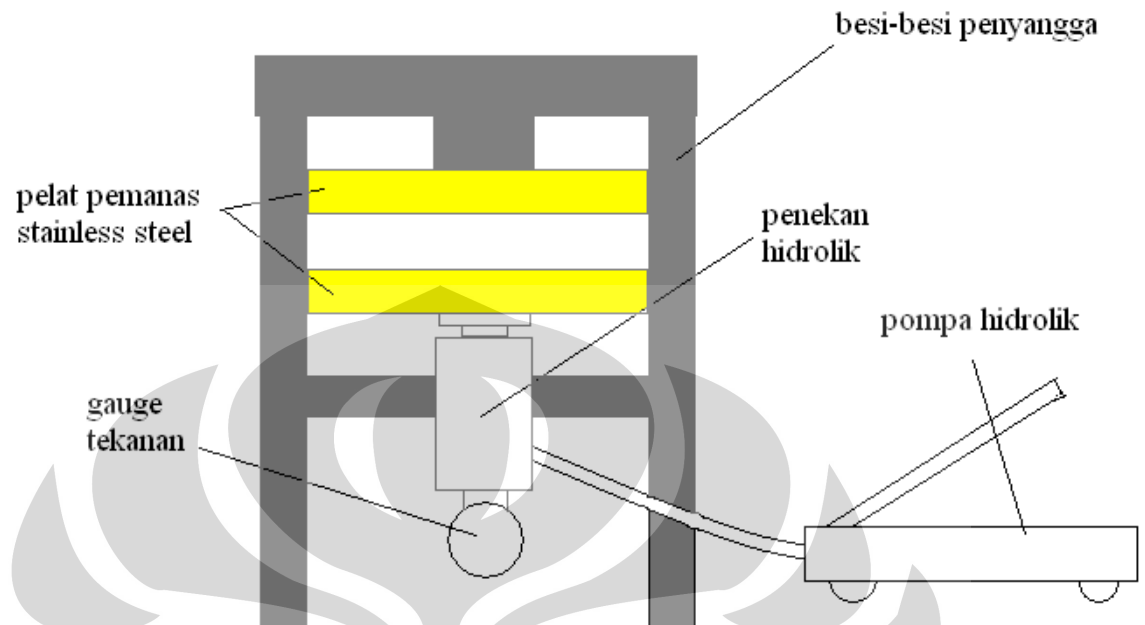
Alat tekan panas ini merupakan modifikasi dari alat tekan dingin. Bagian-bagiannya terdiri dari 4 buah elemen pemanas, 1 buah thermocouple, alat kontrol suhu, pelat pemanas, dan alat tekan hidrolis.

Peralatan tersebut dirakit seperti Gambar 3.15 berikut:



**Gambar 3. 15 Susunan Alat Press Panas 1**

Keempat buah pemanas tadi dihubungkan dengan temperature controller yang terdiri dari unit kontrol sistem, unit pendeteksi suhu dan unit penginformasi angka. Pendeteksi suhu yang digunakan pada alat ini adalah thermocouple. Cara kerja alat press panas ini adalah dengan membandingkan panas yang dideteksi thermocouple dengan panas yang dimasukkan sebagai set value. Saat suhu kurang dari set value maka kontrol sistem akan mengalirkan listrik ke elemen pemanas sehingga suhu meningkat dan akan berhenti saat suhu set point sudah sama dengan suhu terdeteksi. Suhu yang dideteksi dan suhu set point akan ditampilkan pada unit informasi. Setelah itu, kedua pelat pemanas tadi dirakit menjadi satu dengan alat tekan hidrolik seperti terlihat pada Gambar 3.16 dibawah.



**Gambar 3. 16 Susunan Alat Tekan Panas 2**

Saat diberi tekanan, hidrolik akan menekan pelat pemanas bagian bawah ke-atas. Hingga kedua pelat bertemu dan saling menekan. Hasil jadi terlihat pada Gambar 3.17 di bawah



Gambar 3. 17 Foto Alat Tekan Panas

### 3.3.3 Optimasi Proses Pengeringan Nata de Coco

Setelah mendapatkan alat tekan panas, dicari kondisi operasi alat yang optimal untuk mengeringkan nata de coco.

Proses ini di bagi dua bagian, yaitu untuk nata de coco yang dibuat sendiri dan dengan nata de coco yang dibeli di pasaran.

Proses pengeringan di coba dengan berbagai macam suhu, dimulai dari titik didih air hingga suhu 150°C. Dengan diukur waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan juga dengan variasi beban tekan dari 1 hingga 5 ton yang merupakan beban maksimal alat.

### 3.3.4 Proses pembuatan serat nata de coco

Setelah mendapatkan kondisi optimal pengeringan, tahapan selanjutnya adalah membuat sampel serat kering nata de coco. Tahapannya adalah sebagai berikut:

#### 1. Menyiapkan sampel *nata de coco*

Dimensi lembaran *nata de coco* = 40 x 25 cm, sampel dipotong menjadi dua bagian dengan ukuran = 25 x 20 cm, disesuaikan dengan ukuran pelat alat press.

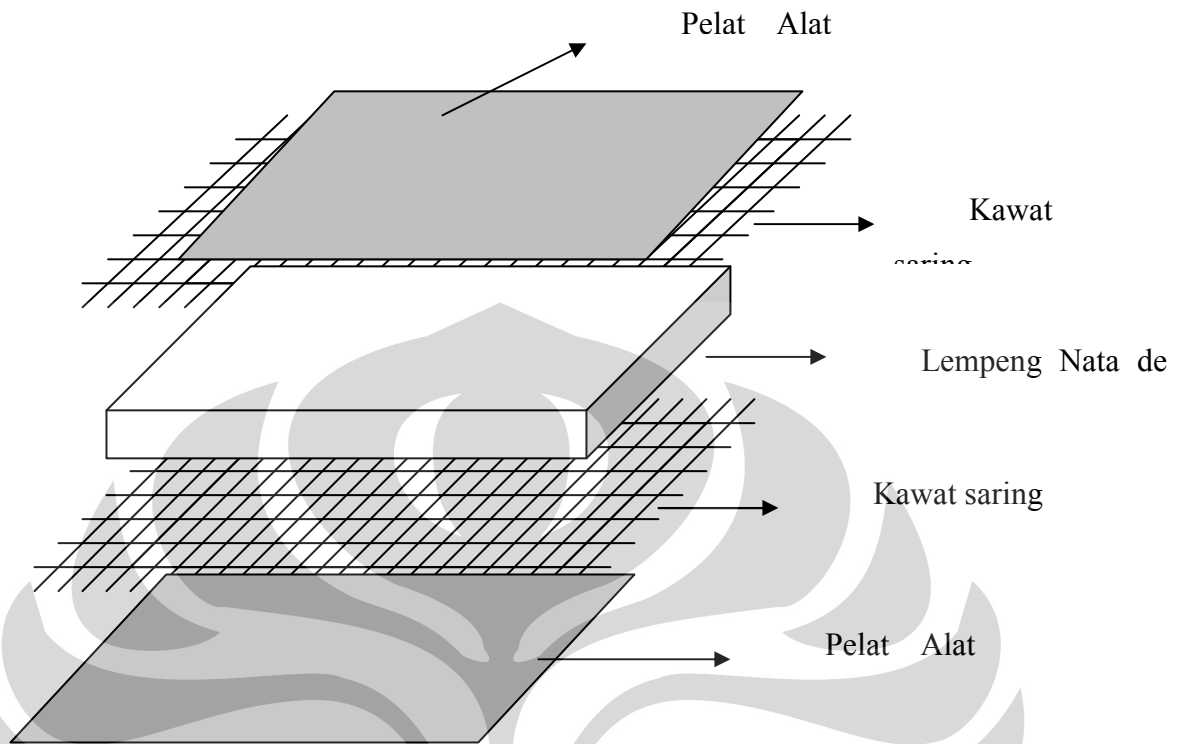
Proses tekan *nata de coco*

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.

#### 2. Tekan Dingin

- Beban tekan = 10 Ton
- Temperatur = Suhu Kamar

Sebelum ditekan, pelat dan serat disusun terlebih dahulu seperti Gambar 3.18 dan 3.19. hal ini dilakukan agar proses pengeluaran air dari dalam serat basah dapat berjalan dengan baik. Ukuran pelat dan kawat saring adalah 30 x 30 cm.



**Gambar 3. 18 Susunan Pelat untuk Tekan Dingin Pembuatan Lembaran Serat Nata De Coco**

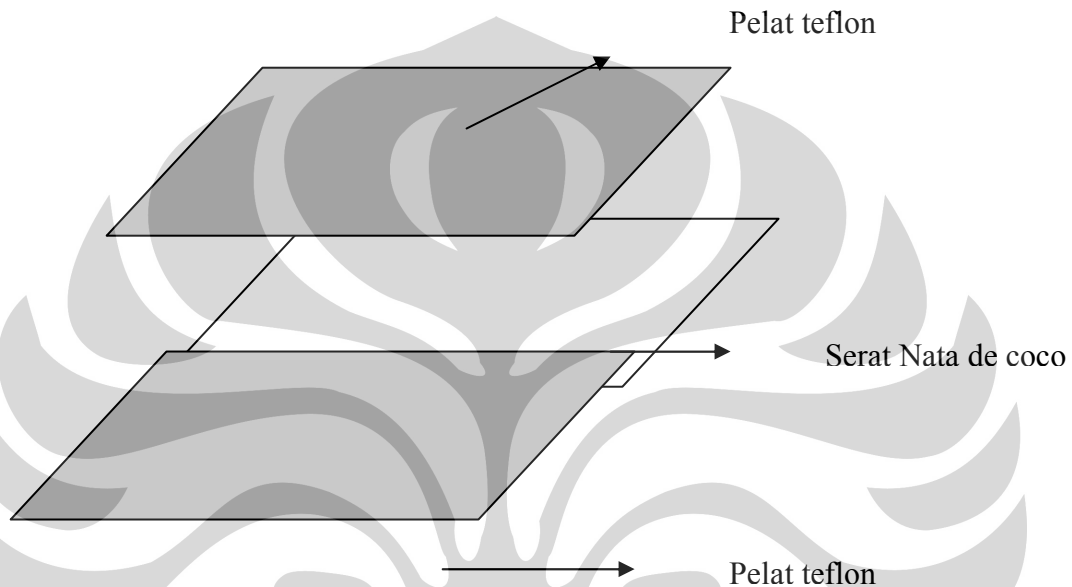


**Gambar 3. 19 Proses Penyusunan Pelat**



## 2. Tekan Panas (*Hot Press*)

pada proses ini, serat nata de coco basah yang telah ditekan dingin ditekan kembali dengan alat tekan panas. Dengan kondisi operasi sesuai dengan hasil optimasi alat tekan panas yang didapat pada prosedur sebelumnya. Penyusunan pelat pada alat ini dapat dilihat pada Gambar 3.20 dan 3.21 berikut.



**Gambar 3. 20 Susunan Pelat untuk Tekan Panas Pembuatan Lembaran Serat Nata De Coco**



**Gambar 3. 21 Contoh Hasil Serat Nata De Coco Kering yang Didapat.**



### 3.3.5 Pembuatan Komposit

Proses Pembuatan Komposit Anti Peluru adalah:

- a. Menimbang serat untuk masing-masing pelat.
- b. Menimbang resin dan *hardener*.
- c. Melapisi pelat alas dengan *release agent*.
- d. Mencampurkan resin dengan *hardener*nya.
- e. Meletakkan lembar serat pertama diatas resin, lalu diroller, setelah itu dilapisi resin lalu lembaran serat lagi, diroller dan seterusnya hingga didapat jumlah lapisan yang diinginkan lalu lapisan ditutup dengan resin.
- f. Menempelkan pelat penutup pada lapisan komposit.
- g. Melakukan penekanan dengan alat pres sampai pada lapisan sudah tidak bisa ditekan lagi(sudah sangat kompak). Sehingga didapat ketebalan yang minimal.
- h. Mendinginkan komposit hingga mengeras selama kurang lebih 12 jam. Proses pengerasan ini dilaksanakan pada kondisi atmosfer.
- i. Kelebihan komposit pada bagian pinggir dipotong dengan menggunakan gerinda pemotong.

### 3.3.6 Prosedur Uji Tembak

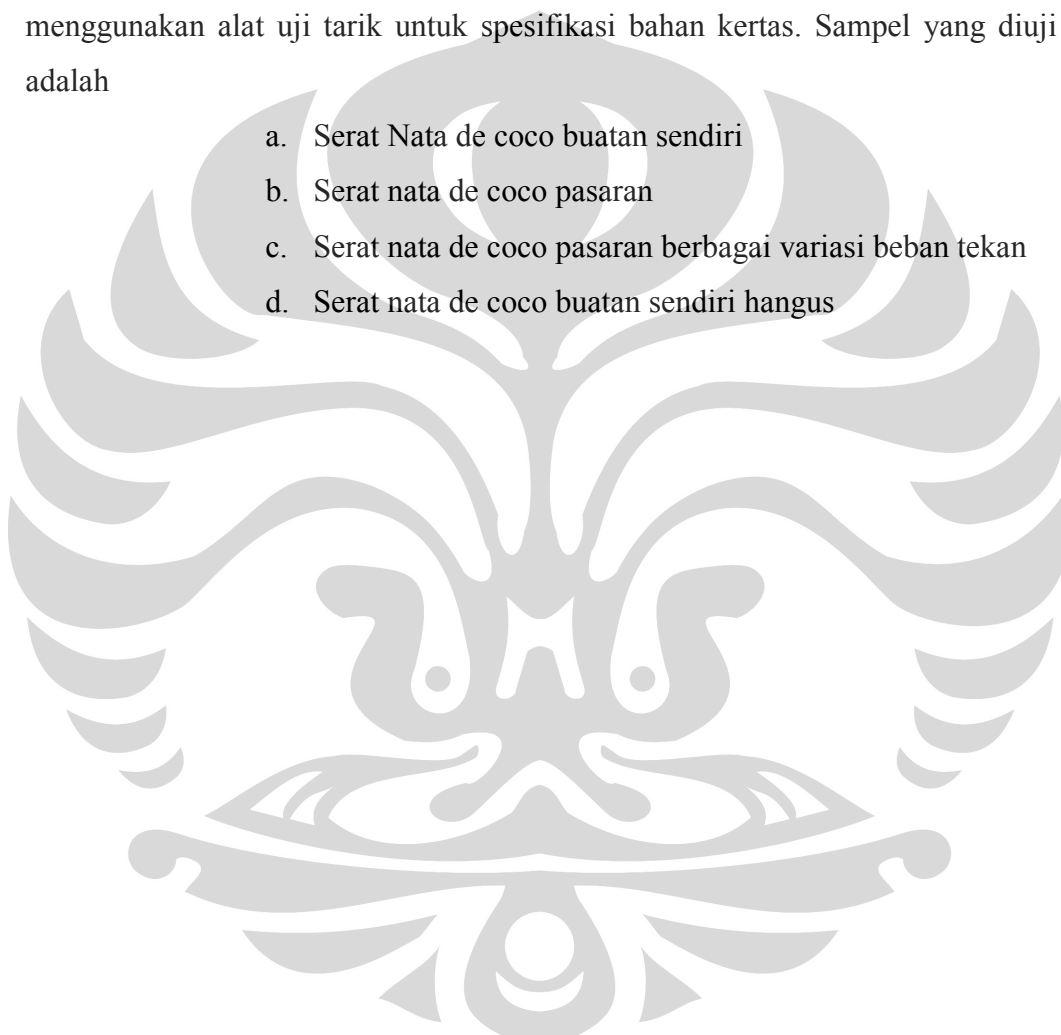
- a. memasukkan pelat kedalam kantung.
- b. Mengikat kantung di support *fixture*.
- c. Melakukan penembakan terhadap masing-masing pelat dari jarak 5 meter, dengan menggunakan senjata Pistol revolver. Penembakan dilakukan secara manual oleh penembak dari PT PINDAD.
- d. Penembakan dilakukan pada bagian depan pelat pada kondisi kering,dengan jumlah tembakan untuk masing-masing pelat sebanyak satu kali, yaitu dibagian tengah pelat

- e. Mengamati hasil penembakan, pelat komposit tertembus peluru atau tidak dan deformasi pelat yang terjadi.

### **3.3.7 Uji Tarik Bahan.**

Uji mekanis yang dilakukan adalah uji tarik yang dilakukan Dengan menggunakan alat uji tarik untuk spesifikasi bahan kertas. Sampel yang diuji tarik adalah

- a. Serat Nata de coco buatan sendiri
- b. Serat nata de coco pasaran
- c. Serat nata de coco pasaran berbagai variasi beban tekan
- d. Serat nata de coco buatan sendiri hangus



## BAB IV

### Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### 4.1 proses pembuatan nata de coco.

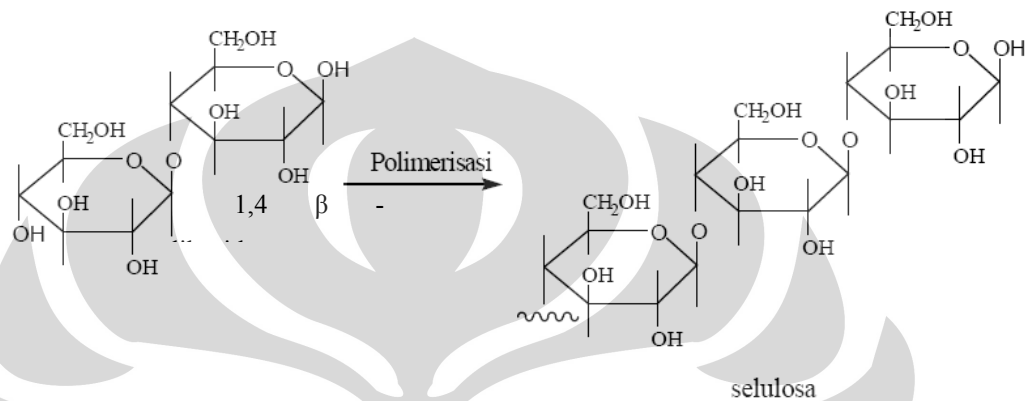
Penelitian ini dimulai dengan pembuatan nata de coco. Pembuatan *nata de coco* diawali dengan mencampurkan air kelapa, gula, ZA dan cuka. kemudian ditambahkan starter (bakteri *Acetobacter xylinum* dalam medium cair) setelah larutan didinginkan hingga mencapai suhu ruangan. Setelah masa fermentasi yang biasanya berlangsung selama 7 hari terbentuk gel pada permukaan media cairnya. Gel yang terbentuk ini disebut *pellicle*. Proses terbentuknya *pellicle* merupakan rangkaian aktifitas bakteri *Acetobacter xylinum* dengan nutrisi yang ada pada media cair. Karena *Acetobacter xylinum* adalah bakteri yang memproduksi selulosa, maka nutrisi yang berperan adalah nutrisi yang mengandung glukosa. Dalam penelitian ini nutrisi yang mengandung glukosa adalah air kelapa dan gula pasir. Pada gula pasir, glukosa terbentuk melalui reaksi hidrolisis sukrosa dengan air.



**Gambar 4. 1 Contoh Hasil Jadi Nata De Coco.**

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Bambang Piluharto[19] dari Jurusan Kimia FMIPA universitas Jember pada tahun 2003, glukosa yang berperan dalam pembentukan selulosa adalah glukosa dalam bentuk  $\beta$  sehingga semua glukosa yang

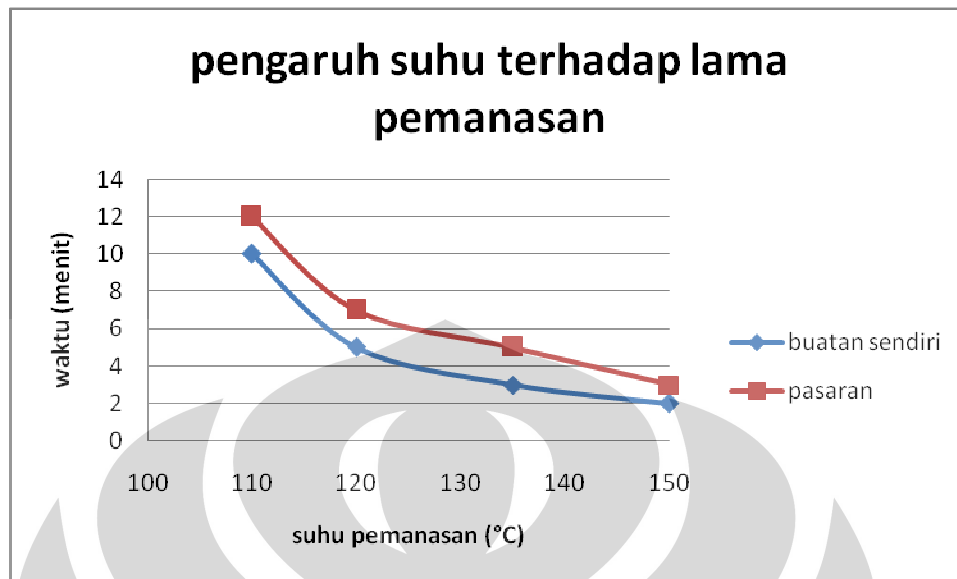
ada dalam bentuk  $\alpha$  akan diubah dalam bentuk  $\beta$  melalui enzim isomerase yang berada pada bakteri *Acetobacter xylinum*. Tahap berikutnya glukosa berikatan dengan glukosa yang lain melalui ikatan 1,4  $\beta$ -glikosida. Tahap terakhir adalah tahap polimerisasi yaitu pembentukan selulosa. Polimerisasi ini terjadi melalui enzim polimerisasi yang ada pada bakteri *Acetobacter xylinum*.



**Gambar 4. 2 Reaksi Polimerisasi Terbentuknya Selulosa[19]**

#### **4.2 optimasi kondisi operasi alat tekan panas**

Proses ini dilakukan untuk mendapatkan kondisi operasi yang tepat untuk membuat nata de coco yang kering. Penanda keringnya nata de coco yang diproses adalah warnanya yang putih, dan sudah tidak terasa basah ketika disentuh. Nata de coco yang belum kering masih terasa basah saat disentuh, sedang nata de coco yang mulai hangus warnanya mulai berubah menjadi kecoklatan dan nata de coco yang hangus warnanya coklat gelap. Pada percobaan pertama, ingin didapat suhu dan waktu pemanasan, dengan beban tekan yang tidak berubah yaitu 5 Ton. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut



**Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Suhu Dengan Waktu Pemanasan**

Hasil pengamatan dari proses ini dapat dilihat secara lengkap pada bagian lampiran, dari data yang didapat, terlihat pada suhu set point 100°C nata de coco tidak mengering, bahkan setelah diteruskan hingga 20 menit masih tidak terlihat adanya pengeringan. Hal ini berlaku untuk kedua jenis nata de coco yang digunakan. Hal ini mungkin terjadi karena suhu yang sampai pada nata de coco lebih rendah dari pada set point, karena panas yang lepas ke lingkungan, sehingga suhu lebih rendah dari pada 100°C yang merupakan titik didih air.

Pada suhu 110°C nata de coco buatan sendiri mulai mengering pada beberapa bagian di menit ke 5, sedangkan nata de coco pasaran baru mulai mengering pada menit ke 7. Nata de coco buatan sendiri kering di menit ke 10 sedangkan nata de coco pasaran kering dalam waktu 12 menit,

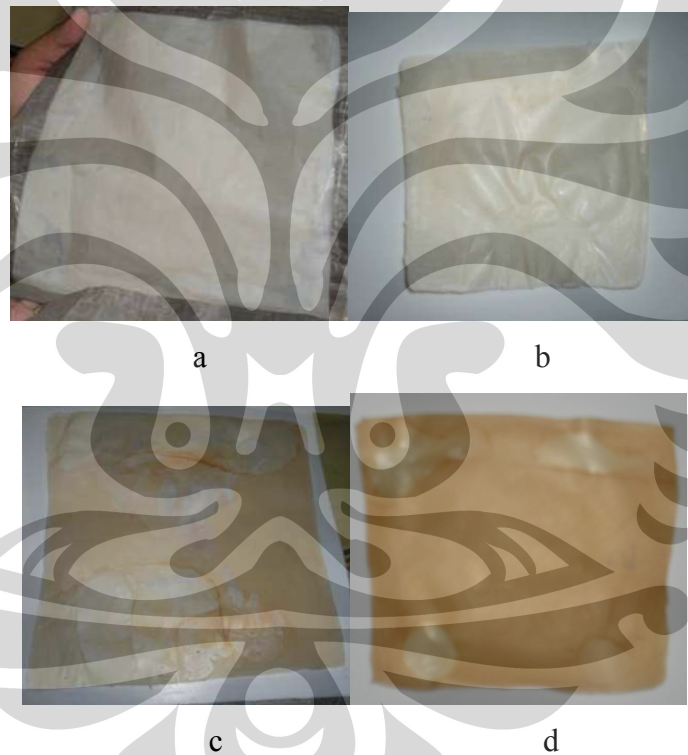
Pada suhu 120° C nata de coco buatan sendiri sudah kering pada menit ke 5, setengah waktu yang dibutuhkan pada suhu 110°C. sedangkan nata de coco pasaran membutuhkan waktu 7 menit untuk kering. Pada suhu 135°C nata de coco buatan sendiri kering dalam waktu 3 menit, tetapi beberapa bagian di tepi masih basah. Saat dicoba selama 5 menit, bagian tengah sudah mulai hangus, meskipun bagian tepinya

kering. Nata de coco yang pasaran kering pada menit ke lima, dengan hanya menyisakan sedikit bagian yang tidak kering di tepi-tepinya.

Pada suhu 150°C bagian tengah mengering dengan sangat cepat, sedangkan bagian-bagian pinggir belum mengering. Nata de coco pasaran sedikit lebih lama mengering, meskipun saat mengering bagian tengahnya sudah mulai hangus.

Terlihat bahwa proses pengeringan tidak berjalan seragam di sepanjang plat, mengakibatkan ada beberapa bagian yang kering lebih cepat di banding bagian-bagian lainnya. Hal ini dibuktikan dengan lokasi pengeringan yang sama pada setiap lembar nata de coco.

Contoh gambar serat nata de coco yang dihasilkan:



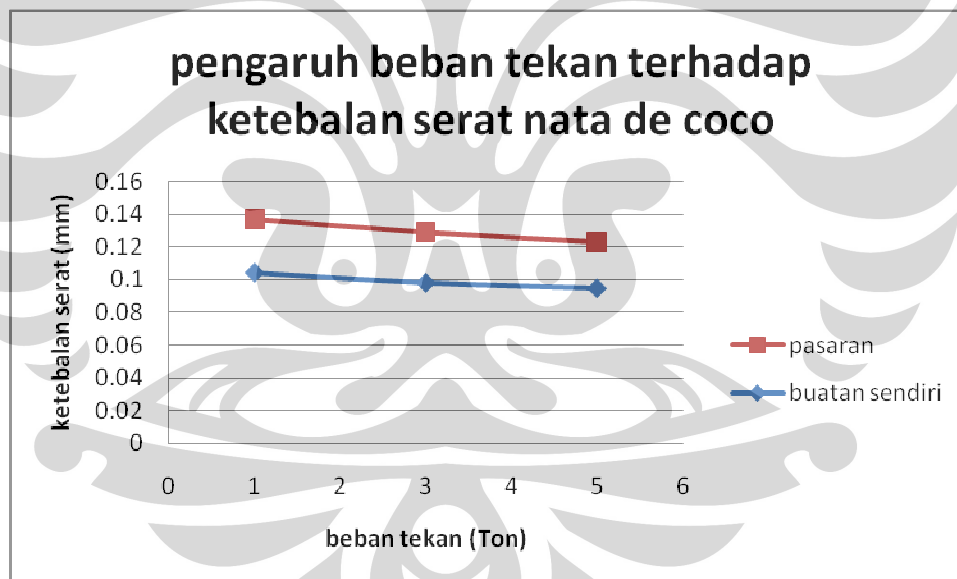
**Gambar 4. 4 Gambar Serat Basah(a), Kering(b), Mulai Hangus(c) dan Hangus(d)**

Hasil yang di cari dari proses pengeringan nata de coco ini adalah seperti yang terlihat pada Gambar 4.4 b yaitu serat yang mengering rataberwarna putih.

Dari hasil diatas, didapat kondisi yang optimal untuk mengeringkan nata de coco dengan alat press panas adalah dengan suhu 120 selama 5 menit untuk nata de coco yang di produksi sendiri sedangkan untuk nata de coco pasaran dengan suu 135 selama 5 menit dengan toleransi 10 detik.

Waktu tersebut dipilih karena nata yang dihasilkan pada kondisi tersebut sudah kering dan waktu yang diperlukan tidak terlalu lama. Pada suhu yang lebih rendah, waktu yang diperlukan dirasa terlalu lama sedangkan pada suhu yang lebih tinggi perbedaan waktu sedikit saja dapat mengakibatkan hangus pada beberapa bagian lembaran serat. Pengaruh hangus terhadap lembaran serat dapat dilihat pada bagian uji kekuatan

Setelah didapat suhu dan waktu, dicoba beberapa variasi beban tekan menggunakan beban sebesar 1, 3 dan 5 ton didapat hasil seperti pada Gambar 4.4 dibawah



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Perubahan Beban Tekan Panas

Terlihat bahwa penambahan beban tekan pada saat pemanasan membuat lembaran serat nata de coco lebih tipis, meskipun perbedaannya hanya sedikit. hal ini disebabkan oleh serat yang lebih padat karena diberi tekanan yang lebih tinggi. kaitannya dengan kekuatan bahan akan dibahas pada bagian uji tarik.

Dari penelitian ini juga diketahui bahwa alat tekan panas ini memiliki beberapa kelemahan, yaitu:

1. panas yang tidak merata

Hal ini terlihat dari hasil pengeringan yang tidak merata, dimana pada saat beberapa bagian sudah kering, terdapat beberapa bagian lain yang masih basah. Hal ini bertambah parah pada suhu yang tinggi, dimana ada beberapa bagian yang hangus sementara ada juga bagian yang masih basah.

2. beban tekan maksimal yang rendah

Hal ini mengakibatkan penambahan beban tekan diatas 5 ton saat pemanasan tidak dimungkinkan, sehingga tidak diketahui sampai batas berapa penambahan beban tekan akan mempengaruhi kualitas nata de coco.

#### **4.3 Pembuatan sample serat nata de coco**

Dari data kondisi operasi yang sudah didapat sampel dari masing-masing nata de coco.



**Gambar 4. 6 Sample Nata Buatan Sendiri**



**Gambar 4. 7 Sample Nata Pasaran**



**Tabel 4. 1 Ketebalan Serat Mentah, Serat Setelah Press Dingin dan Setelah Kering. Nata De Coco Buatan Sendiri Pada Kondisi Optimum**

No	Tebal basah (cm)	Tebal tekan dingin (mm)	Tebal tekan panas (mm)
1	1.1	1.23	0.095
2	1.2	1.12	0.098
3	0.9	1.19	0.104
4	0.9	1.26	0.094
5	0.9	1.27	0.101
6	1.1	1.34	0.105
7	1.0	1.13	0.098

**Tabel 4. 2 Ketebalan Serat Mentah, Serat Setelah Press Dingin dan Setelah Kering Nata Pasaran Pada Kondisi Optimum.**

No	Tebal basah (cm)	Tebal tekan dingin (mm)	Tebal tekan panas (mm)
1	1.3	1.33	0.135
2	1.1	1.28	0.129
3	0.9	1.41	0.123
4	1.2	1.28	0.137
5	1.1	1.17	0.125
6	1.1	1.24	0.124
7	1.2	1.26	0.134

Dari data yang didapat, kita bisa melihat bahwa ketebalan saat basah atau saat sudah di tekan dingin tidak bisa digunakan untuk memperkirakan ketebalan serat keringnya. Juga terlihat serat dari nata de coco pasaran lebih tebal dibanding serat nata de coco

buatan sendiri, meskipun perbedaannya sangat kecil. perbedaan kekuatan tarik keduanya pun diuji dengan hasil dapat dilihat pada bagian analisa uji tarik.

Rata-rata setelah tekan panas nata de coco kehilangan 97% dari tebalnya.

#### 4.4 Uji tarik

Uji tarik dilakukan dengan ukuran sample 25cm x 1 cm dengan alat uji tarik dengan spesifikasi sample kertas. Dari uji tarik yang dilakukan didapat data sebagai berikut:

**Tabel 4. 3 Uji Tarik Sampel Pada Kondisi Optimum dan Hangus.**

No	Sampel	Tebal(mm)	Kekuatan tarik(MPa)
1	Buatan sendiri	0.104	4,99
2	Buatan sendiri	0.098	4,62
3	Buatan sendiri	0.095	4,44
4	Pasaran	0.137	6,36
5	Pasaran	0.129	6,52
6	Pasaran	0.123	6,36
7	Buatan sendiri, hangus	0.088	0.67

Dapat dilihat dari hasil uji sample bahwa nata de coco yang ada dipasaran memiliki nilai kuat tarik yang lebih tinggi dari pada nata de coco yang diproduksi sendiri. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kualitas atau kuantitas dari selulosa yang terbentuk saat proses pembentukan nata de coco. Nata de coco yang ada di pasaran memiliki selulosa yang lebih banyak atau lebih kuat ikatannya. Hal ini dapat dibuktikan bila dilakukan uji SEM atau TEM pada keduanya.

Terlihat juga perbedaan kekuatan antara bahan yang kering, dan hangus. Hasil uji tariknya sangat rendah, bahkan beberapa sample hangus tidak bisa diuji karena terlalu rapuh. Kemungkinan besar hal ini terjadi karena pada lembaran yang hangus,

banyak serat-serat selulosanya yang sudah terputus akibat panas. Sehingga kekuatan lembaran secara menyeluruh menjadi menurun.

**Tabel4. 4 Data Uji Tarik Dengan Variasi Beban Tekan**

No	Beban tekan (Ton)	Tebal serat nata de coco (mm)	Kekuatan Tarik (MPa)
1	1	0.137	5,29
2	3	0.129	5,61
3	5	0.123	6,36

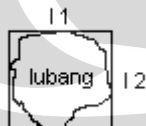
Hal ini terjadi, kemungkinan karena penambahan beban mengakibatkan kandungan air didalam nata de coco menjadi lebih tertekan, sehingga mencari cara untuk keluar, sehingga kandungan air lebih lancar keluar dari dalam serat. Akibatnya serat nata bagian luar tidak rusak karena panas secara langsung.

#### **4.5 Uji Tembak**

Dari hasil sampel yang dibuat, selain untuk uji kekuatan tarik, sampel juga di buat sebagai serat dalam bahan komposit anti peluru, untuk menguji kemampuan serat sebagai bahan anti peluru. Bahan komposit dibuat dengan jumlah lapisan nata de coco sebanyak 10, 20,30 dan 40 lapis serat. Uji tembak dilakukan di lapangan tembak milik PT.PINDAD, dengan hasil sebagai berikut:

**Tabel 4. 5 Hasil Uji Tembak**

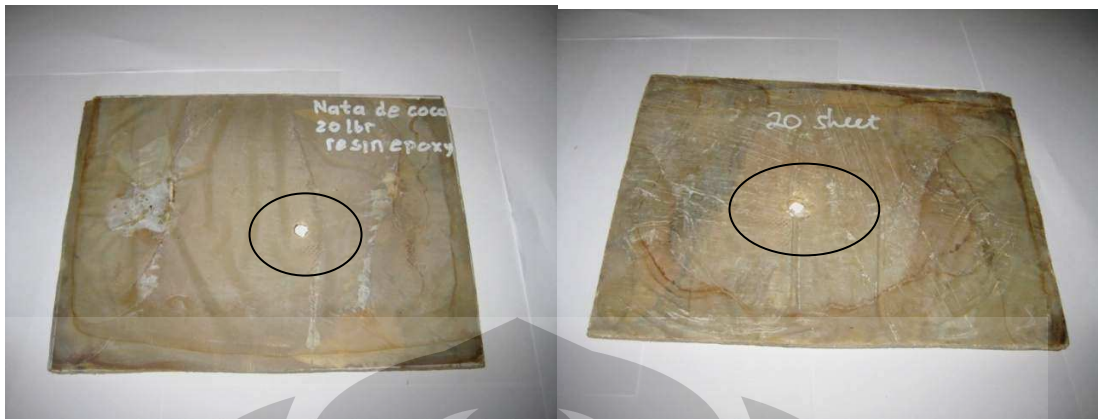
No	Sampel	Karakteristik	Hasil uji
1	Komposit nata de coco 10 lapis tanpa keramik	T=0.305 cm $\rho = 0.8 \text{ gr/cm}^3$	Tembus Luas lubang = 0.9 x 0.9
2	Komposit nata de coco 20 lapis tanpa keramik	T=0.384 cm $\rho = 1.328 \text{ gr/cm}^3$	Tembus Luas lubang = 0.9 x 0.95
3	Komposit nata de coco 30 lapis tanpa keramik	T=0.520 cm $\rho = 1.298 \text{ gr/cm}^3$	Tembus Luas lubang = 0.95 x 0.95
4	Komposit nata de coco 40 lapis tanpa keramik	T=0.760 cm $\rho = 1.193 \text{ gr/cm}^3$	Tembus Luas lubang = 1.2 x 0.9



- luas lubang = 11 x 12 (cm)
- Uji tembak level 1 menggunakan senjata jenis revolver buatan PT.PINDAD dengan diameter peluru 3,8 mm dari jarak 5 meter.



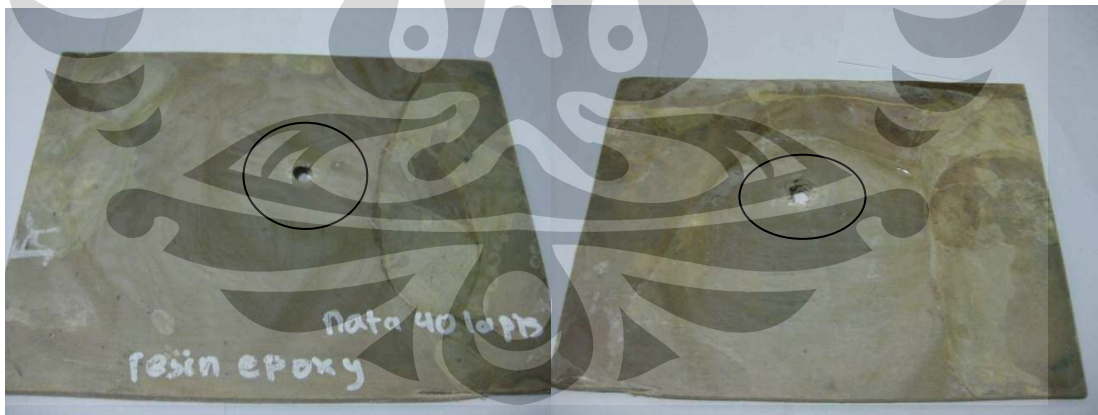
**10 Lapis Nata De Coco**



**20 Lapis Nata De Coco**



**30 Lapis Nata De Coco**

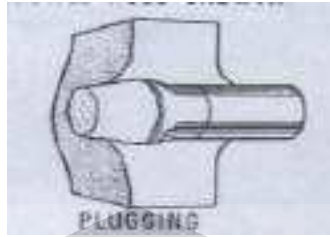


**40 Lapis Nata De Coco**

**Gambar 4. 8 Hasil Uji Tembak Level 1**

Dari hasil penembakan terlihat bahwa ketebalan hingga 40 lapis nata de coco belum bisa digunakan untuk menahan peluru senjata level 1. Pada semua sampel, kerusakan yang terjadi bertipe plug. Yaitu kerusakan yang diakibatkan peluru yang mendorong

bahan yang dilaluinya sehingga menimbulkan lubang dengan diameter yang tidak berbeda jauh dengan diameter peluru.



**Gambar 4. 9 Kerusakan Tipe Plug**

Kerusakan tipe ini biasanya hanya terjadi pada senjata level atas yang berkecepatan peluru tinggi, yang berarti daya tahan dari bahan jauh dibawah momentum yang dihasilkan peluru.

Hal tes tembak ini menunjukkan bahwa jumlah lapisan serat yang digunakan masih kurang mencukupi untuk menahan momentum dari peluru. Sehingga untuk dapat menahan peluru diperlukan jumlah lapisan yang lebih banyak lagi. Sayangnya pengujian mekanik untuk komposit belum dapat dilakukan karena sulitnya mencari alat uji yang sesuai untuk menguji tipe bahan seperti ini, sehingga belum bisa didapat data kekuatan dari masing-masing komposit.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari hasil yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan. Yaitu:

1. kondisi optimal proses pengeringan untuk mendapatkan serat nata de coco yang putih seragam dan kering dengan menggunakan alat tekan panas untuk nata de coco yang di produksi sendiri adalah pada suhu 120°C dengan waktu pemanasan selama 5 menit dengan beban tekan sebesar 5 ton.
2. kondisi optimal proses pengeringan untuk mendapatkan serat nata de coco yang putih seragam dan kering dengan menggunakan alat tekan panas untuk nata de coco yang ada di pasaran adalah pada suhu 135°C dengan waktu pemanasan selama 5 menit dengan beban tekan sebesar 5 ton.
3. Dari hasil uji tarik yang dilakukan, serat nata de coco yang dihasilkan oleh nata de coco pasaran lebih sesuai untuk menjadi kandidat serat bahan komposit anti peluru karena kekuatan tariknya yang lebih tinggi.
4. Dari hasil uji tembak yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa bahan komposit dengan serat nata de coco berjumlah 10,20,30 dan 40 lapisan masih belum bisa digunakan untuk menahan peluru level 1.

Saran:

1. mengadakan pembelajaran lebih lanjut dalam proses pembuatan nata de coco sehingga dapat menghasilkan serat yang sama atau lebih kuat dari pada nata de coco pasaran
2. mencari cara untuk mempercepat proses pembentukan nata de coco, karena waktu pembentukan selama 7-8 hari terlalu lama
3. mendesign ulang peralatan dengan elemen pemanas yang lebih merata sepanjang pelat pemanas

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Istiyadi, *Penelitian dan Pengembangan Plate Keramik Rompi Tahan Peluru untuk Mendukung Kepentingan Pertahanan Negara*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pertahanan, 2003.
- [2] Sudiarta, IM., *Pembuatan pelat Komposit Tahan Peluru Berbahan Dasar Serat Pisang Abacca*. Depok: Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2007.
- [3] Silalahi, Pendi. *Kinerja Komposit Berbahan Dasar Serat Pisang Abacca dan Resin Epoksi dengan Keramik untuk Panel Rompi Anti Peluru*. Depok: Tesis, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2008.
- [4] "Layar Monitor Dari Serat Nata De Coco". 13 Mei 2009.  
<<http://www.e-paper.unair.ac.id/entryfile/Prokarimah%20Mia.pdf>>.
- [5] R.A, Bobby. *Uji Fisik dan Mekanis Komposit Serat Nata de Coco Sebagai Wadah Makanan Sekali Pakai*. Depok: skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2009.
- [6] "Nata de coco". *Wikipedia Online Ensiklopedia*. 01 Februari 2009.  
<[http://id.wikipedia.org/wiki/Nata\\_de\\_coco](http://id.wikipedia.org/wiki/Nata_de_coco)>
- [7] Iguchi, M., S. Yamanaka, and A. Budhiono, "Review Bacterial Cellulose-a Masterpiece of Nature's Arts". *Journal Of Materias Science*, 2000. 24 Januari 2009.  
<http://www.springerlink.com/content/p0620lh2326v0774/fulltext.pdf>.
- [8] Steinbüchel, A., E.J. Vandamme, and S.D. Baets, *Biopolymers*. Germany: Wiley-VCH. 2002
- [9] Saputra, AH., *Diktat kuliah Komposit*. Depok: Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 2007
- [10] Gaylord, M.W. *Reinforced Plastics; Theory and Practice, 2 nd edition*. Massachusetts: Cahner Boks, 1974.



- [11] Rahady, S. *Pengaruh Temperatur dan Tekanan Pada Saat Curing Terhadap Sifat Mekanis Komposit*. Depok: Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia, 1993.
- [12] Panggabean, M., *Mekanisme Kerusakan Lelah Akibat Pembebanan Tarik-Tarik Dinamis Pada Komposit Gelas Poliester*. Depok: Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia, 1996
- [13] Brother, J. *Composite Applications Using Coir Fiber in Sri Lanka. Final Report: Project Number CFC/FIGHF/18FT*. Netherlands: 2009
- [14] Dupont, inc. "Product of Dupont" *Situs Resmi DuPont, International Corporation*. 18 mei 2008.  
<<http://www.DuPont.com>>
- [15] Hull, D. *An Introduction to Composite Material*. New York: University of Cambridge, 1981.
- [16] Reno, J dkk, *Selection And Application Guide To police Body Armor: NIJ Guide 100-98*. Washington DC: The National Institute of Justice national Law Enforcement and correction Technology Center, 1998.
- [17] Zukas, Jonas A. *Impact Dynamics*. New York: Wiley Interscience Publication, 1982.
- [18] Piluharto, Bambang. *Kajian Sifat Fisik Film Tipis Nata de coco Sebagai membran Ultrafiltrasi*. Jember: Jurusan Kimia MIPA Universitas Jember. 29 April 2009.  
<http://www.mipa.unej.ac.id/data/vol4no1/piluharto.pdf>

## LAMPIRAN

**Tabel 1. Hasil Pengamatan Optimasi Proses Pengeringan**

No.	Suhu pemanasan (°C)	Waktu pemanasan (menit)	Jenis nata de coco	Hasil serat nata de coco		
1	100	1	Buatan sendiri	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
			Pasaran	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
		3	Buatan sendiri	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
			Pasaran	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
		5	Buatan sendiri	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
			Pasaran	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
		7	Buatan sendiri	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
			Pasaran	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
		10	Buatan sendiri	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
			Pasaran	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
		Lain-lain	Buatan sendiri	Diteruskan hingga 20 menit tetap tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
			Pasaran	Diteruskan hingga 20 menit tetap tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
			110	1	Buatan sendiri	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco
					Pasaran	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco
3	Buatan sendiri			Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
	Pasaran			Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		
5	Buatan sendiri			Mulai mengering di beberapa bagian		
	Pasaran			Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco		

		7	Buatan sendiri	Mulai mengering di beberapa bagian
			Pasaran	Mulai mengering di beberapa bagian
		10	Buatan sendiri	Kering dengan beberapa bagian kecil masih mengandung air
			Pasaran	Mulai mengering
		Lain-lain	Buatan sendiri	-
			Pasaran	Kering dalam 12 menit
	120	1	Buatan sendiri	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco
			Pasaran	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco
		3	Buatan sendiri	Mulai mengering pada beberapa bagian
			Pasaran	Mulai mengering pada beberapa bagian
		5	Buatan sendiri	Kering dengan beberapa bagian kecil masih basah
			Pasaran	Mulai mengering pada beberapa bagian
		7	Buatan sendiri	Kering, beberapa bagian mulai hangus
			Pasaran	Kering
		10	Buatan sendiri	Hangus
			Pasaran	Mulai hangus
	135	1	Buatan sendiri	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco
			Pasaran	Tidak terlihat adanya perubahan pada lembaran nata de coco
		3	Buatan sendiri	Kering, beberapa bagian kecil masih basah
			Pasaran	Mulai kering
		5	Buatan sendiri	Kering, mulai hangus
			Pasaran	Kering
		7	Buatan sendiri	Hangus
			Pasaran	Mulai hangus
		10	Buatan sendiri	Hangus
			Pasaran	Hangus
	150	1	Buatan sendiri	Beberapa bagian kering, sebagian kecil hangus dan sebagian masih basah

		Pasaran	Beberapa bagian mengering.
	3	Buatan sendiri	Terdiri dari bagian kering dan hangus.
		Pasaran	Kering disertai hangus di beberapa bagian
	5	Buatan sendiri	Hangus
		Pasaran	Hangus
	7	Buatan sendiri	Hangus
		Pasaran	Hangus
	10	Buatan sendiri	Hangus
		Pasaran	Hangus

**Tabel 2 Data Ketebalan Nata Buatan Sendiri**

Beban tekan(ton)	Ketebalan nata de coco yang dihasilkan(mm)
1	0.094867
3	0.098233
5	0.104333

**Tabel 3 Data Ketebalan Nata Pasaran**

Beban tekan(ton)	Ketebalan nata de coco yang dihasilkan(mm)
1	0.137
3	0.129
5	0.123