

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

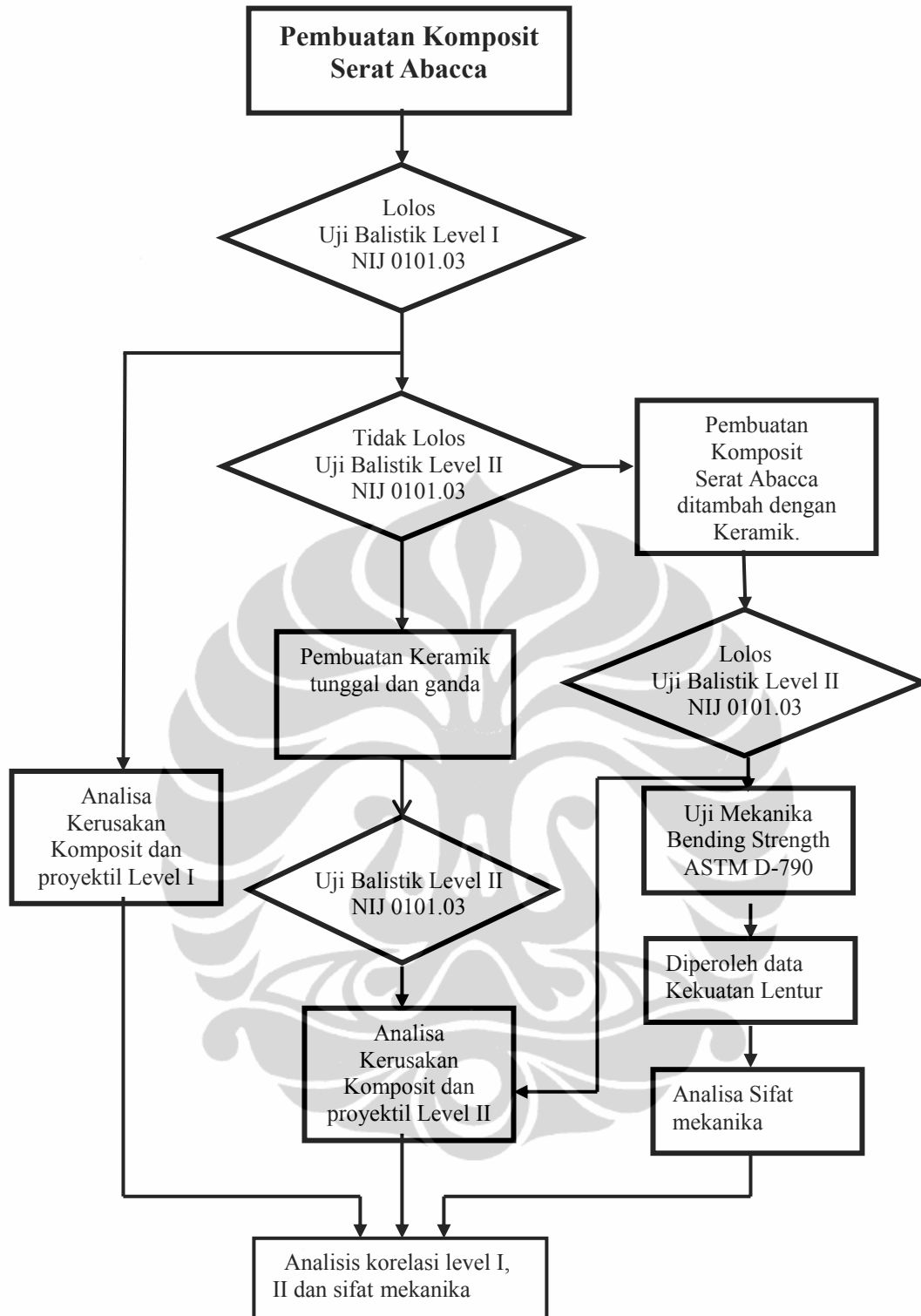
Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah dan sistematika penulisan tesis ini ini.

#### **3.1 RANCANGAN PENELITIAN.**

Dalam penelitian ini akan dilaksanakan beberapa tahapan penelitian, yaitu:

- A. Pembuatan Komposit Tahap I.** Komposit dibuat dengan memvariasikan lapisan serat abacca yang diharapkan dapat menahan terjangan peluru level I (revolver .38 special). Selanjutnya diuji balistik dengan senjata level I, dibuat analisis kerusakan komposit dari hasil uji balistik level I.
- B. Pembuatan Komposit Tahap II.** Jika komposit lolos dalam uji balistik level I, maka dilanjutkan dengan uji balistik level II. Jika komposit tersebut tidak dapat menahan terjangan peluru level II, maka dibuat komposit yang dikombinasikan dengan keramik sampai dapat menahan terjangan peluru level II. Sementara untuk perbandingan dibuat keramik tunggal dan keramik ganda diuji balistik level I untuk keramik tunggal dan uji balistik level II untuk keramik ganda.
- C. Uji Sifat Mekanika Komposit.** Jika komposit sudah dapat menahan terjangan peluru level II, kemudian dilanjutkan pembuatan sampel untuk menguji sifat mekanika dari komposit tersebut yaitu *bending strength* (uji kelenturan). Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan komposit dalam menahan beban maksimum. Dari data yang diperoleh dari uji kelenturan akan dianalisa sifat mekanika dari komposit tersebut.
- D. Analisis Hasil Uji level I, II, dan Sifat Mekanika Komposit.** Dari hasil uji balistik level I, II dan sifat mekanika komposit, maka dibuat analisis tentang korelasi dari ketiga hal tersebut. Bagaimana korelasi antara sifat mekanika komposit dengan kemampuan komosit untuk dapat menahan terjangan peluru level I dan II.

Rancangan penelitian ini secara keseluruhan dapat digambarkan dalam diagram alir dibawah ini:



**Gambar 3.1** Diagram alur penelitian

## 3.2 PERALATAN DAN BAHAN PENELITIAN

### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini terdiri dari bahan untuk pembuatan komposit, dan bahan untuk uji balistik. Bahan-bahan tersebut antara lain :

#### 1. Serat Pisang Abacca (*Musa textilis*)

Serat pisang abacca diperoleh dari Toko Ridaka, Pekalongan Jawa Tengah. Serat yang digunakan adalah serat yang didapat dari bagian batang pisang memiliki panjang antara 40 cm hingga 80 cm. Total massa serat yang dibutuhkan adalah sebanyak 9 kg. Serat dianyam terlebih dahulu, dimana fungsi serat ini sebagai *reinforcement* (penguat) pada pelat komposit tahan peluru.



**Gambar 3.2** Serat Pisang Abacca

#### 2. Keramik

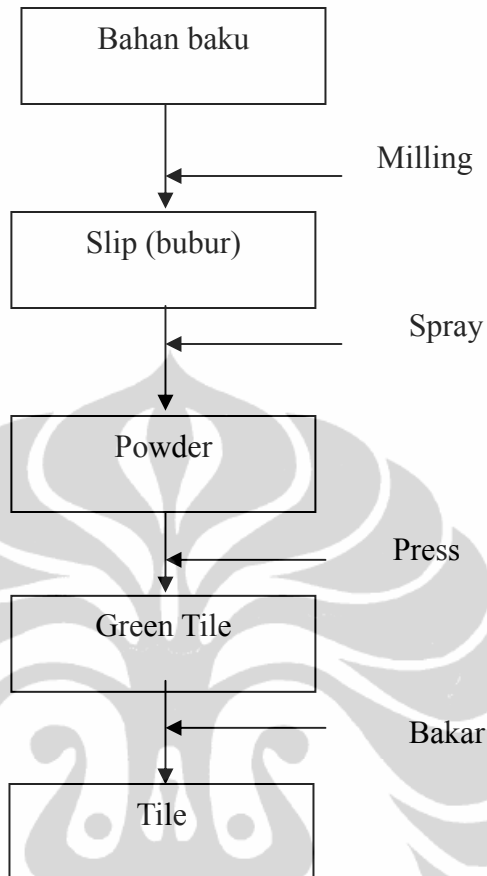
Keramik diperoleh dari PT Internusa Keramik Alamasih Industri di Tangerang yang berukuran 30 cm x 30 cm, dengan tebal 7 mm. Untuk pembuatan komposit keramik dipotong dengan ukuran 25 cm x 25 cm. Total keramik yang digunakan adalah 8 buah.



**Gambar 3.3** Keramik

Bahan baku keramik dalam penelitian ini dari komposisi terbesar hingga yang terkecil terdiri dari felspar, clay dan silika, kemudian ditambah dengan additif.

Dimana proses pembuatan keramik secara umum dapat dilihat dalam diagram alir berikut ini:



**Gambar 3.4** Diagram alur proses pembuatan keramik

Bahan baku dimilling dalam mesin hingga terbentuk slip (bubur), selanjutnya di spray untuk membentuk powder yang akan dipres untuk mendapatkan Green tile (Keramik mentah).

Tahapan selanjutnya adalah memasuk green tile kedalam :

- **Zona preheating** : dari green tile masuk loading sampai dengan temperatur 1140°C naik secara bertahap.
- **Zona firing**: dari temperatur 1140°C sampai dengan temperatur 1220°C dan turun ke temperatur 1160°C

➤ **Zona Cooling:** dari temperatur 1160°C sampai dengan 300°C (turun secara bertahap dengan menggunakan fan, dan suhu setelah di conveyor 70°C).

Setelah dilakukan *finishing*, didapatkan komposisi kimia keramik dari hasil akhir proses ini sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Komposisi kimia Keramik

No	Kimia	Komposisi (%)
1	SiO <sub>2</sub>	73,98
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,45
3	Na <sub>2</sub> O	4,46
4	K <sub>2</sub> O	0,62
5	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,40
6	CaO	0,45
7	MgO	0,64

Selanjutnya dilakukan uji mekanika terhadap keramik, yang hasilnya adalah seperti dalam tabel berikut ini:

**Tabel 3.2** Sifat mekanik Keramik

No	Jenis Uji	Aluminium Silika
1	Berat volume (gr/cm <sup>3</sup> )	± 2,385
2	Penyerapan air (%)	± 0,005
3	Susut bakar (%)	± 7,5
4	Kuat lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	550

### 3. Resin Epoksi

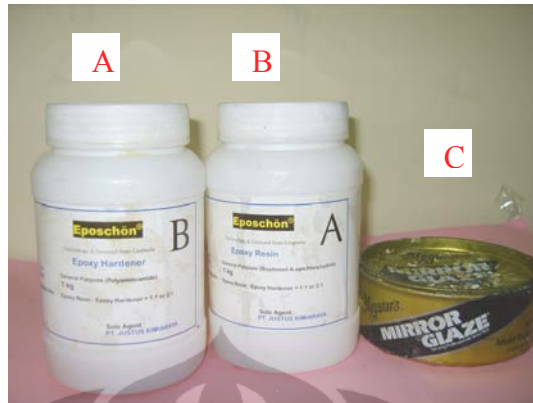
Resin epoksi yang digunakan adalah tipe epoksi berbasis bisphenol A. Resin ini bermerek Eposchon®, produksi Jerman, dan didistribusikan oleh PT Justus Kimia Raya. Resin epoksi berfungsi sebagai matriks bagi pelat komposit tahan peluru. Jumlah total massa resin yang diperlukan adalah 8 kg.

### 4. Hardener

*Hardener* berfungsi untuk mengerasakan resin epoksi melalui reaksi *curing*. Tipe *hardener* yang digunakan dalam penelitian ini adalah poliaminoamide bermerek Eposchon®, produksi Jerman, dan didistribusikan oleh PT Justus Kimia Raya. Massa *hardener* yang digunakan adalah sama dengan massa resin, yaitu sebesar 8 kg, karena digunakan perbandingan 1:1 antara resin dengan *hardener*nya.

### 5. Mirror Glaze

*Mirror glaze* berfungsi sebagai *release agent* pada pembuatan komposit. *Mirror glazes* yang digunakan bermerek Meguiars, didistribusikan oleh PT Justus Kimia Raya. Berikut ini adalah gambar dari resin, *hardener*, dan mirror glaze yang digunakan dalam penelitian ini.



**Gambar 3.5** (A) Epoksi *Hardener*, (B) Resin Epoksi, (C) *Mirror Glaze*

### 6. Peluru untuk revolver .38 spesial.

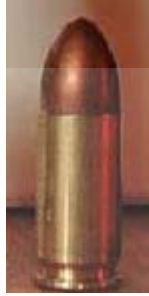
Peluru ini berjenis *round nose*, diproduksi oleh PT Perindustrian Angkatan Darat (PINDAD), dan digunakan untuk keperluan uji balistik. Peluru ini memiliki massa 10.25 gr, diameter 9.09 mm, dan kecepatan awal,  $V_0$  sebesar 275.5 m/sec.



**Gambar 3.6** Peluru Round Nose Revolver .38 Special

### 7. Peluru untuk pistol 9 mm

Peluru ini diproduksi oleh PT Perindustrian Angkatan Darat (PINDAD), dan digunakan untuk keperluan uji balistik. Peluru ini memiliki massa 8 gr, berjaket timah tembaga, diameter 9.02 mm, dan kecepatan awal,  $V_0$  sebesar 380 m/sec [26].



**Gambar 3.7** Peluru Pistol 9 mm

#### 8. Lilin

Lilin digunakan untuk menopang spesimen ketika dilakukan uji balistik, dan juga untuk mengetahui tingkat penetrasi yang terjadi pada pelat komposit tahan peluru. Lilin yang digunakan untuk penelitian ini sudah disediakan oleh PT Pindad, setebal 5 cm.



**Gambar 3.8** Lilin

### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari peralatan pembuatan komposit, peralatan untuk pengujian balistik dan peralatan untuk analisa.

#### A. Peralatan Pembuatan Komposit Tahan Peluru

Peralatan pembuatan komposit tahan peluru terdiri dari :

##### 1. Kuas

Kuas berfungsi untuk mengolesi mirror glaze pada cetakan dan untuk mengolesi serat dengan resin. Kuas digunakan berukuran 0,5 in dan 1 in.

## 2. Roller

*Roller* berfungsi untuk meratakan lapisan resin yang telah dioles pada serat, dan juga untuk mengeluarkan udara yang terperangkap pada lapisan serat dan resin.



**Gambar 3.9** Roller

## 3. Cetakan alumunium (loyang)

Cetakan yang digunakan adalah cetakan dari bahan alumunium yang digunakan untuk pembuatan kue. Ukuran cetakan untuk pembuatan komposit adalah 26 cm x 26 cm x 4 cm, sedangkan untuk pembuatan sampel uji mekanika dengan ukuran 5 cm x 24 cm x 4cm. Cetakan ini terbuat dari pelat alumunium dengan ketebalan 0,2 mm.

## 4. Timbangan

Timbangan yang digunakan untuk menimbang bahan-bahan adalah timbangan milik laboratorium energi merek Electronic Balance Lutron GM-300P dengan pengukuran maksimum sebesar 300 gram, dan ketelitian 0,01 gr. Sedangkan timbangan untuk mengukur massa komposit yang sudah jadi adalah timbangan milik laboratorium Dasar Proses dan Operasi merek AND SK-10K, dengan kemampuan pengukuran maksimum hingga 10 kg dan ketelitian 0,005 kg.

## 5. Alat Pres

Alat pres yang digunakan adalah hand pres merek Leybold LH buatan German milik Laboratorium Preparasi Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Fisika dengan kapasitas 150 N.





**Gambar 3.10** Alat Pres Leybold

6. Wadah untuk mencampur resin dengan *hardener*nya
7. Sendok, untuk mengambil resin dan *hardener*, juga untuk mengaduk campuran resin dan *hardener*nya.
8. Peralatan lainnya, seperti gunting, tang, kape, obeng, dll.



**Gambar 3.11** Peralatan Lain-lain

9. Peralatan Menganyam, yang terbuat dari bingkai kayu persegi yang masing-masing ujungnya dipasangi paku berjarak 0.5 cm pada sisi horisontalnya .



**Gambar 3.12** Peralatan Menganyam

## B. Peralatan Uji Balistik

### 1. Senjata Test

Senjata test yang digunakan adalah revolver tipe .38 spesial dan pistol 9 mm tipe P2 V3. Kedua senjata ini diproduksi oleh PT PINDAD. Senjata revolver 38 spesial adalah senjata yang paling umum digunakan oleh polisi. Kaliber senjata ini berukuran 0,357 in (9,0678 mm).



**Gambar 3.13** Revolver .38 Special



**Gambar 3.14** Pistol 9 mm

### 2. *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.



**Gambar 3.15** *Support Fixture*

### C. Peralatan Analisa

Dalam analisa kerusakan material komposit digunakan dengan cara fisual dengan menggunakan alat sebagai berikut:

#### 1. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter kawah yang terbentuk akibat tembakan. Jangka sorong yang digunakan diproduksi oleh Schleiper, Jerman, dengan batas pengukuran maksimum 13 cm, dan akurasi 0,01cm.

#### 2. Mistar

Mistar digunakan untuk mengukur dimensi panjang dan lebar pelat komposit, serta untuk melakukan pengukuran lainnya yang tidak memerlukan akurasi terlalu tinggi.

#### 3. Mikrometer Skrup

Mikrometer skrup digunakan untuk mengukur ketebalan pelat komposit tahan peluru. Mikrometer skrup yang digunakan berseri 303, produksi Japan Micrometer MFG Co, Ltd. Batas pengukuran maksimumnya sebesar 25 mm, dengan akurasi 0,01 mm.

### **3.3 TEMPAT PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### 1. Tempat Pembuatan Pelat Komposit

Pembuatan pelat komposit dilaksanakan di belakang jurusan Teknik Kimia, laboratorium Proses Operasi Teknik, dan Laboratorium Energi, yang

seluruhnya terletak di Gedung B lantai 1, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

#### 2. Tempat Pengujian Balistik

Pengujian Balistik dilakukan di area pengujian milik PT Perindustrian Angkatan Darat (PINDAD), Bandung.

#### 3. Tempat Pengujian Mekanika

Pengujian mekanika kekuatan lentur (*bending strength*), dilakukan di laboratorium PT Internusa Keramik Alamasih Industri di Tangerang.

#### 4. Tempat Analisa

Analisa dilakukan di Laboratorium Energi Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

### 3.4 PROSEDUR PENELITIAN PEMBUATAN KOMPOSIT TAHAP I

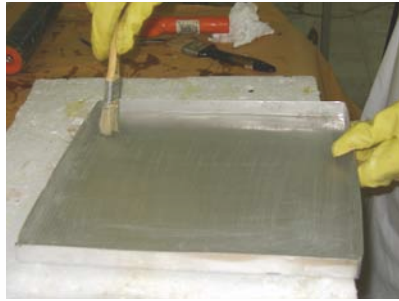
Prosedur penelitian yang akan dilakukan terbagi dalam enam tahapan, yaitu :

#### 1. Pembuatan Pelat Komposit Tahan Peluru Tahap I

Proses pembuatan komposit tahan peluru yang dipilih adalah *hand lay up* (wet processing). Keuntungan proses ini adalah prosesnya yang murah dan sederhana, sehingga tidak membutuhkan peralatan yang kompleks. Disamping itu, proses ini juga sangat sesuai dengan bentuk *reinforcement* yang sudah berbentuk anyaman. Pada proses ini dilakukan variasi jumlah lapisan anyaman serat, yaitu sebanyak 5 lapis, 7 lapis dan 9 lapis. Pelat komposit yang dibuat diharapkan dapat menjadi pelat komposit tahan peluru tipe I (peluru pistol .38 mm) dan level II (peluru pistol 9 mm). Tahapan pembuatan pelat komposit tahan peluru adalah sebagai berikut :

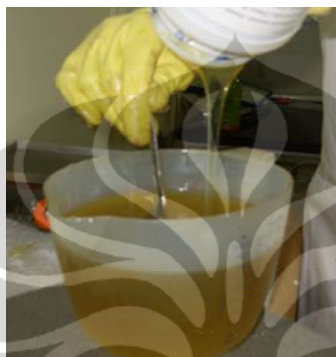
- Memisahkan serat pisang abacca menjadi bagian-bagian dengan jumlah serat kira-kira 37 helai (diameter setelah dipilin kurang lebih 1 mm)
- Menganyam serat pisang abacca dengan ukuran 25 cm x 25 cm. Proses penganyaman diawali dengan memasang serat vertikal dengan jarak 0,5 cm pada *frame* peralatan menganyam. Serat horisontal kemudian dianyam dengan jarak antar serat yang cukup rapat.
- Merapikan anyaman, antara lain memotong kelebihan serat di bagian tepi anyaman dan meratakan permukaan anyaman.
- Menyiapkan alat dan bahan untuk membuat pelat komposit

- Menimbang serat untuk masing-masing pelat.
- Menimbang resin dan *hardener*
- Melapisi cetakan aluminium dengan *release agent*



**Gambar 3.16** Proses Pelapisan Cetakan dengan Release Agent

- Mencampurkan resin dengan *hardener*nya



**Gambar 3.17** Proses Pencampuran Resin dengan *Hardener*



**Gambar 3.18a** Lapisan Resin Pertama

- Meletakkan anyaman pertama di atas resin, lalu *diroller*, kemudian dilapisi resin, serat, *diroller*, dan seterusnya, hingga mencapai jumlah lapisan yang dikehendaki. Lapisan ditutup dengan resin.



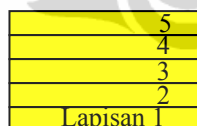
**Gambar 3.18b** Lapisan Serat Pertama

- Lakukan pres terhadap terhadap komposit dengan gaya yang diberikan 5 kN selama 30 menit.
  - Komposit didiamkan hingga mengeras selama kurang lebih 12 jam. Proses pengerasan dilakukan pada suhu dan tekanan ruang.
- Melakukan penimbangan terhadap pelat komposit yang sudah jadi, dan melakukan perhitungan fraksi berat dan fraksi volume dari masing-masing
- Memotong kelebihan resin di bagian pinggir serat, dengan menggunakan gerenda pemotong.

Pada pembuatan komposit tahap I ini dilakukan variasi terhadap jumlah lapisan anyaman serat pisang abacca, yaitu sebanyak lima lapis, tujuh lapis, dan sembilan lapis, dan sudut orientasi anyaman adalah  $0^\circ$  dan  $90^\circ$ . Dengan kata lain, pada tahap ini dibutuhkan sebanyak 21 lapisan serat abacca.

Konfigurasi anyaman serat abacca dalam tahap pertama ini adalah sebagai berikut :

*A. Komposit dengan lima lapis abacca disebut AB5.*



**Gambar 3.19** Konfigurasi anyaman lima lapis

B. Komposit dengan tujuh lapis abacca disebut AB7 :

7
6
5
4
3
2
Lapisan I

**Gambar 3.20** Konfigurasi anyaman tujuh lapis

C. Komposit dengan sembilan lapis abacca disebut AB9 :

9
8
7
6
5
4
3
2
Lapisan I

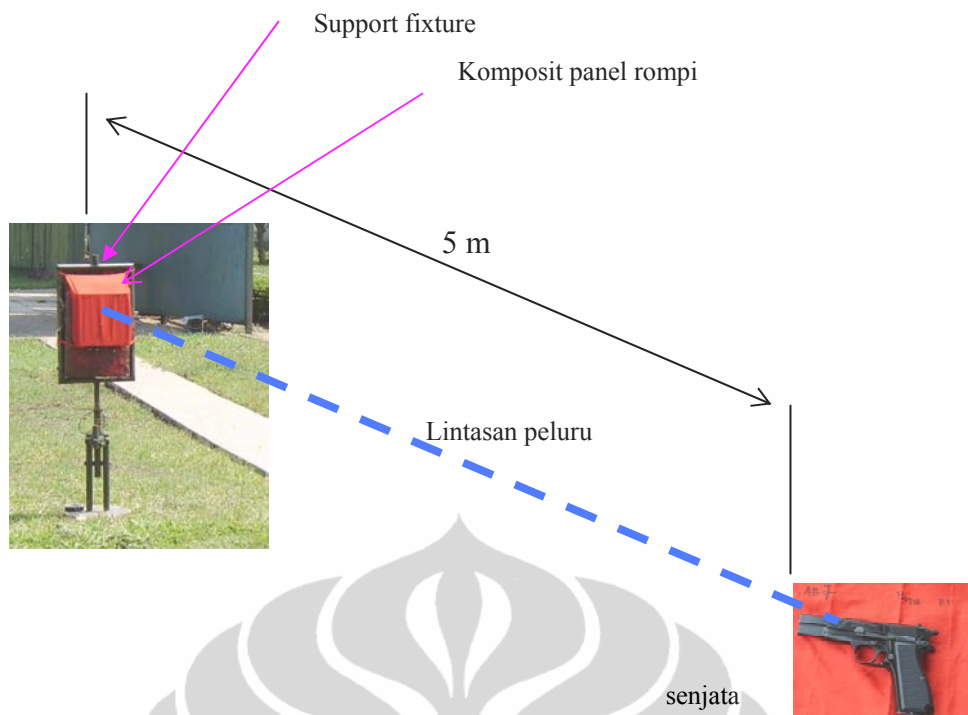
**Gambar 3.21** Konfigurasi anyaman sembilan lapis

### 3.5 PROSEDUR UJI BALISTIK TAHAP I

Uji balistik dilaksanakan di lapangan tembak PT PINDAD Bandung. Dalam tahapan ini tidak digunakan alat untuk menghitung kecepatan peluru seperti dalam standar NIJ 0101.03, namun kecepatan peluru diambil dari data uji kecepatan peluru sebelumnya, dengan mengasumsikan bahwa semua kecepatan peluru sama untuk tipe peluru yang sama. Kecepatan peluru dari mulut laras hingga mengenai target diasumsikan sama karena penembakan dilakukan dalam ruangan tertutup, tidak terpengaruh oleh angin. Tahapan uji balistik adalah sebagai berikut :

- Memasukkan pelat ke dalam kantung.
- Mengikat kantung di *support fixture*.
- Melakukan penembakan terhadap masing-masing pelat dari jarak 5 meter, dengan menggunakan senjata revolver 38 special dan Pistol 9mm. Penembakan dilakukan manual oleh penembak dari PT. PINDAD, seperti pada gambar dibawah ini.





**Gambar 3.22** Sketsa Proses Penembakan

- Penembakan dilakukan pada bagian depan pelat pada kondisi kering, dengan jumlah tembakan untuk masing-masing pelat sebanyak dua kali, yaitu di bagian tengah dan tepi.
- Mengamati hasil penembakan, apakah pelat komposit tertembus peluru atau tidak. Pelat yang tidak tertembus peluru dianggap sebagai pelat yang berhasil.
- Mengamati dan mengukur besarnya kawah yang terbentuk pada lilin di *support fixture* secara visual, dan mengamati bentuk peluru yang terdeformasi.

### 3.6 PROSEDUR PEMBUATAN KOMPOSIT TAHAP II

Karena hasil uji balistik tahap pertama belum dapat menahan peluru level II, maka dilakukan pembuatan komposit tahap kedua. Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan pada pembuatan komposit tahap II ini, sama dengan prosedur pembuatan komposit pada tahap I, namun perbedaannya adalah, dalam tahap ini dibuat model sebagai berikut:



Komposit ini dibuat dengan menambahkan keramik pada pola lapisan serat abacca sebelumnya, disamping itu, juga akan dibuat keramik tunggal, dan keramik ganda, untuk mengetahui sejauh mana kinerja keramik bila tidak dipadukan dengan komposit yang terdiri dari serat abacca

A. Keramik tunggal selanjutnya disebut CR1



**Gambar 3.23** Keramik tunggal

B. Keramik ganda selanjutnya disebut CR2



**Gambar 3.24** Keramik ganda

C. Komposit dengan lima lapis abacca kombinasi satu keramik selanjutnya disebut CAB5 :



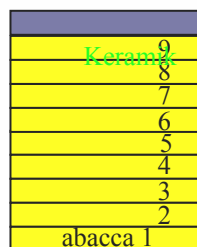
**Gambar 3.25** Konfigurasi anyaman lima lapis abacca kombinasi satu keramik

D. Komposit dengan tujuh lapis abacca kombinasi satu keramik selanjutnya disebut CAB7:



**Gambar 3.26** Konfigurasi anyaman tujuh lapis abacca kombinasi satu keramik

E. Komposit dengan sembilan lapis abacca kombinasi satu keramik selanjutnya disebut CAB9:



**Gambar 3.27** Konfigurasi anyaman sembilan lapis abacca kombinasi satu keramik

- Keramik diletakkan diatas lapisan akhir dari serat abacca.
- Dilakukan pres terhadap komposit
- Komposit didiamkan hingga mengeras selama kurang lebih 12 jam. Proses pengerasan dilakukan pada suhu dan tekanan ruang.
- Memotong kelebihan resin di bagian pinggir serat, dengan menggunakan gerenda pemotong.
- Melakukan penimbangan terhadap pelat komposit yang sudah jadi, dan melakukan perhitungan fraksi berat dan fraksi volume dari masing-masing

### 3.7 PROSEDUR UJI BALISTIK TAHAP II

Uji balistik tahap II dilaksanakan di lapangan tembak PT PINDAD Bandung. Dalam tahapan ini senjata yang digunakan adalah Pistol sebagai senjata standar uji untuk level II. Prosedur dan sistem penembakannya adalah sama dengan pengujian pada uji balistik tahap I.

### 3.8 UJI KELENTURAN

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kelenturan bahan komposit terhadap beban lentur akibat pembengkokan. Pengujian kelenturan merupakan pengujian mekanis statis dengan benda uji ditumpu pada kedua ujungnya. Pengujian metode pembuatan bentuk dan dimensi benda uji disesuaikan dengan standard ASTM D-790 [27], dalam penelitian ini digunakan alat seperti Gambar 3.28 berikut:

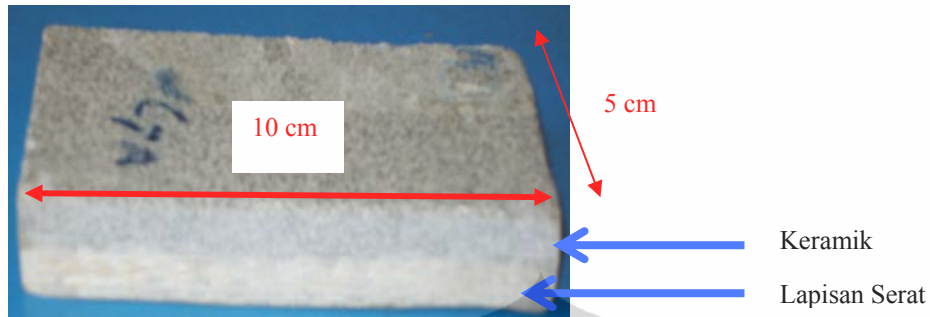


**Gambar 3.28** Bending Strength Ceramic Instrument s.r.l

Peralatan yang dipakai pada uji ini adalah:

1. Bending Strength Ceramic Instrument s.r.l
2. Recorder Strumento MOD.MOR/3E
3. Skala pembebanan 0-800 kg
4. Skala lebar penyangga 8,13,18,23,28,31,38,48,54 mm.

Ukuran benda uji adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.29** Bentuk dan ukuran sampel

Benda uji ditumpu pada kedua ujungnya dengan penumpu berbentuk rol yang disebut span. Jarak antara kedua span ini tertentu  $L$  (mm). Pembebanan dikenakan ditengah jarak antara dua span dengan kecepatan cross head tetap. Pembebanan (tekanan) akan menyebabkan benda uji mengalami tegangan tarik dan tegangan tekan yang dibatasi oleh garis netral melalui titik berat penampang benda uji.

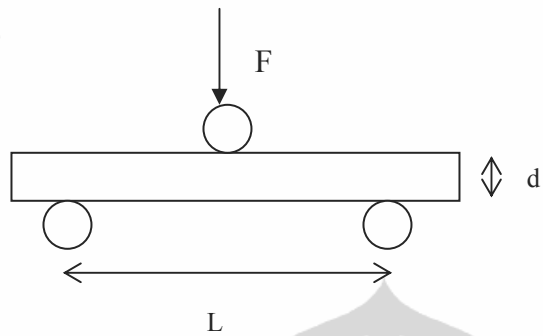


**Gambar 3.30** Pengujian sampel

Pengujian kekuatan lentur Ultimate Flexural Strength (UFS) dapat menentukan kekuatan lentur maksimum bahan komposit. Besarnya kekuatan lentur maksimum komposit mengikuti persamaan:

$$UFS = \frac{3FL}{2bd^2}$$

Pengujian dapat digambarkan seperti pada Gambar 3.31 berikut ini



**Gambar 3.31** Uji Bending