

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

Bab ini berisi hasil dari pembuatan pelat komposit, pengujian balistik, pengujian mekanis, serta beberapa analisa yang berkaitan dengan hasil tersebut.

4.1 PELAT KOMPOSIT TAHAP I

Setelah komposit selesai dibuat, kemudian dilakukan perhitungan berat jenis pelat, fraksi massa dan fraksi volume dari serat dan resin (Tabel 4.1). Perhitungan ini dilakukan setelah pelat komposit selesai dibuat, tidak dilakukan perencanaan dari awal mengenai berapa fraksi komponen penyusunnya. Hal ini karena penggunaan komponen serat yang berupa anyaman, yang menyulitkan pendistribusian resin. Jika massa serat dan resin ditentukan dari awal, akan terjadi distribusi resin yang tidak merata terutama pada bagian atas pelat (lapisan terakhir) saat pengepresan dilakukan.

Hal ini terjadi pada pembuatan semua pelat komposit dengan lima, tujuh dan sembilan lapisan serat anyaman. Pada lapisan teratas banyak bagian serat yang tidak tertutupi resin. Pada lapisan terbawah juga terdapat *void* yang cukup besar. Pada pembuatan komposit dengan tujuh dan sembilan lapis anyaman, diberikan resin yang cukup banyak pada dasar cetakan untuk mencegah *void* yang terlalu besar. Dasar cetakan ini harus terlihat betul-betul basah oleh resin dan tidak terdapat lagi bagian-bagian yang kering. Selain itu, proses pengerjaan pun dilakukan di atas lantai yang permukaannya lebih datar (tidak miring), agar distribusi resin di bagian dasar ini menjadi lebih merata.

Tabel 4.1 Massa Bahan baku, Dimensi dan Fraksi Komposit Tahap I

Kode	Massa serat (gr)	Massa resin (gr)	Massa komposit (gr)	Panjang pelat (cm)	Lebar pelat (cm)	Tebal komposit (cm)	Volume komposit (cm ³)	Massa jenis komposit (gr/cm ³)	Fraksi massa (%)		Fraksi volume (%)	
									serat	resin	Serat	resin
AB5	133.97	595.23	729.2	25	25	1	625	1.16672	18.37	81.63	60.31	39.69
AB7	184.9	708.37	893.27	25	25	1.1	687.5	1.299302	20.69	79.31	52.62	47.38
AB9	204.17	795.29	999.46	25	25	1.3	812.5	1.230105	20.43	79.57	55.76	44.24

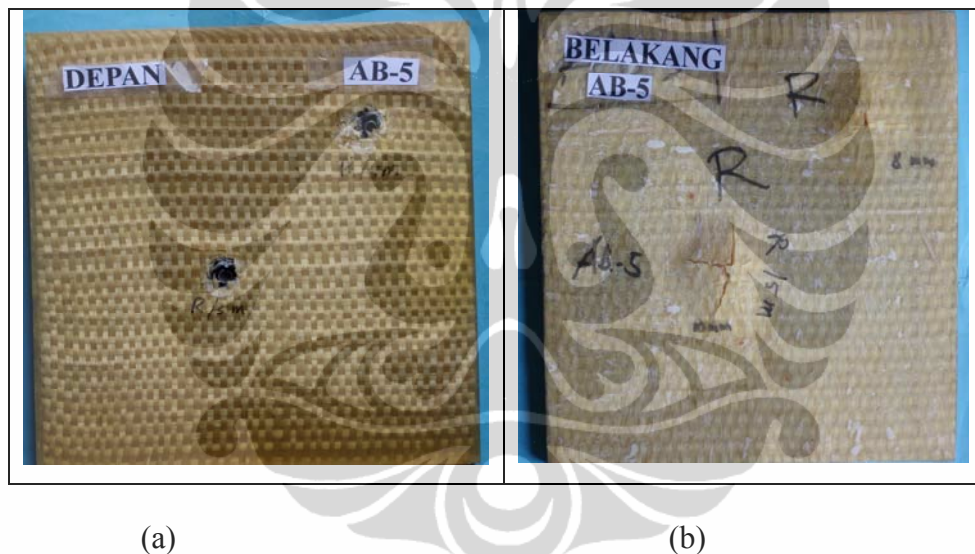
4.2 PENGUJIAN BALISTIK TAHAP I

Senjata yang digunakan adalah senjata tipe revolver .38 special dan juga pistol 9 mm. Kecepatan kedua senjata ini pada jarak 5 meter dari obyek masing-masing sebesar 275.5 m/s (903.871 ft/s) dan 390 m/s (1279.528 ft/s). Kecepatan ini dikategorikan sebagai kecepatan balistik karena berada di atas 243.84 m/s (800 ft/s). Proyektil yang digunakan adalah proyektil berujung tumpul, sehingga ukuran lubang yang ditimbulkan lebih besar daripada diameter proyektil.

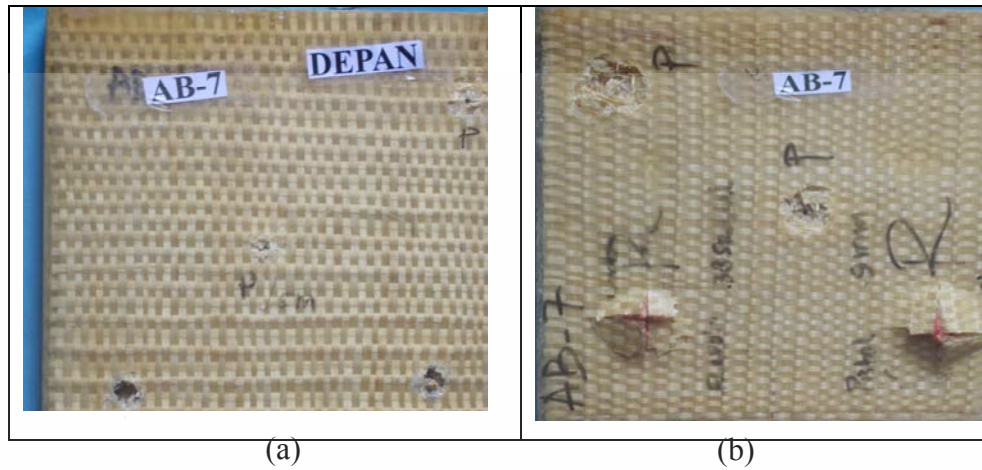
A. Uji balistik dengan revolver .38 special.

Dari hasil uji balistik level I (revolver .38 special), Komposit tidak tembus peluru, peluru masuk kedalam komposit, dan pada bagian belakang terjadi kerusakan komposit, berbentuk piramida. Namun peluru tetancap di dalam komposit, artinya komposit masih dapat menyerap seluruh energi dari peluru revolver, tampak pada Gambar dibawah ini.

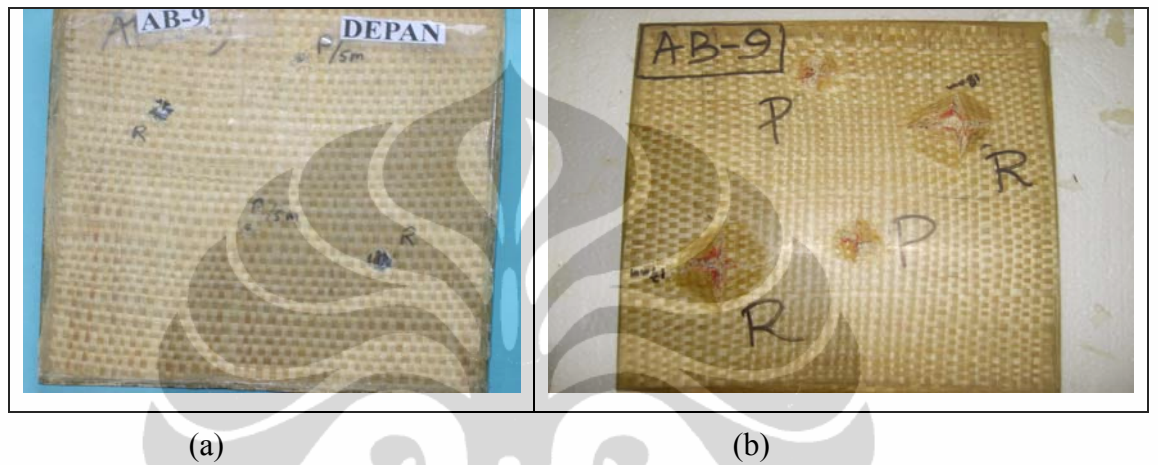
1 Deformasi pada komposit



Gambar 4.1 Deformasi komposit lima lapis serat abacca (a) bagian depan, (b) bagian belakang akibat peluru revolver .38 special



Gambar 4.2 Deformasi komposit tujuh lapis serat abacca.(a) bagian depan, (b) bagian belakang akibat peluru revolver .38 special



Gambar 4.3 Deformasi komposit sembilan lapis serat abacca.(a) bagian depan, (b) bagian belakang akibat peluru revolver .38 special

Dimensi kawah dan deformasi pada belakang komposit yang terbentuk karena benturan proyektil revolver .38 mm adalah sebagai berikut:

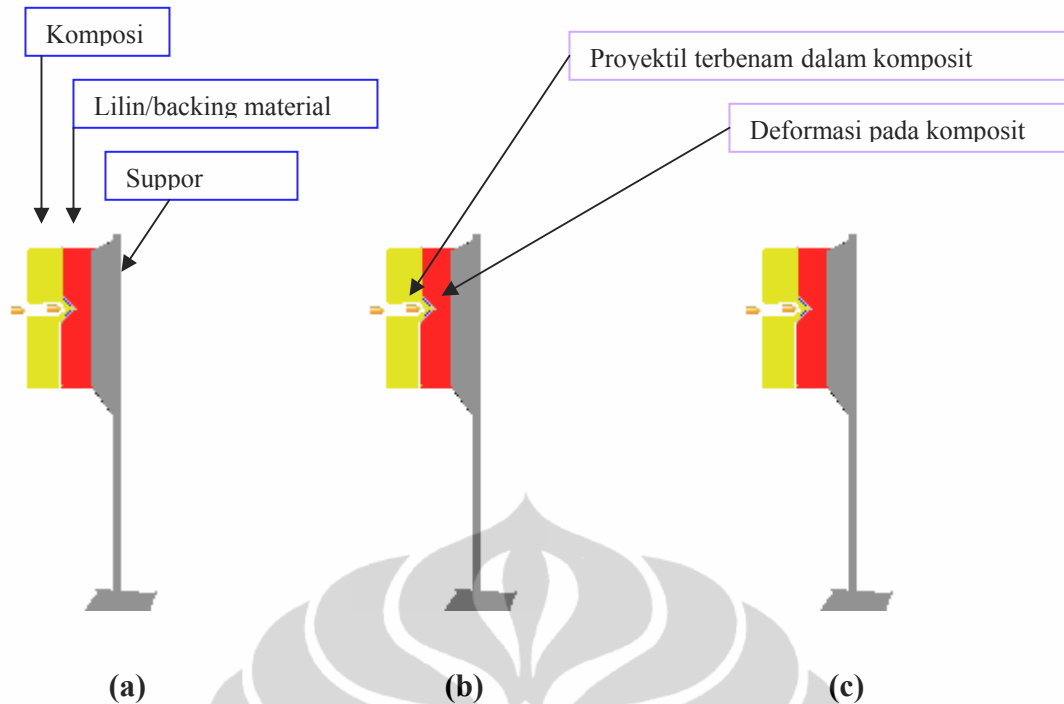
Tabel 4.2 Dimensi yang terjadi pada Komposit 5, 7 dan 9 lapis abacca

Kode	Depan		Belakang	
	Bentuk	Diameter (cm)	bentuk	Deformasi (cm)
AB5	lingkaran	1,51	piramida	1,8
AB7	lingkaran	1,45	piramida	1,6
AB9	lingkaran	1,41	piramida	1,5

Semakin tebal lapisan serat abacca, maka akan semakin kecil deformasi pada belakang komposit dan diameter pada bagian depan akan semakin kecil, dan sebaliknya. Hal ini diakibatkan, semakin banyak massa serat yang menyerap

energi dari peluru, sehingga kerusakan akan semakin kecil.

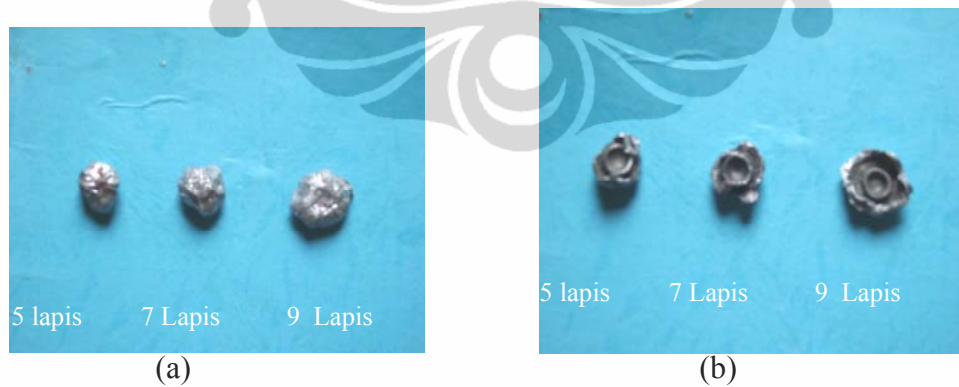
Ilustrasi kerusakan akibat peluru revolver .38 spesial pada komposit lima, tujuh dan sembilan lapis ini dapat dilihat dalam gambar 4.4



Gambar 4.4 Ilustrasi proses kerusakan komposit akibat senjata revolver .38. (a) 5 lapis (b) 7 lapis (c) 9 lapis

2. Deformasi pada peluru

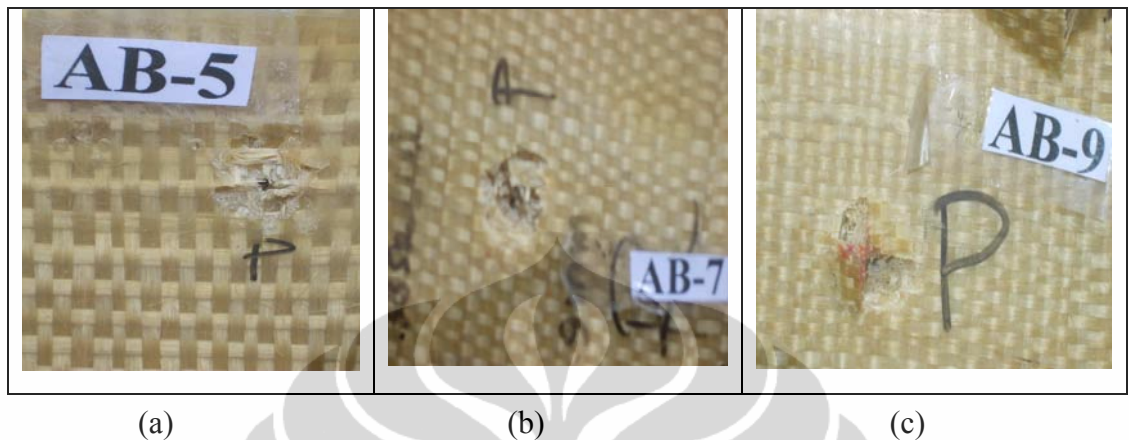
Setelah peluru mengenai target, maka peluru akan mengalami deformasi akibat material komposit yang keras dan mengabsorpsi energi dari peluru, sehingga peluru benar-benar berhenti. Deformasi peluru tersebut seperti pada Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5 Deformasi peluru revolver .38 spesial. (a) Deformasi tampak depan (b) tampak belakang

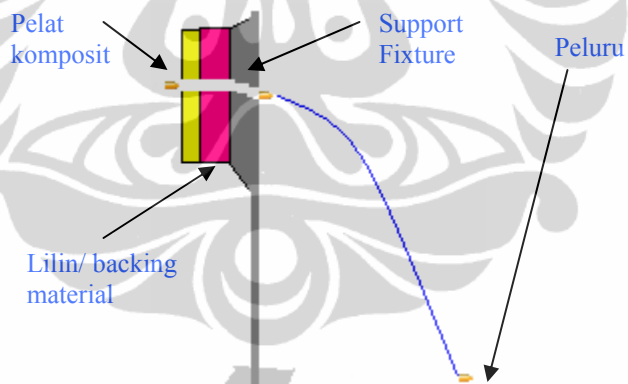
Dari bentuk deformasi yang berbentuk jamur, dan kedalaman deformasi sekitar 2 cm, aman digunakan sebagai rompi tahan peluru level I, Namur bila digunakan pada level II, komposit ini tidak tahan, terlihat dari kerusakan komposit 2 cm, maka jika peluru level dua diujikan maka, komposit ini akan tembus, seperti dalam gambar 4.6 berikut ini.

B. Uji balistik dengan pistol 9mm



Gambar 4.6 Deformasi komposit Abacca lima lapis (b) tujuh lapis (c) sembilan lapis akibat peluru pistol 9mm.

Ilustrasi mekanisme kerusakan komposit lima, tujuh dan sembilan lapis, akibat peluru pistol 9mm dapat dilihat dalam gambar 4.7.



Gambar 4.7 Ilustrasi proses kerusakan pada komposit lima, tujuh atau sembilan lapis serat Abacca, saat tembakan senjata Pistol 9mm. Dilihat dari pola kerusakan pada komposit akibat benturan peluru level II, bahwa yang terbentuk dibelakang komposit cenderung berlobang, ini diakibatkan oleh:

1. **Energi kinetik** dari level II, lebih besar dari level I. Semakin tinggi tipe senjata, maka energi kinetiknya akan semakin besar.

Tabel 4.3 Klasifikasi Senjata dan Energi

Threat Level	Caliber	Mass (Gm)	Velocity (m/sec)	Joules
I	.22 Long rifle	2.6	320	133
	.38 Special	10.2	259	
II	9 mm	8.0	332	581
	.357 Magnum	10.2	381	

2. **Dimensi peluru** dari tipe II, relati runcing dari level I, sehingga peluru akan cenderung melobangi komposit. Semakin tinggi tipe senjata, maka ujung proyektil akan semakin runcing Seperti gambar 4.8 berikut ini..



Gambar 4.8 Dimensi peluru yang semakin runcing dari level I ke level II

3. **Komposisi proyektil.** Komposisi kimia penyusun proyektil, dimana bahannya akan semakin keras dengan bertambahnya tipe senjata.

Tabel 4.4 Klasifikasi senjata dan komposisi proyektil

Threat Level	Caliber	Projectile Description
I	.22 Long rifle	Lead Ball
	.38 Special	
IIA	9 mm	FMJ Jacked Soft Point
	.357 Magnum	
II	9 mm	FMJ Jacked Soft Point
	.357 Magnum	

Lead Ball: Peluru yang terbuat dari timah hitam (lead)

FMJ (Jacked Soft Point) : Peluru yang terbuat dari tembaga dengan alloynya (90% tembaga dan 10 % seng /timah)

Dari hal diatas, maka, perlu adanya bahan untuk mendeformasikan proyektil peluru, sebelum peluru mengenai serat. Setelah peluru dideformasi, maka energinya akan diserap selanjutnya, sisa energi akan diserap oleh serat.

4.3 PELAT KOMPOSIT TAHAP II

Setelah komposit selesai dibuat, kemudian dilakukan perhitungan berat jenis pelat, fraksi massa dan fraksi volume dari serat dan resin (Tabel 4.2). Perhitungan ini dilakukan setelah pelat komposit selesai dibuat, tidak dilakukan perencanaan dari awal mengenai berapa fraksi komponen penyusunnya. Hal ini karena penggunaan komponen serat yang berupa anyaman, yang menyulitkan pendistribusian resin. Jika massa serat dan resin ditentukan dari awal, akan terjadi distribusi resin yang tidak merata terutama pada bagian atas pelat (lapisan terakhir).



Tabel 4.5 Massa Bahan baku dan Dimensi Komposit Tahap II

	Massa serat (gr)	Massa resin (gr)	Massa komposit (gr)	Massa keramik (gr)	Panjang pelat (cm)	Lebar pelat (cm)	Tebal komposit (cm)	Tebal pelat (cm)	Volume komposit (cm ³)	Massa jenis komposit (gr/cm ³)	Fraksi massa (%)		Fraksi volume (%)	
											serat	resin	serat	resin
CR1	-	-		1165	25	25	-	0.7	-	-	-	-	-	-
CR2	-	90	90	2430	25	25	-	1.6	-	-	-	100	-	100
CAB5	105.77	295.23	401	1230	25	25	0.8	1.5	500	0.80	26.37	73.63	79.14	20.86
CAB7	161.63	708.37	870	1170	25	25	1.4	2.1	875	0.99	18.57	81.43	70.59	29.41
CAB9	204.71	795.29	1000	1230	25	25	1.5	2.2	937.5	1.067	20.47	79.53	64.27	35.73

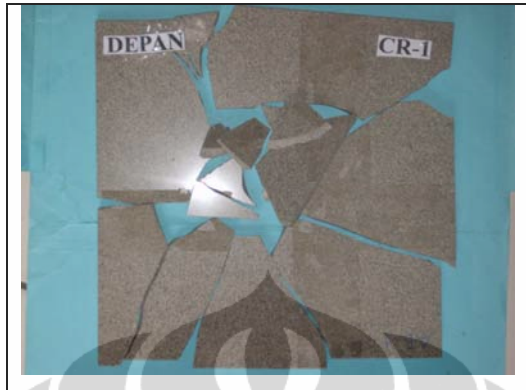
Kode	Massa komposit (gr)	Massa keramik (gr)	Panjang pelat (cm)	Lebar pelat (cm)	Tebal pelat (cm)	Volume komposit dan keramik (cm ³)	Massa jenis komposit dan keramik (gr/cm ³)
CAB5	401	1230	25	25	1.5	937.5	1.7397
CAB7	870	1170	25	25	2.1	1312.5	1.5543
CAB9	1000	1230	25	25	2.2	1375	1.6218

4.4 PENGUJIAN BALISTIK TAHAP II

Hasil pengujian balistik pada tahap kedua sebagai berikut:

1. Keramik tunggal

Untuk keramik tunggal, diuji dengan revolver .38 special, untuk mengetahui sejauh mana kinerja dari serat untuk menahan peluru level I, hasilnya adalah seperti dalam gambar 4.9

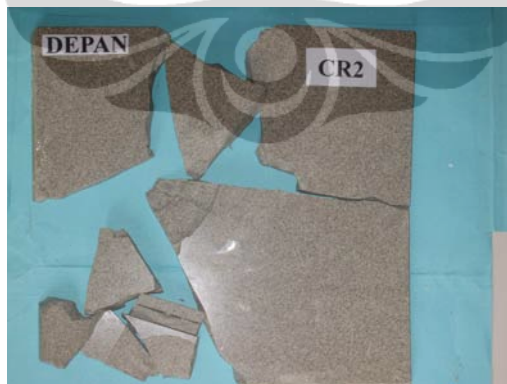


Gambar 4.9 Keramik tunggal

Ternyata bila digunakan sendirian meskipun tebal keramik tersebut sama dengan tebal komposit yang terbuat dari lima lapis serat abacca, maka keramik tersebut tidak setangguh dari komposit, malahan keramik tersebut hancur

2. Keramik ganda.

Untuk keramik ganda, diuji dengan pistol 9mm, untuk mengetahui sejauh mana kinerja dari serat untuk menahan peluru level II, hasilnya adalah seperti dalam gambar 4.10



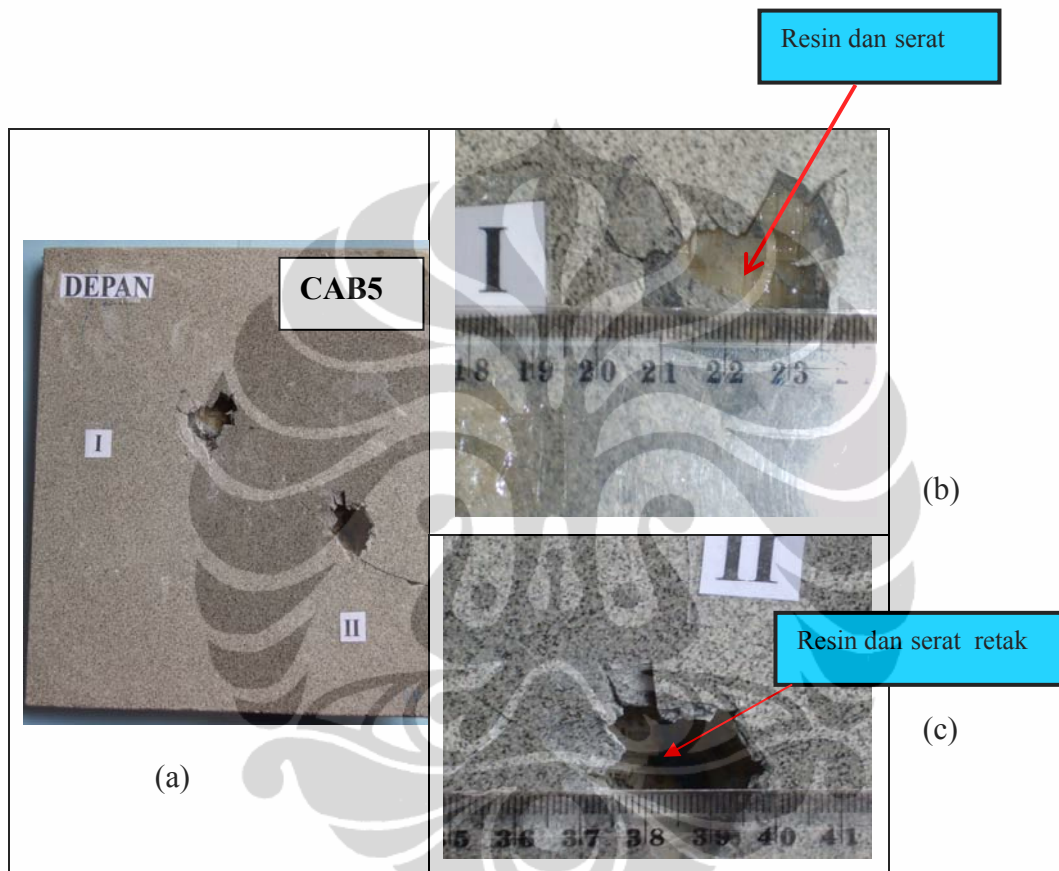
Gambar 4.10 Keramik ganda

Dari hasil pengujian balistik dimana material keramik saja menunjukkan bahwa keramik saja tidak dapat menahan peluru level II, oleh sebab itu perlu adanya material tambahan komposit untuk meningkatkan kekuatannya.

3. Abacca lima lapis dan satu keramik.

A. Tampak depan

Dari hasil uji balistik untuk abacca lima lapis dan satu keramik dilakukan penembakan dua kali, penembakan pertama ditengah panel dan penembakan kedua dilakukan ditepi sampel, ternyata peluru level II tidak dapat menembus panel (gambar 4.11a).



Gambar 4.11 Deformasi abacca lima lapis dan satu keramik. (a) keramik tampak depan (b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.

Pada tembakan pertama (gambar 4.11.b), peluru tidak sampai tembus komposit (pecah menjadi framen-fragmen kecil) tetapi hanya merusak keramiknja saja. sedangkan serat dan resin tidak mengalami kerusakan. Hal ini menandakan bahwa, fungsi keramik sebagai bahan untuk mendeformasikan dan menyerap energi proyektil, dan sisanya diserap oleh komposit.

Sedangkan pada tembakan kedua (gambar 4.11.c), peluru merusak keramik dan merusak serat dan resin, tetapi tidak sampai tembus, berarti baha ini dapat menahan peluru level II. Hal ini disebabkan oleh, menurunnya kekuatan keramik akibat tembakan pertama, sehingga bila dikenai tembakan selanjutnya (tembakan kedua) maka peluru akan dapat merusak hingga ke komposit.

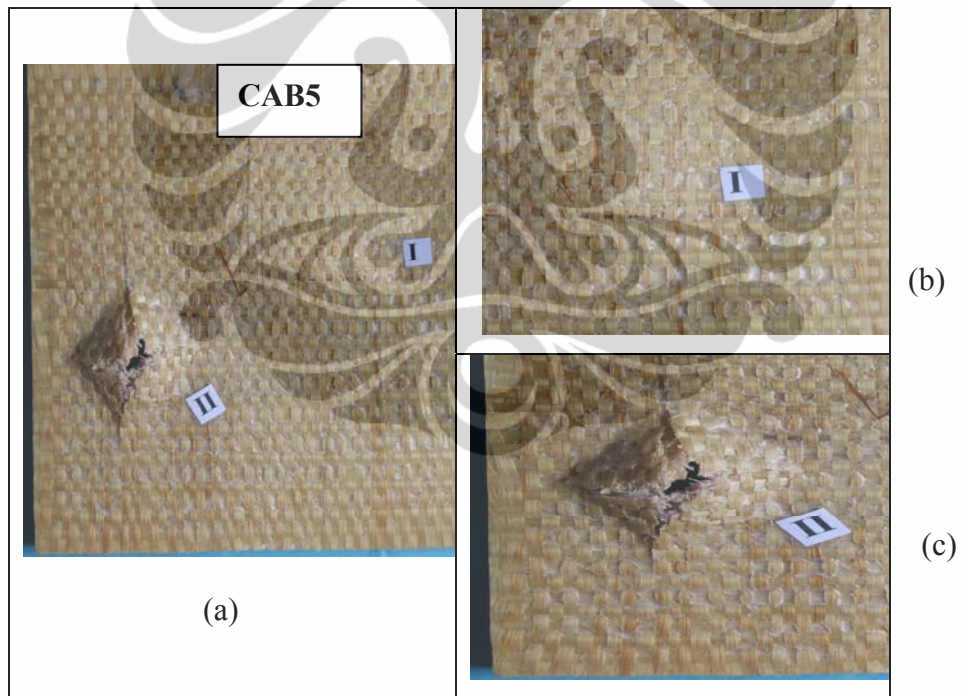
Tabel 4.6 Dimensi hasil uji balistik bagian lima lapis abacca dan satu keramik

	Bentuk	Diameter (cm)	Kedalaman
Tembakan I	lingkaran	4	0,8
Tembakan II	lingkaran	4	1.8

Diameter pertama dan diameter kedua pada tembakan pertama dan tembakan kedua adalah sama, ini menandakan bahwa energi peluru yang membenturnya adalah sama. Namun walaupun sama, tembakan pertama mempengaruhi tembakan yang kedua.

B. Tampak belakang

Hasil uji balistik pada lima lapis serat dan satu keramik pada bagian belakang, adalah seperti gambar 4.12a , berikut ini.



Gambar 4.12 Deformasi abacca lima lapis dan satu keramik. (a) tampak belakang

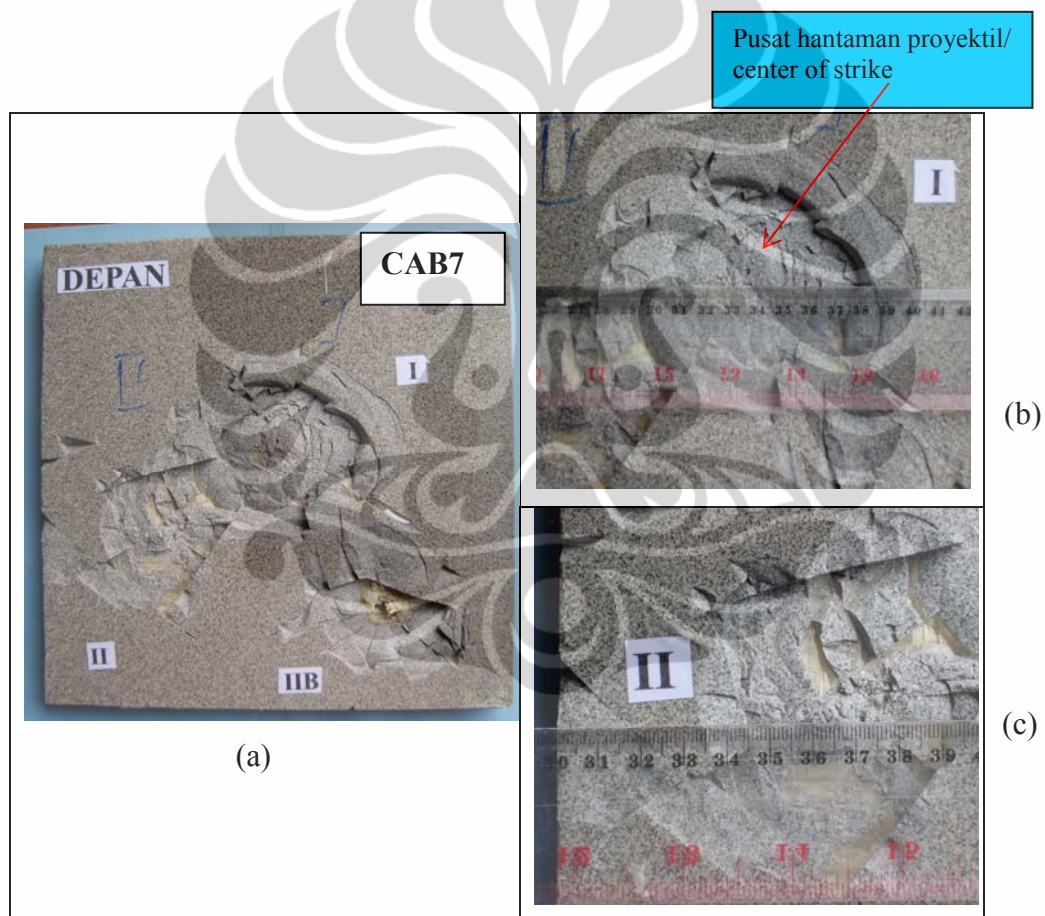
(b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.

Pada bagian komposit akibat tembakan pertama (gambar 4.12b) tidak terjadi kerusakan ataupun retak, tetapi hanya ada sedikit benjolan, berarti sisa energi dari keramik terserap seluruhnya oleh komposit. Sedangkan pada komposit pada tembakan kedua (gambar 4.12c), komposit mengalami kerusakan membuat pola kerusakan seperti piramida, hal ini disebabkan, oleh kemampuan serat semakin menurun akibat menyerap energi pada tembakan pertama, sehingga pada tembakan kedua, serat akan mengalami kerusakan, walaupun peluru tidak menembus komposit.

4. Abacca tujuh lapis dan satu keramik.

A. Tampak depan

Pengujian dilakukan dengan menembak pada tengah panel dan tepi panel. Hasil uji balistik pada serat tujuh lapis (gambar 4.13a) dengan satu keramik, seperti gambar 4.13b, berikut ini.



Gambar 4.13 Deformasi abacca tujuh lapis dan satu keramik. (a) tampak depan (b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.

Pada tembakan pertama (gambar 4.13.b), peluru tidak sampai menembus komposit (peluru pecah menjadi fragmen-fragmen kecil) tetapi hanya merusak keramik saja. Energi yang besar tidak sampai merusak komposit, tetapi energi itu disebarkan dari pusat hantaman (center of strike) ke lingkungan keramik sekitarnya. Sehingga, keramik mengalami kerusakan berbentuk lingkaran (kawah).

Pada tembakan kedua (gambar 4.13c), peluru juga tidak menembus komposit, mekanismenya sama seperti pada tembakan pertama, bahwa energi peluru diserap oleh keramik dan sisanya diteruskan ke ke komposit.

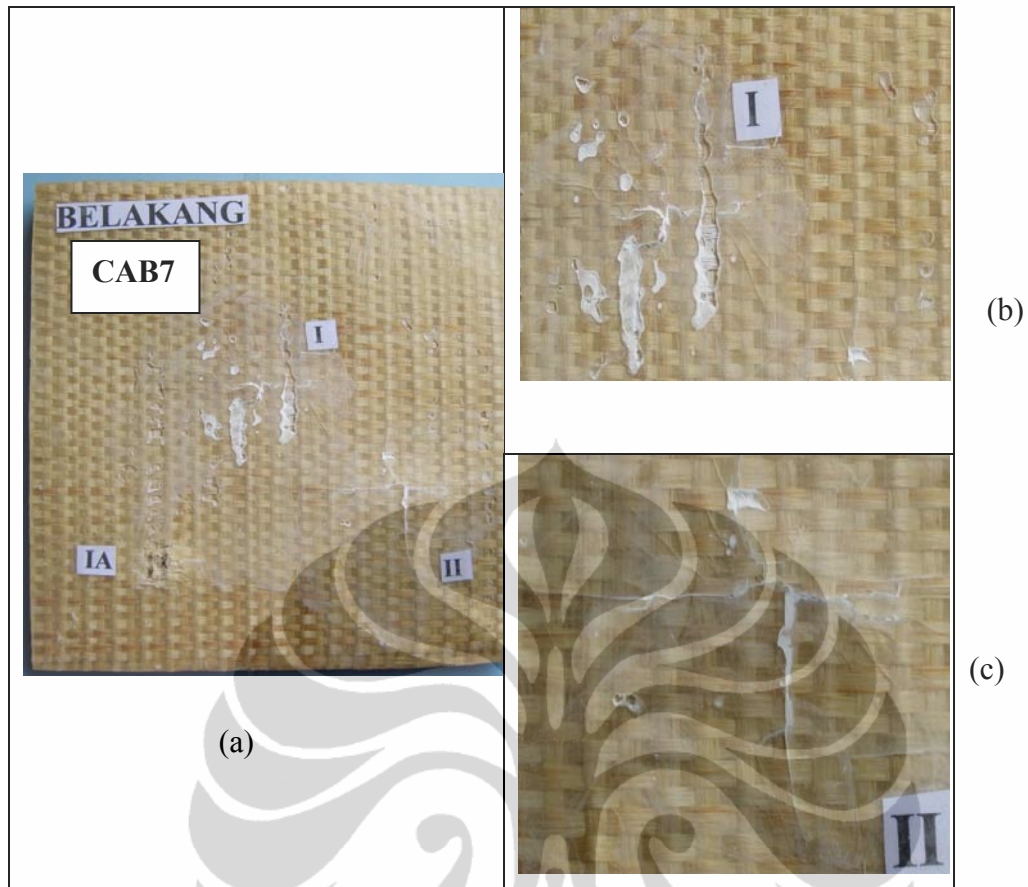
Tabel 4.7 Dimensi hasil uji balistik bagian tujuh lapis abacca dan satu keramik

	Bentuk	Diameter (cm)	Kedalaman
Tembakan I	lingkaran	13	0,8
Tembakan II	lingkaran	9	0,8

Pada tembakan pertama dan kedua kedalaman deformasi sama dengan ketebalan dari keramik, karena yang hancur hanya keramik saja. Perbedaan diameter keramik yang rusak kemungkinan besar diakibatkan oleh komposisi dari keramik yang tidak sama.

B. Tampak belakang

Hasil uji balistik pada tujuh lapis serat dan satu keramik pada bagian belakang, adalah seperti gambar 4.14a, berikut ini.



Gambar 4.14 Deformasi abacca tujuh lapis dan satu keramik. (a) tampak belakang (b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.

Pada bagian belakang untuk tembakan pertama (gambar 4.14 b), retakan terjadi pada permukaan resin saja, namun untuk tembakan kedua (gambar 4.14c), retak pada resinnya relatif lebih besar dibandingkan pada penembakan pertama. Hal ini disebabkan oleh pengaruh tembakan pertama mempengaruhi kekuatan resin, sehingga setelah ada benturan kedua dengan energi yang sama, maka resin akan retak lebih besar.

B. Uji terbalik (arah perkenaan peluru dari serat menuju keramik)

Untuk serat tujuh lapis ini, diuji coba penembakan dari arah yang berlawanan. Serat ditempatkan didepan untuk menerima hantaman peluru

terlebih dahulu (gambar 4.15a) , sementara keramik ditempatkan pada bagian belakang (gambar 4.15b). Hal ini dibuat untuk menguji sejauh mana perbedaan fungsi serat dan keramik dalam material anti balistik apabila posisinya dibuat terbalik. Hasil uji balistiknya adalah seperti gambar 4.23.



(a)

(b)

Gambar 4.15 Deformasi jika penembakan dari arah serat menuju keramik. (a) tampak depan (b) tampak belakang

Bila ditempatkan dengan posisi terbalik, dimana peluru menghantam komposit terlebih dahulu, maka hasilnya akan menembus hingga ke keramik (menembus panel). Hal ini menandakan bahwa fungsi komposit disini bukanlah untuk mendeformasikan proyektil peluru dan menyerap energi yang besar dari proyektil, tetapi fungsi ini adalah fungsi dari keramik.

Tabel 4.8 Dimensi hasil uji balistik posisi terbalik tujuh lapis abacca dan satu keramik

	Depan		Belakang	
	Bentuk	Diameter (cm)	Bentuk	Diameter (cm)
Tembakan terbalik	lingkaran	1	lingkaran	8

5. Abacca sembilan lapis dan satu keramik.

A. Tampak depan

Dalam uji balistik pada abacca sembilan lapis dan satu keramik seperti dalam gambar 4.16a berikut ini.



Gambar 4.16 Deformasi abacca sembilan lapis dan satu keramik. (a) tampak depan (b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.

Pada tembakan pertama (gambar 4.16.b), peluru tidak sampai menembus komposit (peluru pecah menjadi fragmen-fragmen kecil) tetapi hanya merusak keramik saja. Energi yang besar tidak sampai merusak komposit, tetapi energi itu disebarkan dari pusat hantaman (center of strike) ke lingkungan keramik sekitarnya. Sehingga, keramik mengalami kerusakan berbentuk lingkaran (kawah).

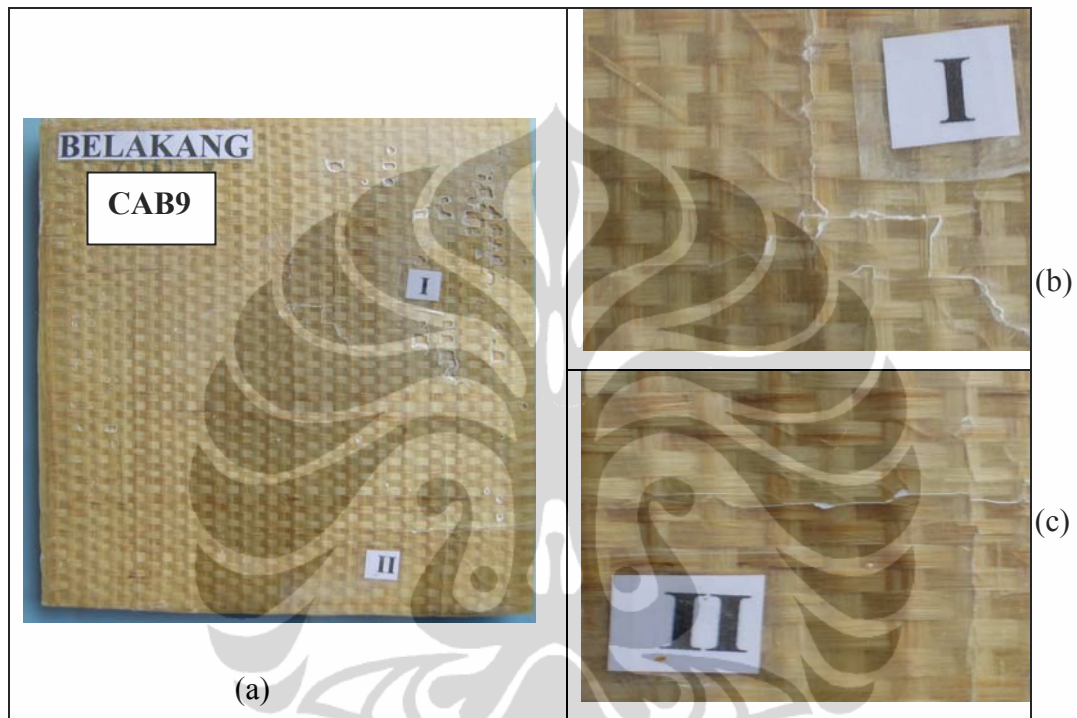
Pada tembakan kedua (gambar 4.16c), peluru juga tidak menembus komposit, mekanismenya sama seperti pada tembakan pertama, bahwa energi peluru diserap oleh keramik dan sisanya diteruskan ke ke komposit.

Tabel 4.9 Dimensi hasil uji balistik bagian sembilan lapis abacca dan satu keramik

	Bentuk	Diameter (cm)	Kedalaman
Tembakan I	lingkaran	13	0,8
Tembakan II	lingkaran	9	0,8

B. Tampak belakang

Hasil uji balistik terhadap sembilan lapis abacca dan satu keramik terlihat pada gambar 4.17 berikut ini.

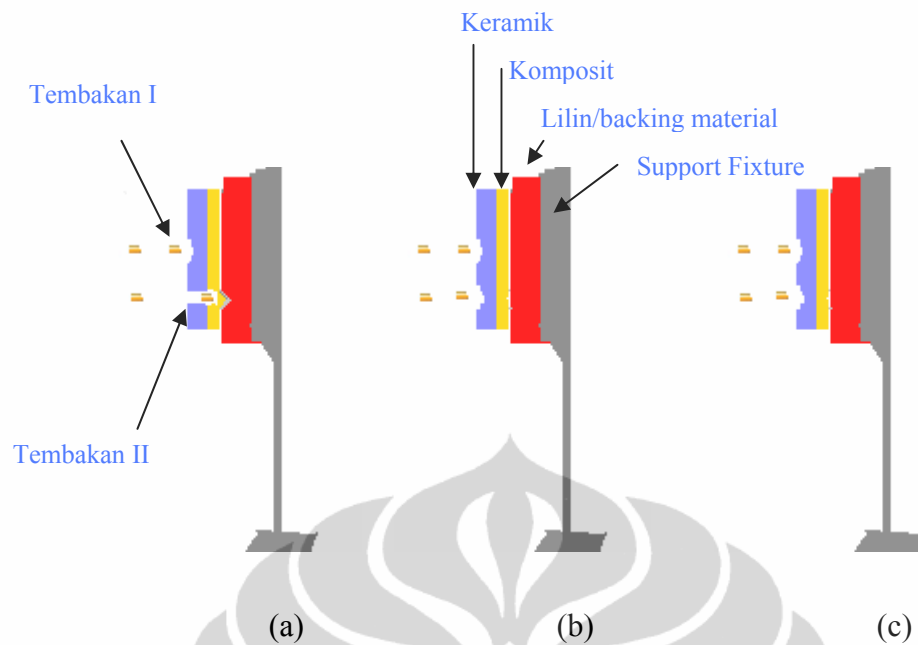


Gambar 4.17 Deformasi abacca sembilan lapis dan satu keramik. (a) tampak belakang (b) Tembakan pertama (c) Tembakan kedua.

Pada bagian belakang komposit (gambar 4.17a), terlihat bahwa yang terjadi adalah sebatas retakan kecil pada lapisan permukaan dari resin. Sementara, retakan pada tembakan pertama, gambar 4.25 (b) lebih besar pada retakan pada penembakan kedua (gambar 4.17 c), hal ini disebabkan banyaknya void yang terdapat dekat pada daerah penembakan pertama

6. Ilustrasi kerusakan komposit lima, tujuh dan sembilan lapis abacca dan keramik

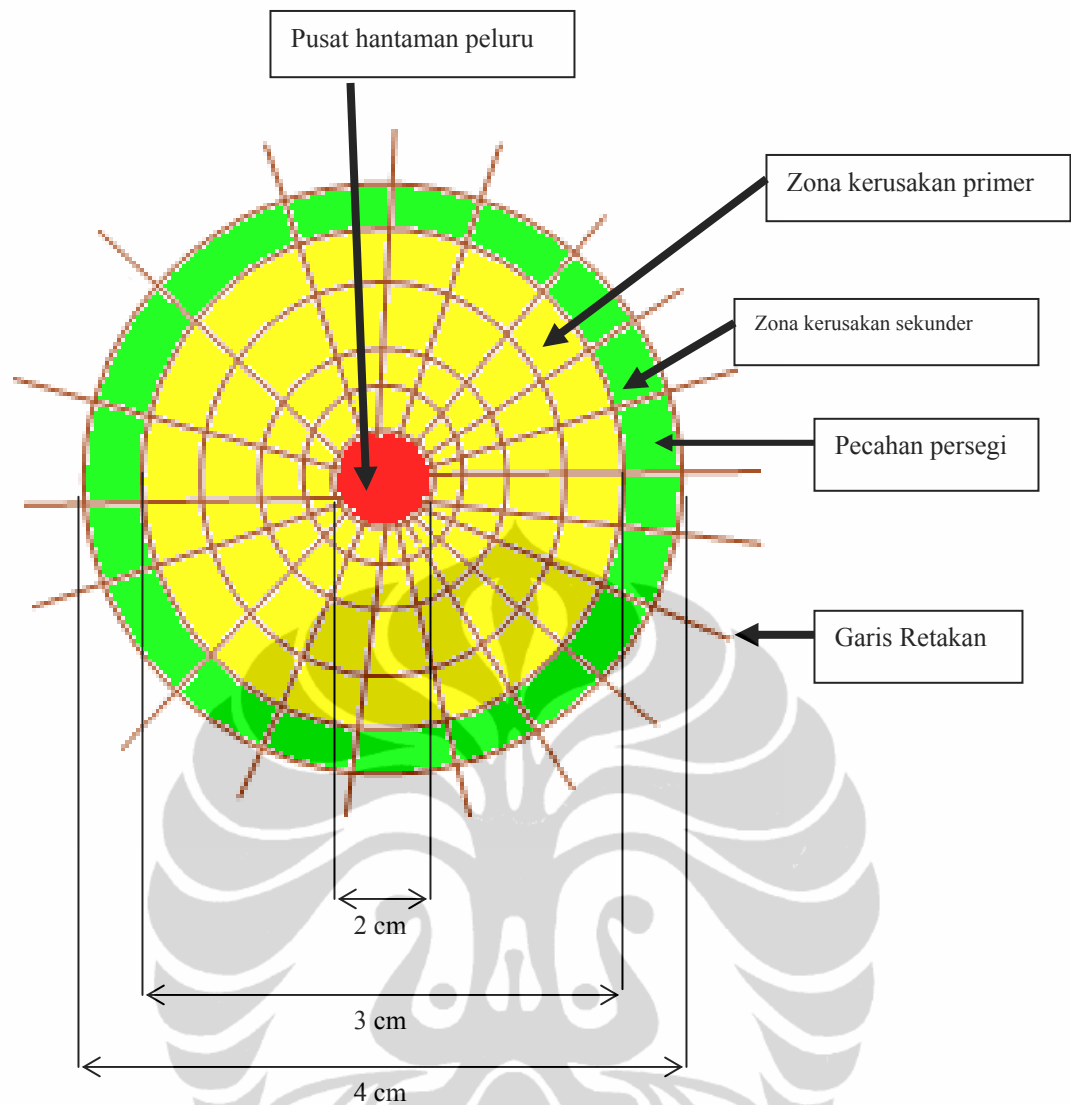
Ilustrasi kerusakan akibat peluru pistol 9mm pada komposit lima, tujuh dan sembilan lapis ini dapat dilihat dalam gambar 4.18



Gambar 4.18 Ilustrasi proses kerusakan komposit dan keramik akibat senjata Pistol 9mm. (a) 5 lapis (b) 7 lapis (c) 9 lapis

Profil zona kerusakan pada tampilan depan pada tembakan pertama pada komposit dan keramik mengakibatkan pecahan-pecahan yang berbentuk persegi empat, dimana pecahan – pecahan ini cukup banyak dan ditandai dengan retakan-retakan pada keramik yang masih utuh, bila digambarkan retakan-retakan dan pecahan keramik tersebut polanya akan mengikuti *pola jaring-laba-laba*, dapat diilustrasikan pada gambar berikut ini.

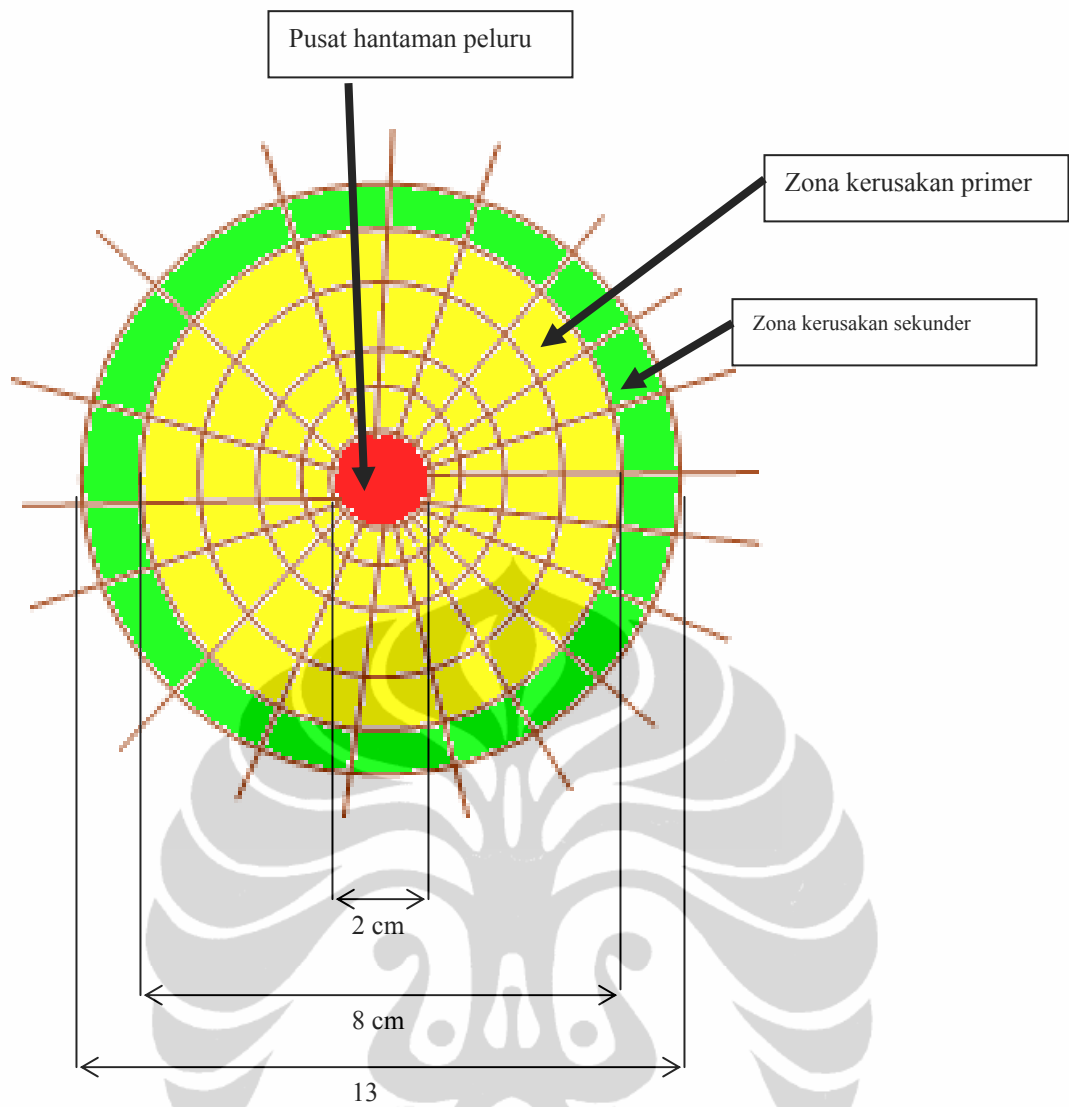
1. Lima lapis abacca



Gambar 4.19 Pola kerusakan jaring laba-laba pada lima lapis abacca dan satu keramik

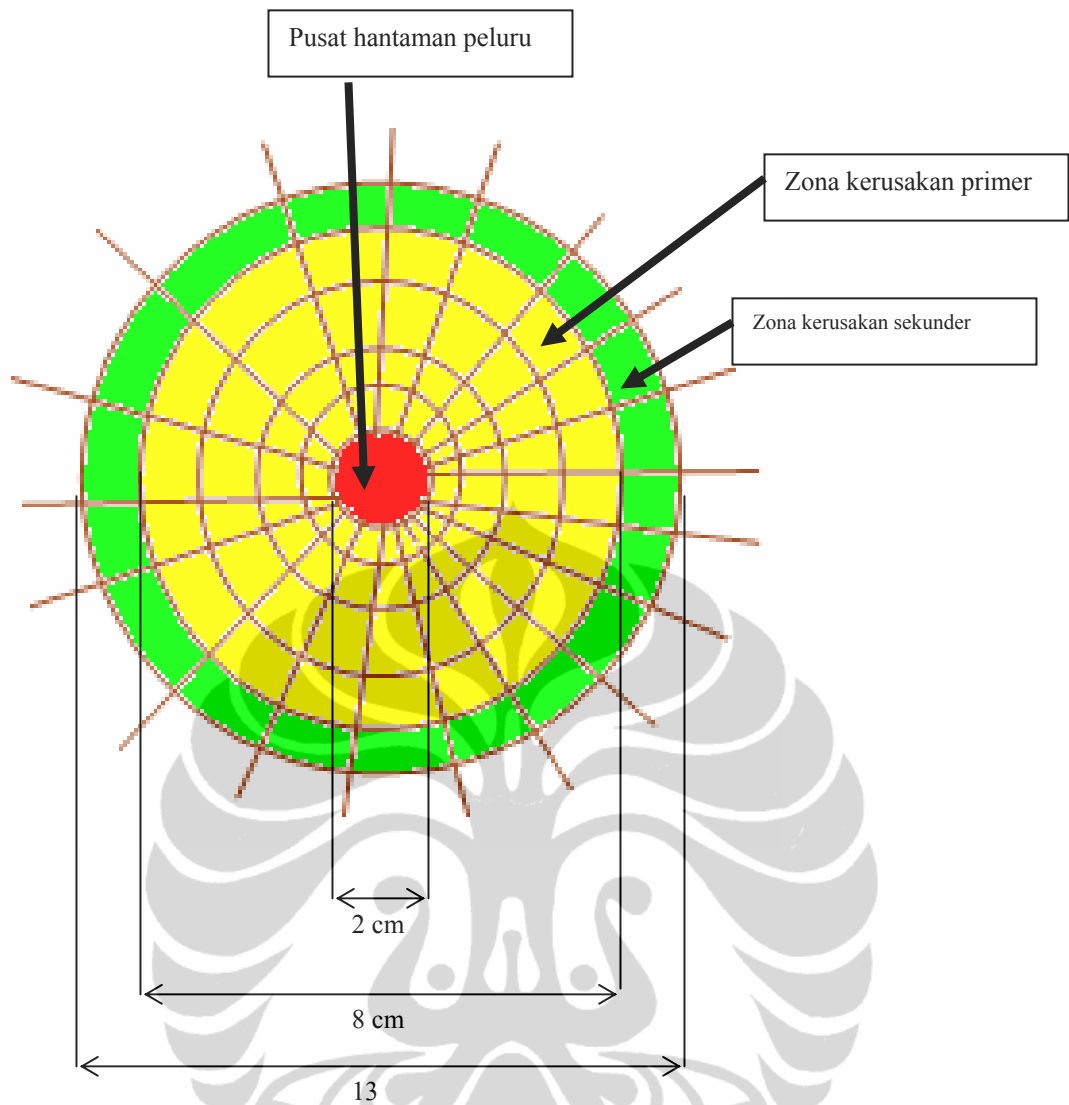
Akibat hantaman proyektil peluru pada keramik yang terlokalisasi (*center of strike*), maka energi yang besar dari peluru akan diserap oleh keramik mengakibatkan kerusakan yang parah pada daerah primer, sedangkan sisa energinya akan mengakibatkan retak dan kerusakan kecil pada daerah disekeliling nya (zona sekunder)[15].

2. Tujuh lapis abacca



Gambar 4.20 Pola kerusakan jaring laba-laba pada tujuh lapis abacca dan satu keramik

3. Sembilan lapis abacca



Gambar 4.21 Pola kerusakan jaring laba-laba pada sembilan lapis abacca dan satu keramik

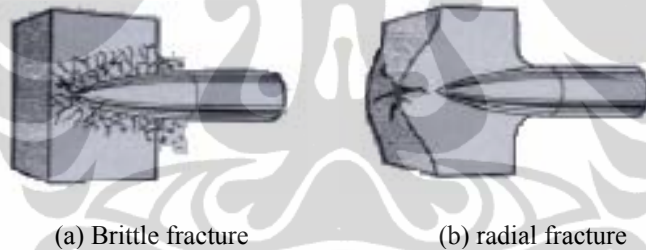
Besarnya diameter kerusakan pada pusat hantaman peluru (*center of strike*) menunjukkan bahwa energi kinetik peluru yang menghantam keramik tersebut adalah sama. Lima lapis abacca dan keramik memiliki diameter kerusakan yang lebih kecil dibandingkan dengan tujuh dan sembilan lapis, sementara energi yang diserap oleh keramik adalah sama, hal ini diakibatkan komposit dari serat abacca lebih tipis, sehingga pengaruhnya lebih besar pada kompositnya yaitu terjadi benjolan dibelakang komposit.

Untuk semua komposit, lima, tujuh dan sembilan lapis abacca dan keramik, deformasi peluru terjadi setelah membentur keramik, dan pecah membentuk fragmen-fragmen kecil, ini diakibatkan oleh bahan keramik yang mempunyai sifat mekanika yang kuat, ilustrasinya adalah seperti gambar 4.22 dibawah ini.



Gambar 4.22 Deformasi peluru pada keramik dan komposit lima, tujuh dan sembilan lapis abacca.

Dari hasil uji lima lapis abacca dengan satu keramik memperlihatkan pola kerusakan pada keramik dengan luas kerusakan yang lebih kecil, hal ini disebabkan lebih tipisnya komposit dibagian belakang, mengakibatkan energi yang diserap oleh komposit sangat besar, mengakibatkan benjolan pada komposit (serat). Pola kerusakan pada tembakan pertama adalah pola kerusakan *brittle fracture* dimana kerusakan pada bagian depan dengan terjadinya fragmen-fragmen kecil dari keramik, seperti pada Gambar 4.23 berikut ini.

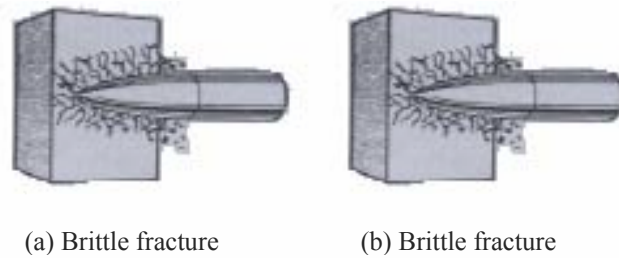


Gambar 4.23 Jenis kerusakan komposit lima lapis abacca dan keramik akibat senjata Pistol 9mm. (a) tembakan pertama (b) tembakan kedua

Pada tembakan kedua, pola kerusakan yang terjadi adalah mengarah kepada radial fracture, meskipun tidak terjadi retak pada komposit.

Sedangkan pada komposit dengan tujuh dan sembilan lapis abacca, dengan ketebalan komposit dibagian belakang, maka energi yang diserap oleh komposit dapat tertahan, sehingga hal ini mengakibatkan kerusakan pada keramik saja.

Pada tembakan pertama dan tembakan kedua, kerusakan yang terjadi adalah mengarah kepada brittle fracture, dimana kerusakan pada bagian depan dengan terjadinya fragmen-fragmen kecil dari keramik, seperti pada Gambar 4.24 berikut ini



Gambar 4.24 Jenis kerusakan komposit tujuh dan sembilan lapis abacca dan keramik akibat senjata Pistol 9mm. (a) tujuh lapis (b) sembilan lapis

4.5 ANALISA ENERGI BALISTIK

Dari hasil pengujian balistik, terlihat bahwa kerusakan terpusat di satu area, dan daerah lain mengalami kerusakan akibat kekuatan benturan dari proyektil. Ini terjadi karena energi *impact* dari proyektil peluru terlokalisasi sebagai akibat waktu kontak antara proyektil dengan pelat komposit yang sangat singkat.

Tabel 4.10 Energi Kinetik pada peluru Revolver .38 dan pistol 9mm

Senjata	Massa peluru (gr)	Kecepatan pada jarak 5m (m/s)	Energi Kinetik (J)	Momentum (kg.m/s)
Revolver .38	10.25	275.5	389	2824
Pistol 9 mm	8	380	578	3040

Peluru pistol 9 mm memiliki massa lebih kecil daripada peluru revolver .38 mm. Namun ternyata peluru 9 mm dapat menghasilkan energi kinetik yang lebih besar, kenyataan ini dihasilkan melalui hubungan antara kecepatan peluru pistol yang lebih besar.

Pada bagian ini, yang akan dianalisa besar konstanta α pada komposit.

Dengan menggunakan rumus:

$$VI = \sqrt{\alpha \left[\frac{L}{D} \right]^c} \sqrt{f(z) \frac{D^3}{M}} (m/s)$$

$$z = \frac{T}{D} = \frac{1.5cm}{0.902cm} = 1.66$$

Besaran α yang tidak diketahui dapat dicari dari data balistik untuk pelat komposit dengan empat lapis anyaman yang tidak dapat ditembus oleh proyektil pistol 9 mm. Semua pelat dijadikan dasar perhitungan karena tidak dapat ditembus oleh peluru pistol 9mm.

Nilai α untuk masing-masing komposit:

1. Lima lapis = 1353783
2. Tujuh lapis = 809577.7
3. Sembilan lapis = 756198

Sehingga persamaan diatas menjadi:

1. Untuk komposit 5 lapis abacca dan satu keramik:

$$VI = 1,163.522 \sqrt{\left[\frac{L}{D} \right]^c} \sqrt{f(z) \frac{D^3}{M}} (m/s)$$

2. Untuk komposit 7 lapis abacca dan satu keramik:

$$VI = 899.7654 \sqrt{\left[\frac{L}{D} \right]^c} \sqrt{f(z) \frac{D^3}{M}} (m/s)$$

3. Untuk komposit 9 lapis abacca dan satu keramik:

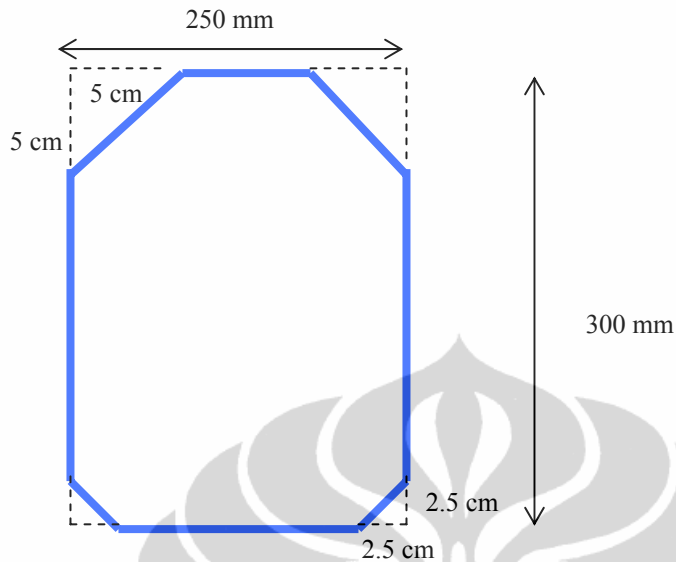
$$VI = 869.5965 \sqrt{\left[\frac{L}{D} \right]^c} \sqrt{f(z) \frac{D^3}{M}} (m/s)$$

Dari hasil perhitungan nilai α , maka semakin tebal komposit, harga α akan semakin kecil, ini membuktikan bahwa semakin tebal komposit, maka diperlukan kecepatan peluru yang lebih besar agar dapat menembus komposit tersebut.

4.6 DESAIN ROMPI TAHAN PELURU DAN PERHITUNGAN EKONOMIS

A. Perhitungan Desain Rompi Tahan Peluru

Perhitungan desain panel rompi tahan peluru didasarkan dengan ukuran panel 25cm x 30 cm, seperti dalam gambar Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Desain panel komposit dari percobaan.

Tabel 4.11 Perbandingan berat rompi penelitian dengan rompi standar

Kode	Hasil Penelitian	Standar rompi taktis level II (kg)	Selisih (kg)
	Berat total rompi/ depan dan belakang (kg)		
CAB5	3.10	3.5	-0.4
CAB7	3.88		+0.38
CAB9	4.23		+0.73

Hal ini menunjukkan bahwa komposit dari lima lapis abacca dengan satu keramik layak dijadikan pelat untuk panel rompi tahan peluru level II. Bila dibandingkan dengan standar taktis rompi untuk militer dan polisi, maka komposit ini masih dalam toleransi dengan keuntungan selisih berat 3.92 kg- 3.5 kg = 0.4 kg

. Sedangkan Keramik dengan tujuh lapis abacca berat total panel 3.88 kg, dan sembilan lapis abacca 4.23 kg, dapat menahan peluru tapi belum dapat dijadikan panel rompi tahan peluru level II, dikarenakan ketebal dan beratnya yang melebihi ketentuan yang ditetapkan.

B. Perhitungan Nilai Ekonomis Pembuatan Rompi Tahan Peluru

Nilai ekonomis untuk satu panel rompi anti peluru dari 5 lapis abacca dengan satu keramik.

Harga satu keramik	= Rp. 15.000,00
Harga bahan baku serat (1kg serat abcca)	= Rp. 95.000,00
Bahan epoxy dan hardener (0.5 kg)	= Rp. 52.500,00
Bahan baku kain Poliester ± 1m: 30cm x 25cm x1.5cm @20.000,00/m	= Rp. 20.000,00
Rompi (kain poliester sudah jadi rompi) @ 50.000,00	= Rp. 50.000,00
	<hr/>
Total biaya keseluruhan untuk pembuatan satu rompi	= Rp. 232.500,00

4.7 UJI KELENTURAN (*BENDING STRENGTH*)

Untuk uji kelenturan dibuat empat sampel dan hasil uji kelenturan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.12 Hasil uji bending terhadap sampel

No	Kode sampel	F	L	b	d	UFS
1	C	500.7	8	5	1.72	406.1925
2	CAB5	380	8	5	1.38	478.891
3	CAB7	800	8	5	1.64	713.8608
4	CAB9	1506.8	8	5	1.96	941.3578

Dimana :

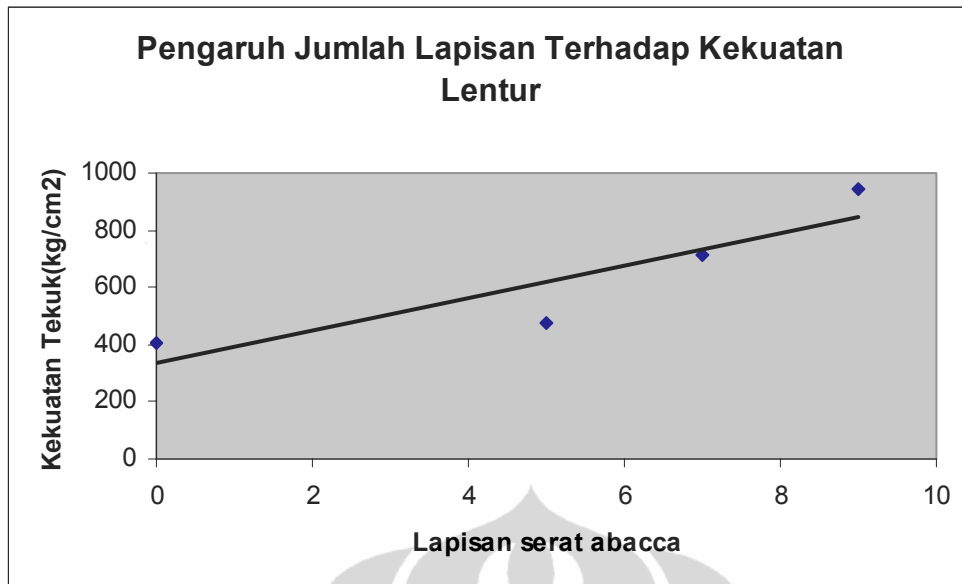
C= Keramik + resin

CAB5 = komposit dengan lima lapis abacca dengan satu keramik

CAB7 = komposit dengan tujuh lapis abacca dengan satu keramik

CAB9 = komposit dengan sembilan lapis abacca dengan satu keramik





Setelah dilakukan perhitungan kemudian dibuat dalam bentuk grafik yang dapat dilihat dalam gambar 4.26 berikut ini

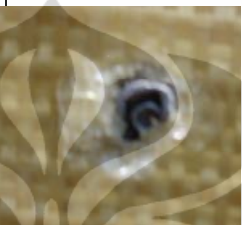

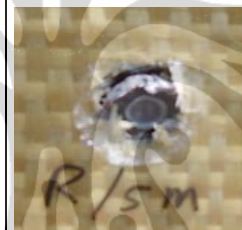

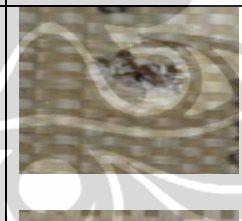





Gambar 4.26 Grafik hubungan jumlah lapisan abacca dengan kuat lentur


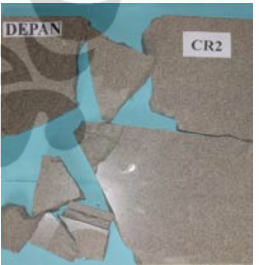
Dari hasil uji lentur, terlihat bahwa kekuatan lentur akan semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah lapisan serat abacca. Dari hasil percobaan didapatkan bahwa dengan bertambahnya lapisan serat abacca, kekuatan komposit juga akan semakin meningkat dalam menahan hantaman peluru level II, tetapi kekuatan lentur ini bukanlah sesuatu prediksi awal untuk menentukan kekuatan komposit menahan peluru.



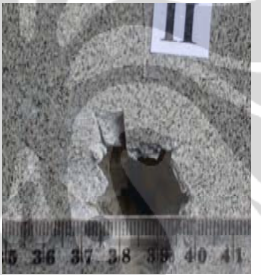

Tabel 4.13 Ring kasan Hasil Uji Balistik Tahap I







Jumlah Lapisan	Senjata	Seri tembakan	Gambar Kerusakan		Pola kerusakan	Tembus/tidak tembus
			Bagian depan	Bagian belakang		
5	Revolver .38	1			Radial fracture	Tidak tembus
		2				

7	Revolver .38	1			Radial fracture	Tidak tembus
		2				
7	Pistol 9mm	1				Tembus
						

Tabel 4.14 Ring kasan Hasil Uji Balistik Tahap I

Jumlah Lapisan	Senjata	Seri tembakan	Gambar Kerusakan		Pola kerusakan	Diameter kerusakan (cm)	Tembus/tidak tembus
			Bagian depan	Bagian belakang			
CR1	Revolver .38	1			Hancur	hancur	Tembus
CR2	Pistol 9 mm	1			hancur	hancur	Tembus

CAB5	Pistol 9mm	1			Depan brittle fracture	4	Tidak tembus
		2			Depan brittle fracture, belakang radial fracture	4	Tidak tembus

CAB7	Pistol 9mm	1			Depan brittle fracture	13	Tidak tembus
		2			Depan brittle fracture, belakang radial fracture	9	Tidak tembus
		3			Belakang radial fracture	8	tembus

CAB9	Pistol 9mm	1			Depan brittle fracture, belakang radial fracture	13	Tidak tembus
		2			Depan brittle fracture, belakang radial fracture	9	Tidak tembus