

ANALISA UJI IMPAK KOMPOSIT MATRIKS POLIESTER-KARET 30%, 40%, 50% PENGUAT SERAT KARBON, RAMI, DAN AGAVE SEBAGAI *BODY ARMOR*

I Made Prabawa Nanda Utama¹, Dr. I Komang Astana Widi, ST.,MT²
Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
E-mail : Prabawananda27@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini penulis merancang material komposit dengan menggunakan serat karbon kevlar, serat rami, dan serat agave yang diikat dengan matriks campuran poliester dan karet silikon yang akan pada produk panel rompi anti peluru. Sebelum membuat produk, penulis terlebih dahulu memilih presentase campuran matriks poliester dan karet silikon yang terbaik dengan melakukan pengujian dampak. Presentase karet silikon yang diteliti oleh penulis yaitu sebesar 30%, 40%, dan 50%. Setelah penulis membuat spesimen dengan persentase karet 30%, 40%, dan 50% lalu dilakukan pengujian dampak dan mendapatkan hasil uji dampak tertinggi pada campuran karet silikon 30% yaitu sebesar 0.0209 Joule/mm². setelah material yang tepat sudah diketahui, maka penulis membuat produk panel rompi anti peluru dari material komposit laminasi serat karbon kevlar setebal 5 mm, serat rami setebal 5 mm, dan serat agave setebal 5 mm yang diikat dengan matriks campuran poliester 70% dan karet silikon 30% dengan ketebalan total 15 mm sesuai dengan produk panel rompi anti peluru level IIIA standar NIJ 0101.04. Selesaiannya dibuat produk panel rompi anti peluru ini akan diuji tembak di Kesatrian Pusat Pendidikan ARHANUD kota Batu. Pengujian tembak menggunakan senjata pistol G2 Elite Pindad dengan kaliber 9 mm yang setara dengan peluru standar NIJ 0101.04. level III. Dari hasil pengujian tembak produk panel rompi anti peluru yang dibuat oleh penulis belum mampu untuk menahan tembakan peluru pistol G2 Elite Pindad (tembus). Hasil kerusakan dari tembakan peluru pada produk dianalisa kerusakan dan cacat yang terjadi pada material komposit melalui foto makro dan foto SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Kata kunci: Variasi karet silikon, uji dampak, panel rompi anti peluru.

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan industri seperti saat ini, bidang teknologi industri manufaktur dengan pemakaian komposit mulai dari yang sederhana sampai ke bentuk yang rumit seperti pada peralatan militer yakni rompi anti peluru hingga sektor industri skala kecil maupun industri skala besar.

Komposit mempunyai keunggulan material yang murah, berat jenisnya tinggi, sifat mekanik yang kuat dan tidak korosif, sehingga dapat menjadi bahan alternatif selain logam. komposit bermatrik poliester mengalami perkembangan yang cukup pesat bahkan penggunaan material komposit sebagai alternatif pengganti bahan logam dalam bidang rekayasa sudah semakin meluas. Hal ini karena material komposit memiliki beberapa kelebihan seperti kekuatan yang baik dan ketahanan terhadap korosi.

Rompi anti peluru didefinisikan sebagai suatu pelindung yang dipakai untuk melindungi tubuh dari serangan fisik (Paul V 2011). Rompi anti peluru yang dipakai harus nyaman digunakan, tidak berat, tidak menghambat mobilitas, serta memberi ruang yang cukup untuk bernafas terutama untuk pemakaian yang lama dan pada temperatur yang cukup tinggi.

Adapun serat yang digunakan untuk proses pembuatan rompi anti peluru dapat dibagi menjadi dua yaitu serat buatan dan serat alam. Serat alam memiliki kualitas bahan yang cukup

tinggi, dan juga ramah terhadap lingkungan, mudah diperoleh juga ekonomis (Sarifudin, 2015). Pada saat pengembangan pelindung ini berjalan sejajar dengan pengembangan persenjataan yang semakin efektif di medan perang (Anhar, 2017). Adapun beberapa penelitian terdahulu yang telah meneliti tentang komposit dalam aplikasi militer yang memiliki ketahanan terhadap uji balistik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Rompi anti peluru merupakan baju pelindung yang digunakan di dalam dunia militer. Secara konsep dan prinsip kerja dari rompi adalah dengan mengurangi dan menyerap sebanyak mungkin lontaran energi kinetik peluru saat terjadi penetrasi oleh peluru pada rompi, sehingga energi kinetik tersebut tidak cukup lagi untuk membuat peluru dapat menembus rompi. Standar baju balistik yang paling banyak digunakan adalah standar NIJ (National Institute of Justice) Amerika. Berdasarkan standar ini, baju balistik dibagi menjadi beberapa tingkatan (level), yaitu level I, II-A, II, III-A, III, dan IV.

Leve I	Jenis peluru	Berat peluru (g)	Kecepatan impact (m/s)	Tembakan/panel
I	22 cal LR, LRN	2,6	329	6
	380 ACP, FMJ RN	6,2	322	6
IIA	9 mm, FMJ RN	8	341	6
	40 S&W FMJ	11,7	322	6
II	9 mm, FMJ RN	8	367	6
	0,357 Mag JSP	10,2	436	6
IIIA	9 mm, FMJ RN	8,2	436	6
	44 Mag SJHP	15,6	436	6
III	7,62 mm NATO FMJ	9,6	847	6
IV	30 cal M2AP	10,8	878	1
KETERANGAN:				
AP = Armor Piercing		RN = Round Nose		
FMJ = Full Metal Jacket		SJHP = Semi-Jacketed Hollow Point		
JSP = Jacketed Soft Point		SWC = Semi Wadcutter		
LRHV = Long Rifle High Velocity		Jarak tembus peluru maksimum 44 mm		

Anhar Pulungan Muhammad. (2017) menjelaskan rompi anti peluru merupakan baju pelindung yang digunakan di dalam dunia militer. Rompi tersebut digunakan untuk melindungi badan bagian dada, perut, dan punggung. Organ-organ vital manusia terletak diantara punggung dan dada seperti jantung, hati, paru-paru, organ-organ pencernaan dan ginjal dimana organ-organ tersebut apabila terjadi kerusakan dapat berakibat dan fatal dan bahkan mengalami kehilangan nyawa seketika.

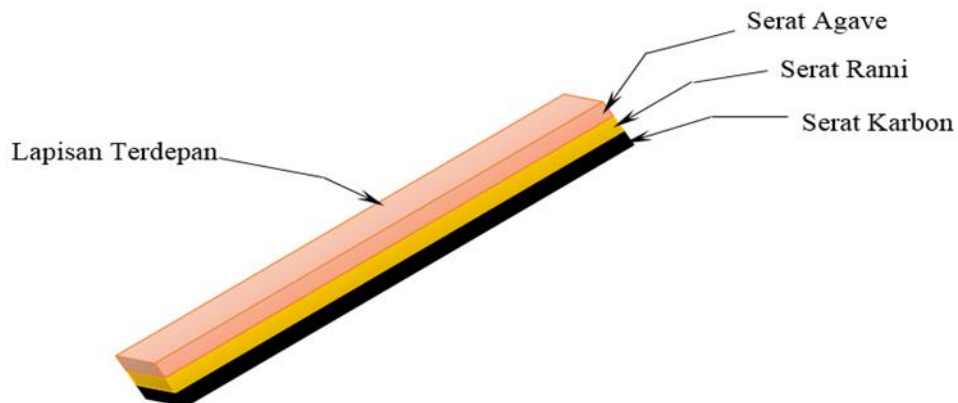
Body armor ada 2 macam yaitu:

- a. *Soft body armor*
- b. *Hard body armor*

Pada penelitian ini akan membahas tentang material komposit untuk *Hard body armor* yang dilakukan pengujian impact terlebih dahulu untuk mengetahui nilai impact optimal pada komposit matriks variasi campuran karet silikon 30%, 40%, dan 50% dengan poliester berpenguat serat karbon kevlar, serat rami, dan serat agave.

Pengujian impact dilakukan dengan tipe *charpy* yaitu spesimen uji diletakan pada alat uji dengan posisi horizontal yang ditumbuk oleh bandul alat uji impact dari arah belakang takik.

Standar yang digunakan ASTM D 256-00 dengan urutan lapisan serat dari teratas ke yang terbawah yaitu serat agave, rami, dan karbon kevlar seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Urutan lapisan serat spesimen uji impact

Pada pengujian impact bahan komposit serat, sebelum dilepas bandul alat uji diayunkan membentuk sudut (alfa) 45° dari sumbu tegak lurus dan setelah mematahkan spesimen, bandul akan membentuk sudut sisa tenaga ayunan bandul (beta) dari sumbu tegak lurus (kerl Grabber, 1985. dalam skripsi Hidayat Achmad, 2019). Berikut di bawah ini persamaan yang digunakan untuk menghitung energi yang digunakan untuk mematahkan spesimen dan harga impact:

Energi yang digunakan untuk mematahkan spesimen dapat dihitung dengan rumus:

$$E = W \times R (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots(1)$$

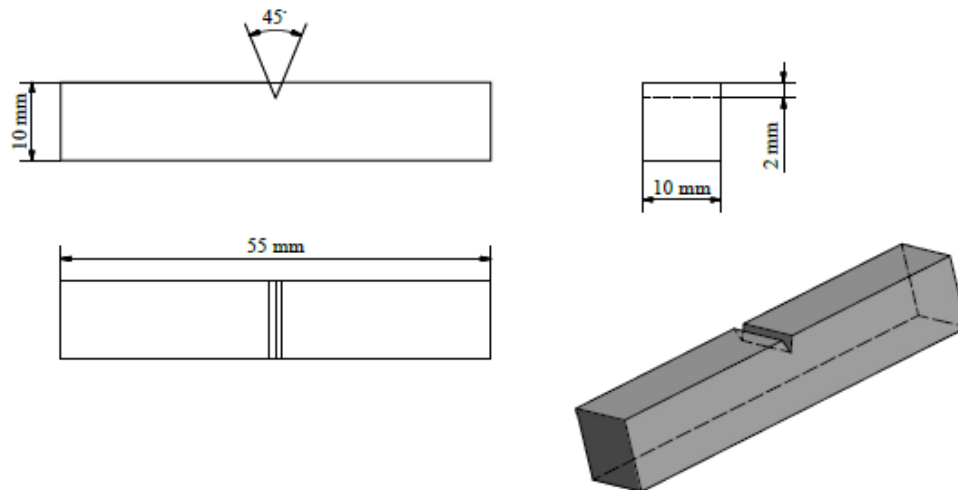
- Keterangan: E : Energi impact (Joule)
W : Berat hammer (kg)
R : Panjang lengan bandul (m)
 α : Sudut awal bandul ($^\circ$)
 β : Sudut akhir bandul ($^\circ$)

Harga impact dapat dihitung dengan rumus:

$$HI = \frac{E}{A^\circ} \dots\dots\dots(2)$$

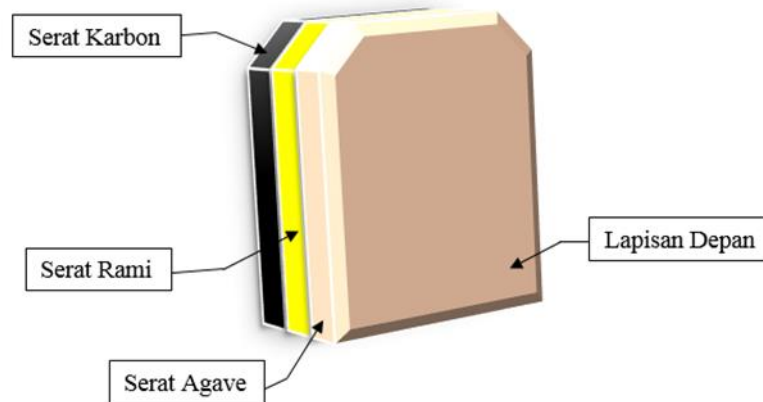
- Keterangan: HI : Harga Impact (Joule/ mm^2)
E : Energi impact (Joule)
 A° : Luas penampang di bawah takik (mm^2)

Fraksi volume yang digunakan adalah volume serat 90% dan volume matriks 10%. Berikut pada Gambar 2 disain spesimen uji impact yang dibuat:



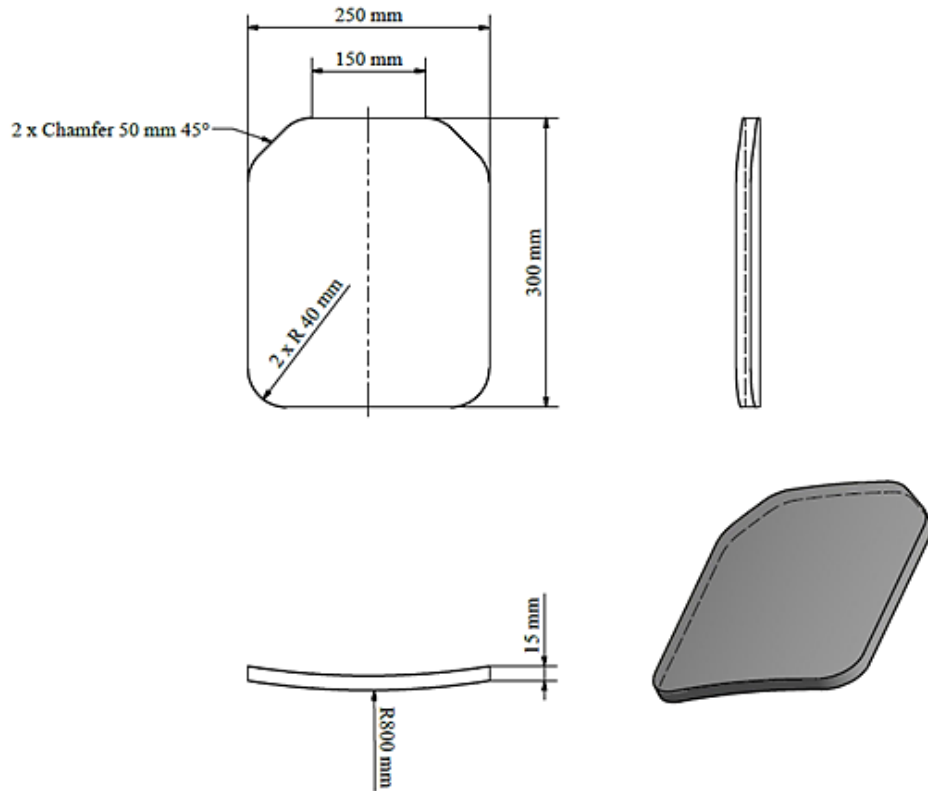
Gambar 2. Desain Spesimen Uji Impak

Setelah dilakukan pengujian kekuatan impak dan mendapatkan material komposit dengan kekuatan impak optimal, maka dibuat produk panel rompi anti peluru dengan ketebalan total 15 mm dan ketebalan 5 mm pada setiap jenis serat dengan urutan lapisan serat dari teratas ke yang terbawah yaitu serat agave, rami, dan karbon kevlar. Fraksi volume yang digunakan adalah volume serat 90% dan volume matriks 10%.



Gambar 3. Urutan lapisan serat pada *Body Armor*

Berikut pada Gambar 4, disain rompi anti peluru yang dibuat mengacu pada standar NIJ 0101.04 dan produk yang banyak dijual dipasaran.



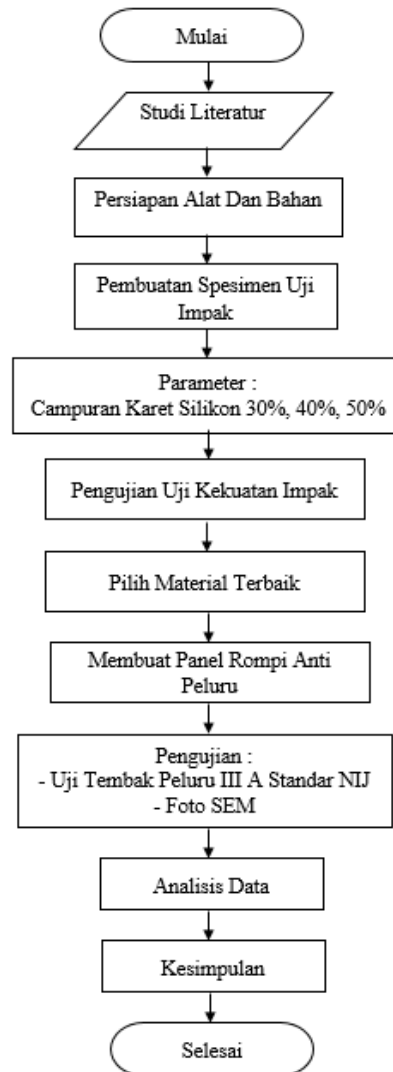
Gambar 4. Desain panel rompi anti peluru

Produk rompi anti peluru yang akan diuji sesuai standar pengujian yang digunakan yaitu menggunakan tipe III-A, NIJ 0101.04 dengan tipe peluru yaitu 44 Magnum Lead SWC dan 9 mm FMJ, nominal massa peluru sebesar 8,1 g, minimum kecepatan peluru sebesar 426 m/s. Langkah pertama saat pengujian yaitu meletakkan spesimen uji dengan jarak sesuai standar yang ditentukan yaitu 15 meter dari senjata penembak.

Setelah dilakukan pengujian impact dan pengujian tembak maka dilakukan analisa material menggunakan foto makro dan foto SEM untuk mengetahui karakteristik kerusakan material setelah diuji.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut diagram alir penelitian yang akan digunakan, dilihat pada gambar 5



Gambar 5. Diagram Alir

3.1 Alat Dan Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian, beberapa diantaranya adalah :

- a. Cetakan Rompi Anti Peluru
- b. Mesin Gerinda
- c. Mesin Bor
- d. Kunci Kombinasi Pas Ring
- e. Alat Pres Cetakan
- f. Gergaji Kasar
- g. Gergaji Halus
- h. Gunting
- i. Cat
- j. Kuas
- k. Kikir Segitiga
- l. Timbangan Digital
- m. Jangka Sorong
- n. Gelas Takar

Bahan yang digunakan pada penelitian

1. Wax
2. Cling Wrap
3. Serat Penguat
 - a. Serat karbon kevlar
 - b. Serat rami
- c. Serat agave
4. Matriks
 - a. Poliester
 - b. Karet silikon

3.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan november 2019, dengan beberapa tempat pengujian, diantaranya adalah :

1. Uji impak : Institut Teknologi Nasional Malang
2. Uji tembak : kesatrian Pusat Pendidikan ARHANUD Kota Batu
3. Foto SEM : Universitas Brawijaya

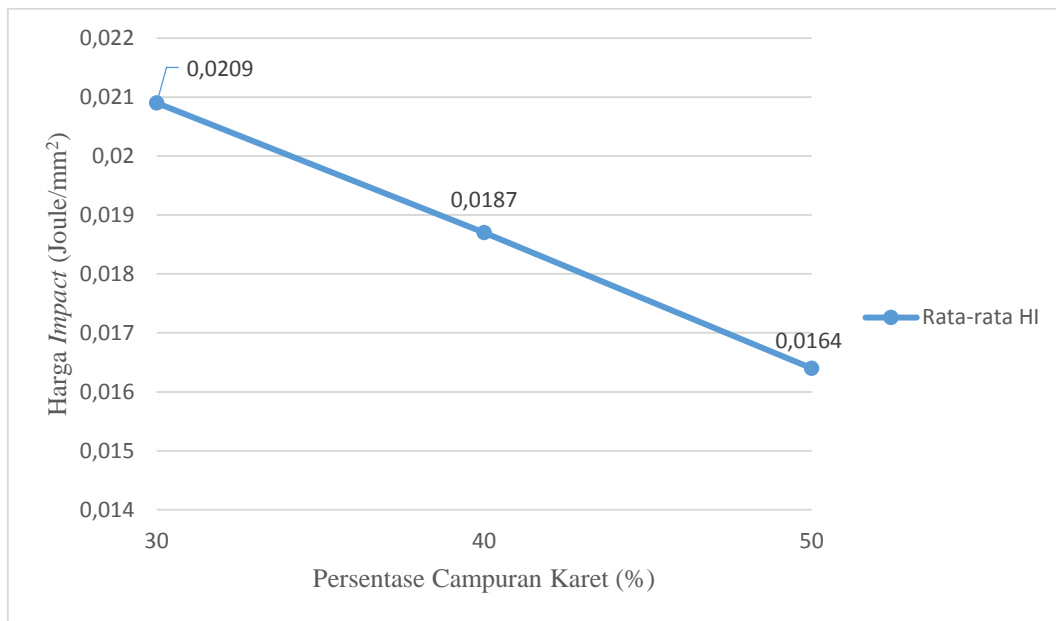
4. PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui harga impak dari material komposit serat karbon kevlar, serat rami, dan serat agave dengan matriks campuran karet silikon 30%, 40%, dan 50% pada poliester dengan standar ASTM D 256-00. Berikut dapat dilihat pada Tabel 1 hasil pengujian impak.

Tabel 2. Data pengujian impak

Variasi persentase karet	Nomor spesimen	(A°) (mm ²)	(α) (°)	(β) (°)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm ²)
30 %	1	80	45	36	1,735	0,0217
	2	80	45	36	1,735	0,0217
	3	80	45	37	1,559	0,0195
	Rata-rata					0.0209
40 %	1	80	45	37	1,559	0,0195
	2	80	45	37	1,559	0,0195
	3	80	45	38	1,378	0,0172
	Rata-rata					0.0187
50 %	1	80	45	38	1,378	0,0172
	2	80	45	38	1,378	0,0172
	3	80	45	39	1,193	0,0149
	Rata-rata					0,0164

Grafik 1. Data hasil pengujian impact



Dari hasil pengujian impact didapat nilai beta (β) yang digunakan untuk menghitung energi impact dan harga impact dari pengujian setiap spesimen.

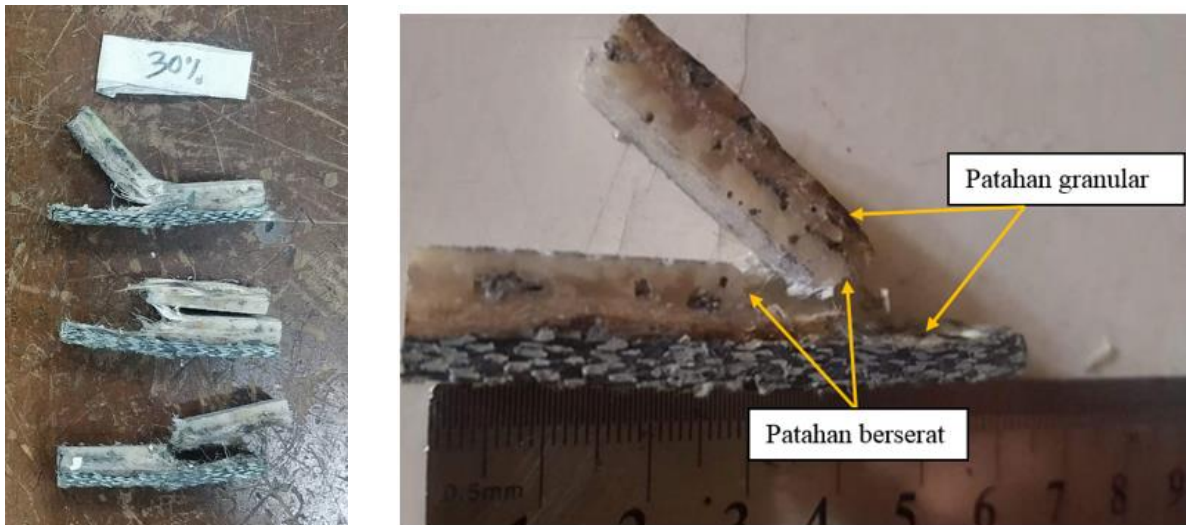
Dari hasil perhitungan di atas didapat energi impact dan harga impact dari material komposit yang telah diuji, lalu dibuatkan tabel dan grafik hasil pengujian untuk memudahkan membaca hasil pengujian impact. Berikut di bawah ini tabel dan grafik hasil pengujian impact:

4.1 Pembahasan hasil uji impact

Hasil pengolahan data uji impact material komposit serat karbon kevlar, serat rami, dan serat agave dengan variasi campuran karet silikon 30%, 40%, dan 50% pada matriks poliester, didapat grafik perbandingan dari rata-rata harga impact seperti pada tabel di atas. Harga impact rata-rata pada variasi campuran karet silikon 30% sebesar 0,0209 Joule/mm² dengan kondisi material komposit yang kaku, variasi campuran karet silikon 40% sebesar 0,0187 Joule/mm² dengan kondisi fisik material komposit sedikit lembek, dan variasi campuran karet silikon 50% sebesar 0,0164 Joule/mm² dengan kondisi material komposit yang lunak.

Jadi harga impact terbesar adalah pada variasi campuran karet silikon 30% yaitu sebesar 0,0209 Joule/mm², sedangkan harga impact terendah pada campuran 50% karet silikon yaitu sebesar 0,0164 Joule/mm². Maka campuran karet silikon yang baik digunakan pada matriks poliester material komposit serat karbon kevlar, serat rami, dan serat agave sebagai produk panel rompi anti peluru adalah 30%.

1. Foto kerusakan spesimen 30% karet silikon



Gambar 6. kerusakan yang terjadi pada spesimen 30% karet silikon

Dari foto di atas kerusakan yang terjadi pada spesimen dengan campuran matriks 30% karet silikon adalah kerusakan patah campuran yaitu patahan berserat terjadi pada patahan serat karbon kevlar dan patahan granular terjadi pada lepasnya ikatan antar serat karbon dengan serat rami. Hal ini terjadi karena komposisi yang tidak terlalu banyak karet mengakibatkan material komposit menjadi lebih kaku dan getas.

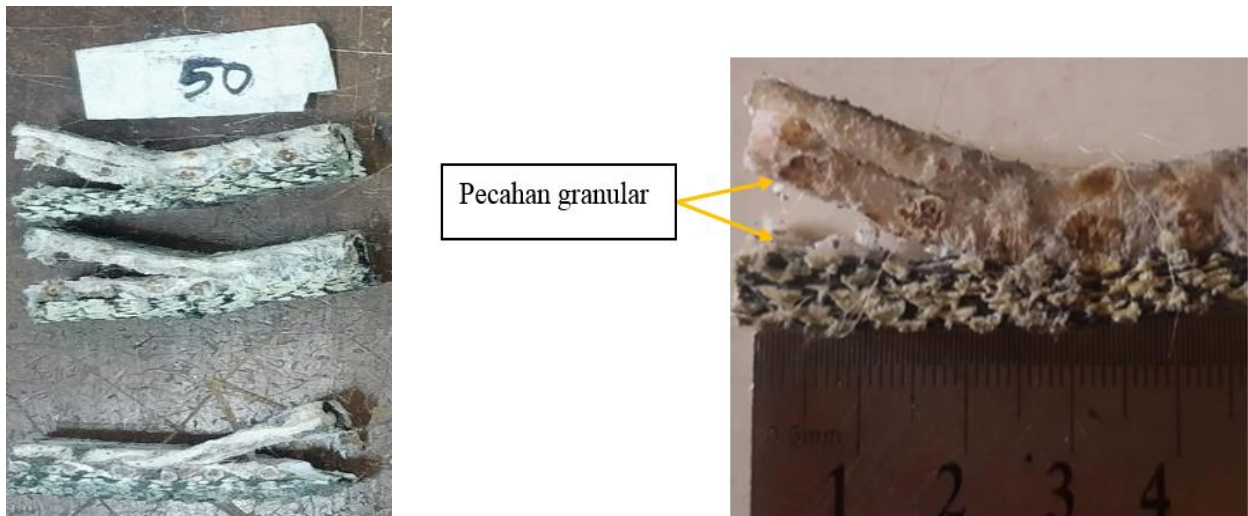
2. Foto kerusakan spesimen 40% karet silikon



Gambar 7. kerusakan yang terjadi pada spesimen 40% karet silikon

Dari gambar 4.4 kerusakan yang terjadi pada spesimen dengan campuran matriks 40% karet silikon adalah kerusakan granular terjadi pada lepasnya ikatan antar serat karbon dengan serat rami. Hal ini terjadi karena komposisi karet yang meningkat mengakibatkan material komposit menjadi lebih lunak dan tidak menimbulkan putusya serat akan tetapi lapisan antar serat yang terlepas.

3. Foto kerusakan spesimen 50% karet silikon



Gambar 8. kerusakan yang terjadi pada spesimen 50% karet silikon

Dari foto di atas kerusakan yang terjadi pada spesimen dengan campuran matriks 50% karet silikon adalah kerusakan granular terjadi pada lepasnya ikatan antar serat karbon dengan serat rami dan tidak terjadi patahan serat . Hal ini terjadi karena komposisi karet yang setara dengan poliester mengakibatkan material komposit menjadi lembek dan tidak menimbulkan putusny serat sehingga spesimen uji mengalami perubahan bentuk plastis yang sedikit.

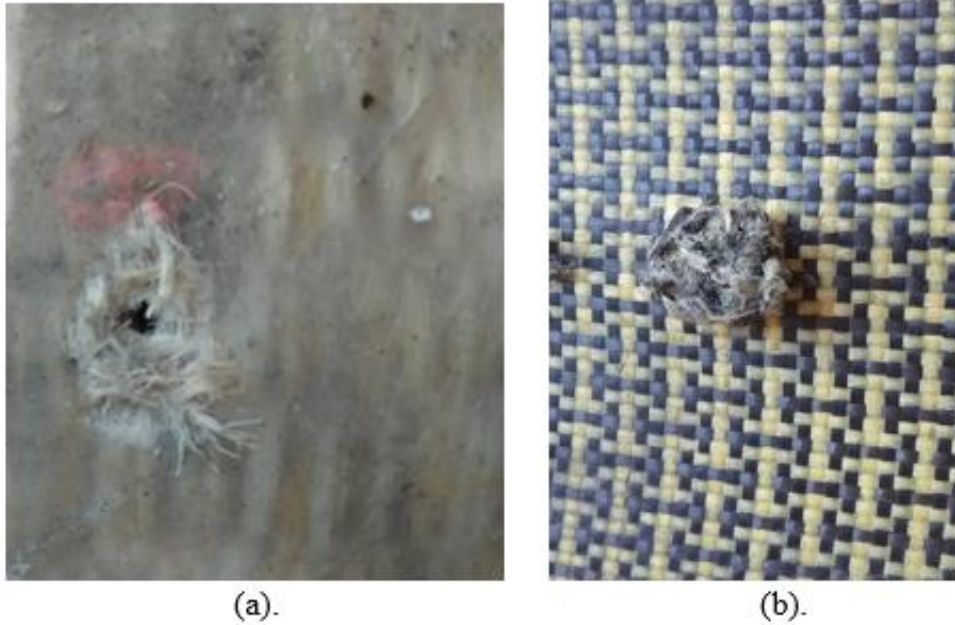
4.2 Pengolahan data dan pembahasan hasil uji tembak

Pengujian balistik dilaksanakan mengikuti standar NIJ 0101.04 LEVEL IIIA dan dilakukan di Pusat Pendidikan Arhanud, Kota Batu, Jawa Timur, pada tanggal 12 November 2019. Pengujian menggunakan senjata Pistol G2 Elite Pindad Cal. 9 mm. Pengujian balistik menggunakan jarak tembak sejauh 15 meter. Hasil pengujian didapatkan data berupa penetrasi peluru, timbulan kerusakan depan & belakang, dan diameter kerusakan depan & belakang akibat tembakan. Berikut di bawah ini penjelasan mengenai hasil pengujian tembak.

4.2.1 Pengolahan data hasil pengujian tembak

1. Penetrasi peluru

Penetrasi peluru hasil pengujian tembak yaitu dari 1 tembakan dari arah depan produk hasilnya produk tertembus oleh 1 tembakan tersebut. maka penetrasi yang terjadi pada produk tidak dapat disebutkan karena peluru menembus gambar (a) arah tembakan peluru dari depan produk (b) penampakan timbulan belakang produk yang terkena peluru



Gambar 9. Penampakan timbulan

2. Timbulan kerusakan depan & belakang

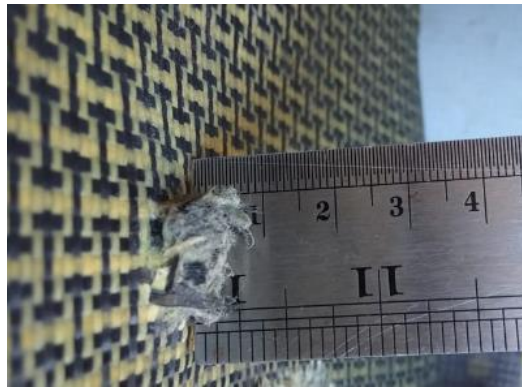
a. Timbulan kerusakan depan



Gambar 10. Penampakan timbulan depan

Dilihat dari Gambar diatas, timbulan kerusakan pada tembakan yang ditembak dari arah depan produk merata atau tidak ada timbulan serat yang keluar dari belakang produk memiliki tinggi timbulan serat 4 mm. Timbulan serat akibat tembakan dari arah belakang produk ini disebabkan karena peluru yang memaksa masuk dengan putaran tingginya.

b. Timbulan kerusakan belakang



Gambar 11. Penampakan timbulan belakang

Dilihat dari Gambar 11, timbulan kerusakan pada tembakan yang ditembak dari arah depan produk ada timbulan serat yang keluar setinggi 8 mm karena dorongan peluru yang putaran sudah lemah dapat dilihat dari bentuk kerusakannya

3. Diameter kerusakan depan & belakang setiap tembakan

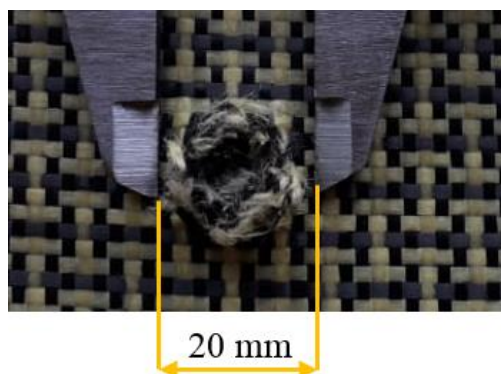
a. Diameter kerusakan tembakan dari arah depan produk



Gambar 12. Timbulan kerusakan material produk setelah uji tembak

Dilihat dari Gambar 12 hasil tembakan terdapat kerusakan dengan diameter tembakan dari arah depan sebesar 21,1 mm.

b. Diameter kerusakan tembakan dari arah belakang produk.



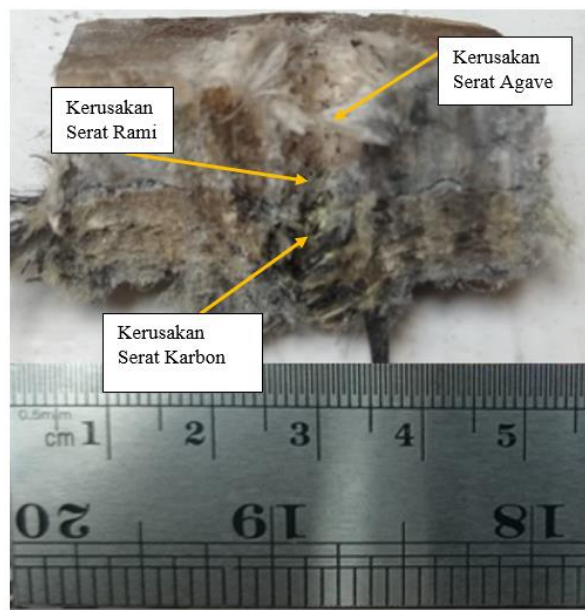
Gambar 13. Timbulan kerusakan material produk setelah uji tembak

Dilihat dari Gambar 12 dapat dilihat hasil tembakan yang, diameter tembakan dari arah depan sebesar 21,1 mm sedangkan diameter kerusakan belakang tembakan sebesar 20 mm.

Dari hasil tembakan tersebut didapat perbedaan besar diameter kerusakan antara depan dan belakang produk berdasarkan tembakan dari arah depan produk. Kerusakan depan tembakan lebih besar diameternya dibandingkan kerusakan pada bagian belakang produk karena serat pada bagian depan produk, lebih rapuh daripada serat rami maka kerusakan pada belakang produk lebih kecil. Serat karbon memiliki karakteristik yang lebih tinggi dibandingkan serat bagian depan produk, sehingga dapat menahan penetrasi peluru yang baik maka dari itu lubang pada bagian belakang lebih kecil dari pada bagian depan produk.

4. Foto makro dan SEM produk komposit panel rompi anti peluru

A. Foto makro



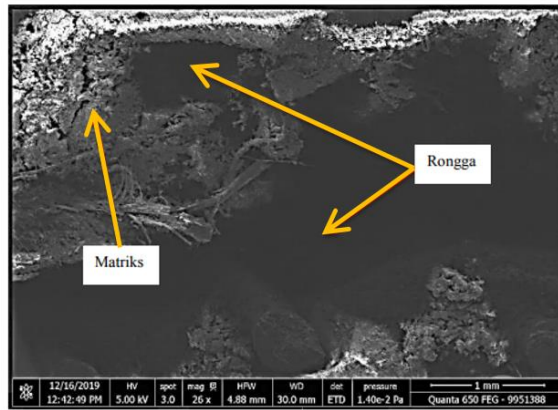
Gambar 14. Tembakan dari arah depan produk

Berikut dibawah ini foto lapisan serat dan kerusakan bagian dalam material komposit panel rompi anti peluru hasil pengujian tembak dari arah depan. Dapat disimpulkan bahwa kerusakan tembakan peluru dari arah depan produk pada agave dan serat rami besar daripada bagian belakang produk dan kerusakan serat karbon terdeformasi ke segala arah. Hal ini disebabkan karena saat produk ditembak dari arah depan serat agave dan serat rami lebih efektif menahan laju peluru karena letaknya yang di laspisan di depan serat karbon.

B. Foto SEM

Berikut dari foto SEM cacat yang terjadi pada material komposit yang mempengaruhi kemampuan produk panel rompi anti peluru:

Dari foto SEM gambar 15. dapat dilihat bahwa terjadinya rongga pada material komposit yang disebabkan oleh tidak meratanya matriks masuk kedalam celah serat, sehingga kekuatan material akan menurun jika terjadi banyak rongga.



Gambar 15. Foto SEM cacat rongga pada material komposit (pembesaran 26x)

dapat dilihat dari foto SEM terjadinya rongga pada material komposit yang disebabkan oleh tidak meratanya matriks masuk kedalam celah serat, sehingga rongga terjadi. Rongga ini sangat berpengaruh pada kekuatan material komposit dalam menahan laju peluru tembak karena jika tanpa matriks maka keuletan dari material komposit berkurang dan peluru mudah untuk menembus serat yang tanpa matriks. Cacat ini diakibatkan oleh kurang banyak matriks yang di tuang saat mencetak material komposit, terutama saat produk di pres matriks harus tergenang di cetakan sampai matriks mengeras sehingga cacat rongga bisa diminimalkan.

4.3 Pembahasan hasil pengujian tembak

Hasil pengujian tembak produk panel rompi anti peluru dengan ketebalan 15 mm berbahan komposit serat karbon kevlar, serat rami, dan serat agave dengan campuran 30% karet silikon pada matriks poliester yang dibuat oleh penulis dengan metode pembuatan hand lay-up ternyata tidak mampu menahan laju peluru tembakan pistol G2 elite pindad yang setara dengan standar NIJ 0101.04. Dilakukannya 1 tembakan dari arah depan produk tembus. Dari tembakan tersebut menghasilkan besar kerusakan yaitu pada bagian depan tembakan. Tembakan dari arah depan produk memiliki kerusakan bagian belakang yang lebih besar daripada kerusakan belakang, hal ini disebabkan karena serat karbon yang memiliki kekuatan nilai tarik yang lebih besar daripada kekuatan tarik serat agave sehingga pecahan akibat tembakan pada lapisan serat agave lebih besar, luas, dan rapuh.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang penulis lakukan yaitu tentang analisa kemampuan komposit matriks poliester-karet berpenguat serat karbon kevlar, rami, dan agave pada produk panel rompi anti peluru dapat disimpulkan hasilnya sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kekuatan impak menunjukkan harga impak terbesar adalah pada variasi campuran karet silikon 30% yaitu sebesar 0.0209 Joule/mm² dengan kondisi material komposit yang kaku, sedangkan harga impak terendah pada campuran 50% karet silikon yaitu sebesar 0,0175 Joule/mm² dengan kondisi material komposit yang lunak.
2. Hasil foto makro kerusakan uji impak campuran karet silikon 30% terjadi patahan campuran, campuran karet silikon 40% mengalami patah granular yang terjadi pada ikatan antar serat yang terlepas, dan campuran karet silikon 50% mengalami patah

granular yang terjadi pada ikatan antar serat yang terlepas dan deformasi plastis yang sangat sedikit karena material lunak.

3. Persentase campuran karet silikon pada matriks poliester yang terbaik digunakan material komposit serat karbon kevlar, serat rami, dan serat agave sebagai produk panel rompi anti peluru dengan yaitu 30%.

5.2 Saran

1. Memastikan dengan baik fraksi volume setiap campuran matriks dengan *hardener* dan mengaduknya secara merata saat mencampur guna mengurangi resiko terjadinya perbedaan lama waktu pengeringan, bahkan resiko tidak keringnya matriks sesuai rencana.
2. Meminimalisirakan terbentuknya cacat porositas pada material produk sehingga dapat menaikkan kekuatan impak untuk menahan laju peluru.
3. Memperbanyak lapisan anyaman serat rami untuk meningkatkan kekuatan impak material komposit karena serat rami memiliki ikatan dengan matriks yang baik dan harganya relatif murah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anhar Pulungan Muhammad 2017. Analisis Kemampuan Rompi Anti Peluru Yang Terbuat Dari Komposit HGM-*Epoxy* dan serat karbon dalam menyerap energi akibat impact peluru. Jurnal Theses, Jurusan Teknik Mesin, institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Dedi, Deki W. 2019. Penelitian Kekuatan Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Karbon dan Anyaman Kawat. Skripsi S1 Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Dionisius Younggi, 2019. Material komposit.<http://teknikmesinmanufaktur.wordpress.com/2015/04/apa-itu-material-komposit.html>, diakses tanggal 14 oktober 2019
- Gibson, R.F. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. Singapore: Mc. Graw Hill
- Hendy Rianto, 2017. Komposit (definisi, klasifikasi, dan aplikasi), <https://hendyriyanto1992.wordpress.com/2017/09/komposit-definisi-klasifikasi-dan.html>. Diakses tanggal 10 oktober 2019.
- Jones, R.M. 1975. *Mechanics of Composite Material*. Washington DC: Scripta Book Company.
- Santo Rubber, 2019. Karet Silikon/silikon rubber, <https://www.industrikaret.com/karet-silikon.html>, Diakses tanggal 16 oktober 2019.
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Material Handbook*. New York: Mc. Graw Hill.
- Septyawan Dwi. 2010. Kevlar komposit. www.dwi-septyawan.wordpress.com/2010/01/kevlar-composite.html, diakses tanggal 15 oktober 2019

Seoyoon Yu, Wonjoo Lee, Bongkuk Seo, dan Chung-Sun Lim. 2018. Synthesis of Benzene Tetracarboxamide Polyamine and Its Effect on Epoxy Resin Properties. *Journal Polymers* 2018, 10, 782; doi:10.3390/polym10070782.

Sujana Wyn dan Astana Widi I Km. 2013. Pemanfaatan Silicon Rubber Untuk Meningkatkan Ketangguhan Produk Otomotif Buatan Lokal. *Jurnal Energi dan Manufaktur* Vol.6, No.(1): 1-94

Virginia. 2014. Ballistic Impact Mechanisms Of Materials.
<https://www2.virginia.edu/ms/research/wadley/ballistic-impact.html>. Diakses tanggal 24 Januari 2020

Wikipedia, 2019. Karet. <http://id.wikipedia.org/wiki/karet>. Diakses tanggal 15 oktober.

Wikipedia, 2019. Poliester, <http://id.wikipedia.org/wiki/poliester>.diakses pada tanggal 15 oktober 2019

Wikipedia, 2019. Serat, <http://id.wikipedia.org/wiki/serat>, diakses tanggal 14