

# **ANALISA KETEBALAN KOMPOSIT POLYESTER SERAT KARBON SERAT RAMI DAN SERAT AGAVE SEBAGAI MATERIAL ROMPI ANTI PELURU**

Yosef Muscati Ricky D.J.<sup>1)</sup>, I Komang Astana Widi<sup>2)</sup>  
Mahasiswa Teknik Mesin S1 ITN Malang<sup>1)</sup>, Dosen Teknik Mesin ITN Malang<sup>2)</sup>  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional  
Malang  
Jl. Raya Karanglo Km 2, Malang 65145  
Email : [rickydakrisna224@gmail.com](mailto:rickydakrisna224@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Dalam penelitian ini bertujuan menganalisa produk rompi anti peluru standar NIJ 0101.04 Level III A dengan material komposit *polyester* serat karbon, serat rami, dan serat agave menggunakan metode hand lay up. Dimana material tersebut mempunyai keunggulan pada kekuatan tarik yang tinggi. Terdapat 4 variasi ketebalan yaitu 5 mm, 7,5 mm, 10 mm, 15 mm yang akan diuji tembak dan difoto SEM. Berdasarkan pengujian tembak menggunakan jarak 15 meter dengan hasil penetrasi keempat rompi tersebut tembus dan mengalami kerusakan dengan diameter pada bagian belakang rompi anti peluru. dimana semakin tebal rompi maka, semakin besar diameter kerusakan yang timbulkan, didapat hasil selisih diameter terbesar rompi anti peluru yaitu 44 mm dengan selisih presentase 340% pada ketebalan 15 mm rompi anti peluru. Dari hasil foto SEM didapat cacat void pada rompi anti peluru, daya serap serat rami dan agave yang kurang baik, fiber pull out yang terjadi akibat pengujian tembak..

**Kata kunci** : Komposit, polyester, serat karbon, serat rami, serat agave, rompi anti peluru, uji tembak.

## **PENDAHULIAN**

### **Latar Belakang**

Perkembangan komposit saat ini begitu cepat dan semakin berpotensi menjadi material alternatif pengganti logam. Bahan komposit memiliki keunggulan kuat, ringan, tahan korosi yang baik, dengan karakteristik dan kekuatan mekanisnya yang sangat tinggi (Alif Basharudin, 2019). Bahan penyusun komposit yang paling utama adalah matrik dan bahan penguat. Matrik yang umum digunakan adalah polyester, karena dari resin tersebut mempunyai kekurangan sifat yang kaku dan rapuh maka untuk meningkatkan kekuatannya diberi penguat serat. Rompi anti peluru yang

digunakan harus nyaman, ringan, tidak menghambat mobilitas, serta memiliki ruang agar temperatur saat digunakan tetap stabil. Rompi anti peluru dengan material logam memiliki bobot yang berat, hal ini berdampak tidak baik bagi pengguna rompi anti peluru. Dalam penelitian ini membuat rompi anti peluru komposit polyester, serat karbon, serat rami, dan serat agave dimana material material tersebut memiliki kekuatan mekanis yang sangat tinggi. Kekuatan tarik karbon 4000 Mpa(Hartono, dkk, 2016), kekuatan tarik serat rami 928 MPa (Teguh Rahardjo, 2008), kekuatan tarik serat agave 19,774 MPa (Surata, dkk, 2016). Standar rompi anti peluru pada penelitian ini yaitu NIJ 0101.04 level III A dengan jarak 15 meter menggunakan pistol G2 Elite cal 9mm. Dengan menggunakan variasi ketebalan 5mm, 7,5mm, 10mm, dan 15mm dengan metode pembuatan hand lay-up.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui, apakah material komposit matriks polyester berpenguat, serat karbon, serat rami, dan serat agave sebagai material rompi anti peluru layak untuk dijadikan rompi anti peluru sesuai standar NIJ 0101.04 level III A

### **Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memanfaatkan hasil alam yang lebih murah dan mudah didapatkan.
2. Memberikan rancangan baru tentang rompi anti peluru yang berbahan serat karbon, serat agave, serat rami dan matriks polyester.
3. Sebagai referensi penelitian selanjutnya

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **Rompi Anti Peluru**

Rompi anti peluru secara konsep dan prinsip kerja mengurangi dan menyerap sebanyak mungkin energi kinetik dari peluru saat terjadi penetrasi oleh peluru pada rompi, sehingga energi kinetik dari peluru tersebut tidak cukup untuk menembus rompi.

Tabel 1 Rompi Anti Peluru NIJ standar-0101.04 (Zubaidi, Dkk, 2008)

Level	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

### Serat Karbon

Serat karbon adalah serat berdiameter sekitar 5-10 mikrometer dan sebagian besar terdiri dari atom karbon. Serat karbon memiliki beberapa keunggulan termasuk kekakuan tinggi, kekuatan tarik tinggi, berat rendah, ketahanan kimia tinggi, toleransi suhu tinggi dan ekspansi termal rendah. Dimana Kekuatan tarik serat karbon yaitu 4000 Mpa (Hartono, dkk, 2016), Sifat serat karbon memiliki densitas yang cukup ringan, Struktur grafit yang digunakan untuk membuat fiber berbentuk seperti kristal intan, mempunyai karakteristik yang ringan, kekuatan yang sangat tinggi, kekakuan (modulus elastisitas) tinggi.

### Serat Rami

Tanaman rami adalah tanaman tahunan yang berbentuk rumpun mudah tumbuh dan dikembangkan di daerah tropis, tahan terhadap penyakit dan hama, serta dapat mendukung pelestarian lingkungan. Dalam hal tertentu serat rami mempunyai keunggulan dibandingkan serat yang lainnya seperti kekuatan tarik, daya serap terhadap air, tahan terhadap kelembapan dan bakteri, tahan terhadap panas serta peringkat nomor dua setelah sutera dibandingkan serat alam yang lainnya dan lebih ringan dibanding serat sintetis dan ramah lingkungan. Serat rami memiliki kekuatan tarik 938 Mpa dan young modulus 128 Gpa (Teguh Rahadjo, 2008).

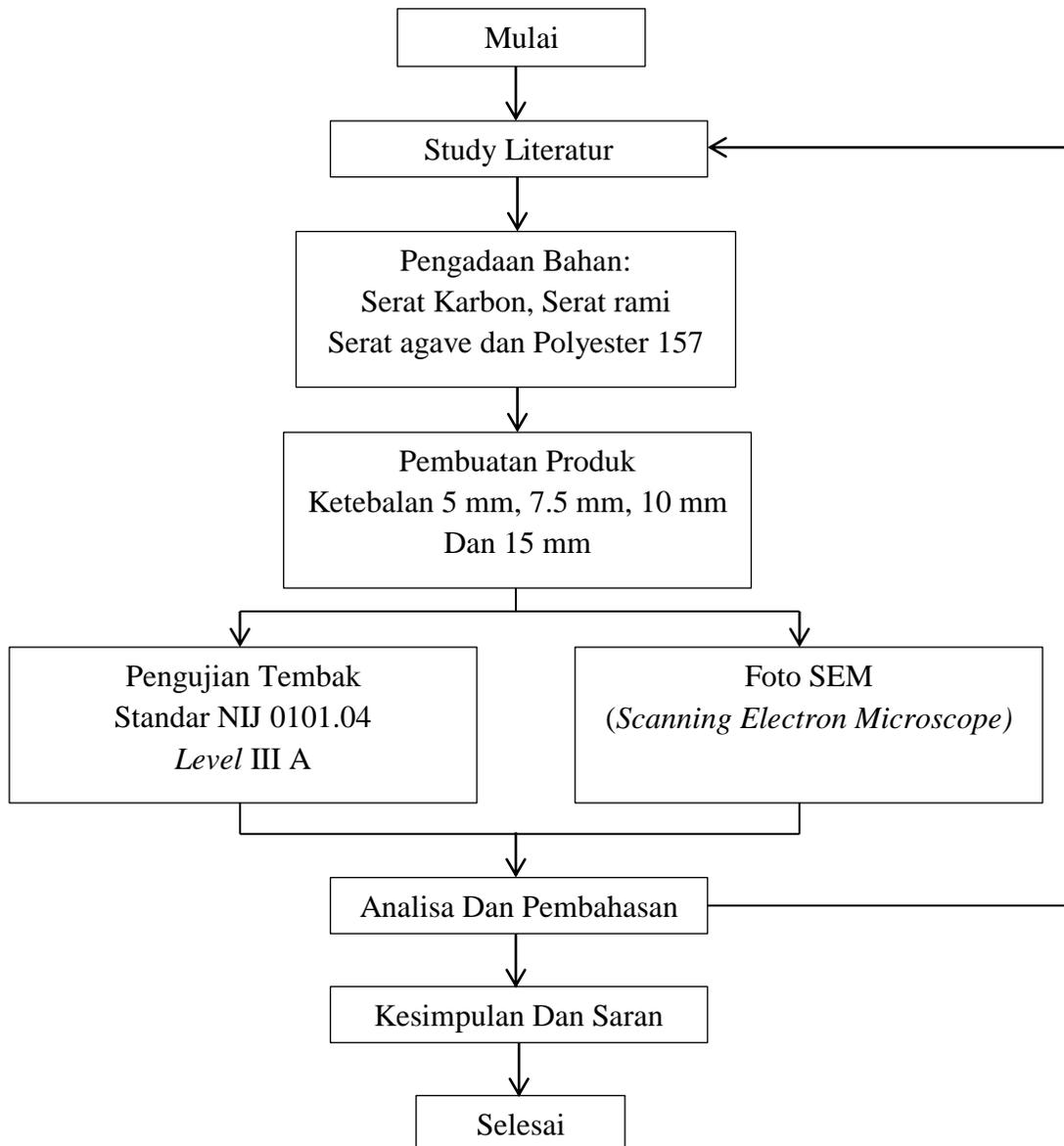
### Serat Agave

Serat agave merupakan tanaman yang tidak tahan terhadap air dan cuaca lembab. Tanaman agave harus terkena cahaya matahari. Serat agave sering digunakan

sebagai komposit baik pada bidang industri, otomotif maupun pembuatan rumah substitusi pengganti kayu. Kekuatan tarik serat agave yaitu 19,774 Mpa dan modulus elastis yaitu 2,831 Gpa (Surata, dkk, 2016).

## METODOLOGI PENELITIAN

### Diagram Alir



### Analisa Dan Pembahasan

Pengujian tembak dilaksanakan mengikuti standar NIJ 0101.04 *Level IIIA*, dilakukan di Pusat Pendidikan Arhanud, Kota Batu, Jawa Timur, pada tanggal 12

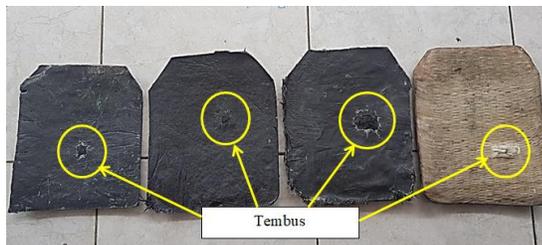
November 2019. Dengan menggunakan Pistol G2 Elite Pindad Cal.9 mm. Pengujian tembak dilakukan dengan jarak 15 meter. Jarak 15 meter diambil karena merupakan jarak pada kondisi siaga. Hasil pengujian didapatkan data berupa penetrasi peluru, timbulan kerusakan depan & belakang, dan diameter kerusakan depan & belakang akibat tembakan. Berikut di bawah ini penjelasan mengenai hasil pengujian tembak.

### 1. Penetrasi peluru

Data hasil pengujian tembak dengan pistol G2 Elite dengan jarak 15 meter. Serat yang berdamapak kerusakan paling besar yaitu serat agave dapat dilihat pada gambar 4.5. (Ridho Azhari, 2017) pada penelitiannya menyatakan rompi anti peluru komposit HGM serat karbon, dan serat agave tidak kuat menahan penetrasi peluru dan mengalami deformasi regangan pada serat agave.

*Tabel 2 Hasil penetrasi pengujian tembak*

No	Jumlah lapisan	Ketebalan	Penetrasi
1	4 lapisan(2 karbon, 1 rami, 1 agave)	5 mm	Tembus
2	6 lapisan(4 karbon, 1 rami, 1 agave)	7,5 mm	Tembus
3	8 lapisan(6 karbon, 1 rami, 1agave)	10 mm	Tembus
4	11 lapisan(8 karbon, 2 rami, 1 agave)	15 mm	Tembus



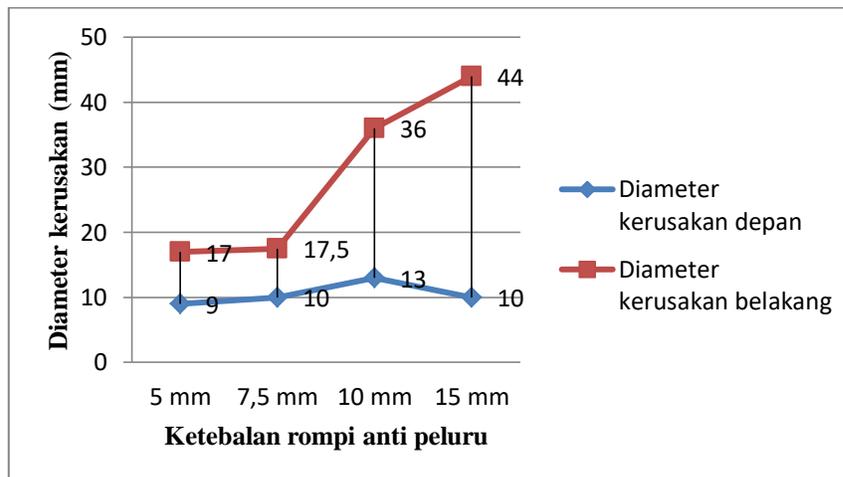
*Gambar 1 Penetrasi peluru tembus*

### 2. Diameter kerusakan hasil uji tembak

Terdapat 4 variasi panel rompi anti peluru yaitu 5mm, 7,5mm, 10mm, dan 15mm, dimana hasil pengujian tembak tersebut menyebabkan keempat panel rompi anti peluru tembus dan menyebabkan kerusakan dengan diameter yang berbeda beda.

Tabel 3 Diameter kerusakan hasil pengujian tembak

No	Ketebalan	Diameter kerusakan depan	Diameter kerusakan belakang	Selisih diameter	Presentase selisih diameter kerusakan belakang terhadap depan
1	5 mm	9 mm	17 mm	8 mm	89%
2	7,5 mm	10 mm	17,5 mm	7.5 mm	75%
3	10 mm	13 mm	36 mm	23 mm	177%
4	15 mm	10 mm	44 mm	34 mm	340%



Grafik 1 Hubungan diameter kerusakan terhadap ketebalan rompi anti peluru

diameter kerusakan yang diakibatkan pengujian tembak pada bagian depan rompi anti peluru tidak jauh berbeda dengan diameter peluru (cal 9mm), hal ini disebabkan kecepatan awal yang masih tinggi dan belum mengalami hambatan, membuat penetrasi peluru mudah menembus lapisan awal rompi anti pelur dengan tidak signifikan memperbesar diameter kerusakan bagian depan rompi.

dapat dilihat diameter kerusakan akibat pengujian tembak, dimana diameter belakang hasil pengujian tembak sangat signifikan lebih besar diameternya dibandingkan dengan diameter depan, hal ini dikarenakan semakin tebal rompi anti peluru maka hambatan pada peluru juga semakin besar, hambatan tersebut menimbulkan kerusakan yang lebih besar pada diameter bagian belakang rompi anti peluru. Jika rompi anti peluru ketebalannya berkurang maka hambatan pada peluru semakin berkurang, dengan ini peluru lebih mudah memberikan penetrasi langsung kepada rompi anti peluru dengan hambatan yang kecil dan dapat menembus rompi anti peluru dengan kerusakan diameter belakang yang semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin tebal rompi anti peluru maka temperatur pada rompi anti peluru semakin tinggi, menyebabkan energi panas dari peluru lebih besar menimbulkan kerusakan karena temperatur yang semakin tinggi (Muhamad Anhar Pulungan, 2017).

### **Analisa dan pembahasan foto makro dan foto SEM**

Foto SEM dilaksanakan pada tanggal 18 September 2019 di Laboratorium Sentral Ilmu Hayati(LSIH) Universitas Brawijaya. Foto SEM dilakukan untuk mencari ikatan antar serat, dampak peluru terhadap komposit, dan cacat yang terjadi pada produk komposit rompi anti peluru.

#### 1 Foto makro

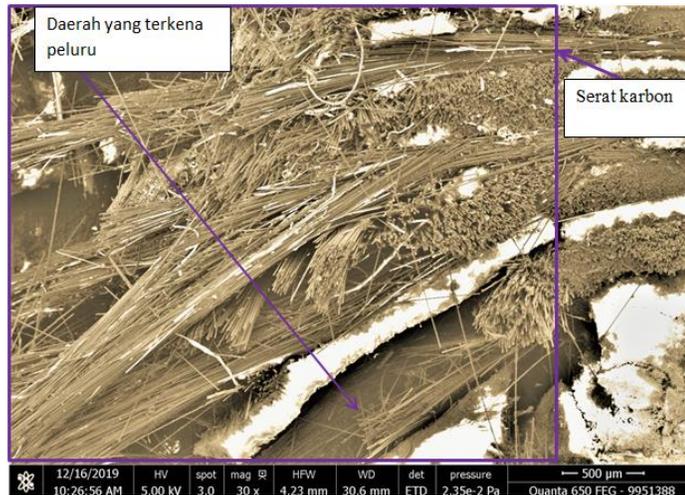


*Gambar 2 Foto makro arah tembakan peluru*

Datangnya peluru menumbuk rompi anti peluru dengan lapisan awal yaitu serat karbon, kemudian peluru menembus bagian serat rami, dan serat agave. Pada gambar 2 dapat dilihat dimana arah peluru bergeser kearah kanan, hal ini disebabkan karena lapisan awal karbon menahan penetrasi peluru yang paling besar(Ridho Azhari, 2017). Tepat seperti penjelasan (Nurun nayiroh, 2016) ketika komponen yang lebih rapuh patah, maka beban yang di bawa oleh komponen rapuh akan diteruskan

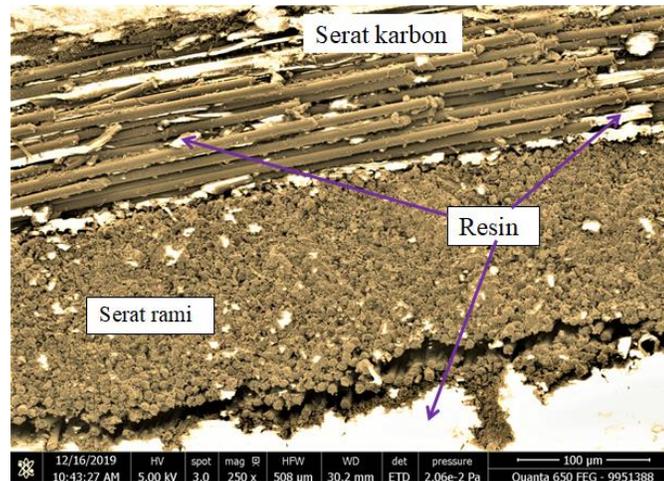
ke komponen yang lebih ulet. diameter kerusakan akibat pengujian tembak semakin membesar karena pada bagian awal peluru menumbuk karbon kekuatan komposit terus menurun saat menembus bagian lapisan rami dan agave, sehingga lapisan awal karbon menyebabkan peluru sedikit bergeser kearah kanan.

## 2 Foto SEM



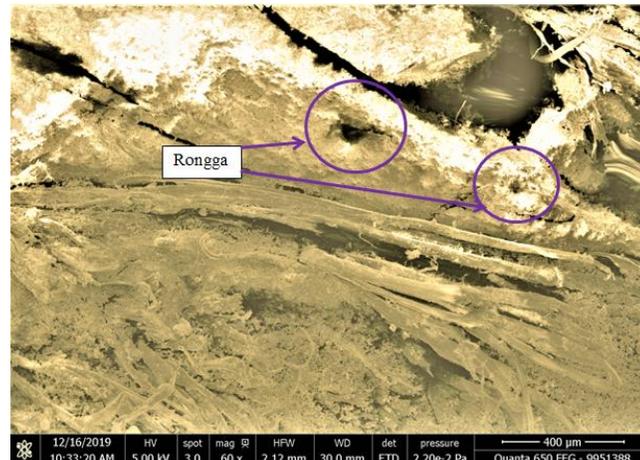
Gambar 3 Foto SEM ikatan resin dengan serat

Pada daerah yang terlewati peluru mengakibatkan *fiber pull out*, *fiber pull out* adalah serat yang tercabut dari matriknya, hal ini disebabkan karena peluru yang bertumbukan langsung dengan komposit tersebut. Pada gambar 3 bisa dilihat daya serap dari matriks dengan karbon sangat baik dan saling terikat antara laminasi karbon dengan karbon lainnya. *Wetability* serat dengan matrik akan semakin baik, sehingga kekuatan antar lapisan pun akan meningkat (Maryanti, 2011).



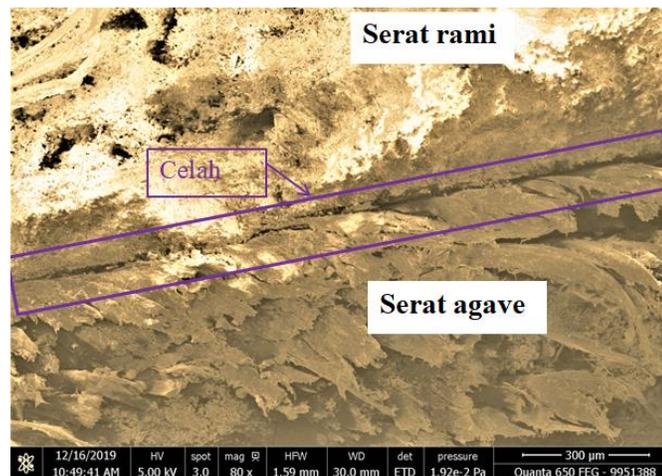
*Gambar 4 Ikatan antara serat karbon dan serat rami*

Dari gambar 4 dapat dilihat ikatan laminasi antara serat karbon dan serat rami saling terikat rapat, dengan ini dapat dilihat fungsi dari matrik untuk mentransfer tegangan bisa maksimal. Penyebaran serat yang merata juga mempengaruhi ketahanan impak dari komposit.



*Gambar 5 Rongga pada komposit*

Rongga(*void*) terbentuk akibat terperangkapnya udara pada saat proses manufaktur, daya ikat yang tidak sempurna antara matriks dengan serat mengakibatkan terjadinya void pada komposit yang mengakibatkan kekuatan komposit menurun (Taufik dan Astuti, 2014). Rongga yang terjadi pada matrik sangatlah berbahaya, karena bagian tersebut serat akan mentransfer tegangan ke matrik.



*Gambar 6 Ikatan antara serat rami dan serat agave*

Lapisan antara serat rami dan serat agave tidak bisa homogen sehingga terdapat celah pada laminasi tersebut. (Matthews dkk, 1994) yang menyatakan bahwa komposit merupakan material yang terbentuk dari dua kombinasi atau lebih material pembentuknya yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing pembentuknya berbeda. Serat agave kurang optimal dibandingkan dengan serat lainnya (serat karbon dan serat rami) sebagai material rompi anti peluru, namun serat tersebut lebih ringan dari serat lainnya (serat karbon dan serat rami), hal ini disebabkan kekuatan tarik serat agave lebih rendah dari serat lainnya (serat karbon dan serat rami) yaitu 19,774 MPa (Surata, dkk, 2016), serat rami 928 Mpa (Teguh Rahardjo, 2008), dan serat karbon 4000Mpa (Hartono dkk, 2016).

### **Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian komposit matrik *polyester*, serat karbon, rami, dan agave Sebagai material rompi anti peluru dapat disimpulkan bahwa komposisi tersebut tidak mampu untuk menahan penetrasi dari peluru, dikarenakan rompi anti peluru dengan ketebalan 5 mm, 7,5 mm, 10 mm, dan 15 mm tembus dengan diameter kerusakan yang berbeda beda. Seiring dengan meningkatnya ketebalan rompi anti peluru kecenderungan selisih diameter kerusakan bagian depan dan belakang rompi terus meningkat kecuali pada rompi anti peluru ketebalan 7,5 mm dengan selisih diameter yaitu 7,5 mm, turun 0,5 dibandingkan dengan rompi anti peluru ketebalan 5 mm. Dimana selisih diameter tertinggi pada rompi anti peluru yaitu 34 mm pada rompi dengan ketebalan 15 mm dengan presentase 340%.

### **Saran**

Dengan penelitian ini beberapa saran yang dapat diberikan untuk perkembangan dalam bidang material komposit sebagai berikut :

1. Menggunakan metode *vacum infusion processing* dalam membuat komposit untuk mengurangi cacat rongga atau *void*. Metode *Vacum infusion processing* dapat menghasilkan sifat mekanik yang sangat baik.
2. Menghindari terkontaminasi matriks agar tidak mengakibatkan kecacatan pada produk serta menjaga kebersihan serat serat pada pembuatan produk.
3. Menggunakan variasi komposisi serat lainnya untuk memaksimalkan kekuatan produk yang akan diuji
4. Menggunakan komposisi serat yang lebih kuat selain serat agave

## DAFTAR PUSTAKA

Anhar Pulungan Muhammad. 2017. Analisa 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.

Azhari, Ridho. 2017. Analisa komposit *Multi Reinforcement* sebagai material alternatif rompi anti peluru dalam menahan energi *impact* proyektil. Jurnal tugas akhir. Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Rahardjo Teguh .2008. Study eksperimental pemanfaatan serat rami (*boemeria nivea*) sebagai bahan penguat komposit polimer matrik polistiren. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Surata, dkk. 2016. Studi sifat mekanis komposit *epoxy* berpenguat serat sisal orientasi acak yang dicetak dengan teknik *hand-lay up*. Jurnal Energi dan Manufaktur. Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana

Zubaidi, Moekarto M, Santoso S. 2009. Pembuatan rompi anti peluru menggunakan bahan dasar serat poliester. Balai besar tekstil Bandung.