

Study Perbandingan Serat Jute Jawa dan Kevlar Sebagai Penguat Epoxy untuk Aplikasi Helm Anti Peluru Berdasarkan Analisis Numerik

Ismojo^{1,a)}, Rahmat Hafizh^{2,b)}, Dwita Suastiyanti^{3,c)}

¹⁾ Program Studi Teknik Otomotif ITI,
Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

^{2,3)} Program Studi Teknik Mesin ITI,
Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

^{a)} ismojo72@gmail.com, ^{b)} rahmathafizh913@gmail.com, ^{c)} dwita_suastiyanti@yahoo.com

Abstrak

Pada penggunaan bahan komposit terdapat material yang terbuat dari dua atau lebih material yang berbeda. Penelitian ini menggunakan bahan komposit partikel yang tersusun dari *matrix resin epoxy Bisphenol A* dan penguat berupa serat jute jawa yang diaplikasikan pada helm anti peluru. Dalam penggunaan komposit ini dapat menentukan jumlah lembaran pada serat jute jawa yang efektif terhadap gaya peluru yang ditembakkan, hal ini untuk menunjang keselamatan penggunannya. Pada penelitian dilakukan analisis menggunakan metode simulasi numerik. Simulasi dilakukan sesuai dengan *national institute of justice standard 0101.03 U.S. department of justice*. Simulasi dilakukan dengan memvariasikan ketebalan pada serat jute jawa hingga didapatkan ketebalan yang optimal, kemudian dari hasil perhitungan mendapatkan 9 lembar serat jute jawa – epoxy dengan modulus elastisitas sebesar 7,2575 GPa dan *tensile strength* 169,25 N/mm². 12 lembar dengan modulus elastisitas 6,6722 GPa dan *tensile strength* 169,25 N/mm². 15 lembar dengan modulus elastisitas sebesar 6,6125 GPa dan *tensile strength* 169,25 N/mm². Dari hasil perhitungan dan simulasi dengan menggunakan *Ansys R.17* mendapatkan kesimpulan bahwa pada variasi 15 lembar serat jute jawa lebih aman untuk digunakan terhadap gaya peluru yang ditembakkan.

Kata Kunci: jute jawa, komposit, epoksi

Abstract

In the use of composite materials there are materials made of two or more different materials. This research uses particle composite material which is composed of Bisphenol A epoxy matrix resin and reinforcement in the form of Javanese jute fiber which is applied to the bullet proof helmet. In the use of this composite can determine the number of sheets in Javanese jute fibers that are effective against the bullet force fired, this is to support the safety of its users. This study an analysis using numerical simulation methods. The simulation was conducted according to the national institute of justice standard 0101.03 U.S. department of justice. The simulation is done by varying the thickness of the Javanese jute fiber to obtain an optimal thickness, then from the calculation results get 9 pieces of Javanese jute - epoxy with a modulus of elasticity of 7.2575 GPa and a tensile strength of 169.25 N / mm². 12 sheets with modulus of elasticity of 6.6722 GPa and tensile strength of 169.25 N / mm². 15 sheets with modulus of elasticity of 6.6125 GPa and tensile strength of 169.25 N / mm². From the results of calculations and simulations using Ansys R.17, it can be concluded that in the variation of 15 pieces of Javanese jute fiber it is safer to use the force of the fired bullet.

Keywords: javanese jute, composite, epoxy.

I. LATAR BELAKANG

Riset-riset tentang material helm anti peluru sejauh ini masih dilakukan secara pengujian. Sebaliknya, riset mengenai helm anti peluru menggunakan metode sampai saat ini masih sedikit yang melakukannya. Padahal metode numerikal memiliki beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan metode eksperimental. Riset dengan menggunakan metode numerikal tidak membutuhkan alat pengujian yang mahal, dan parameter serta constraint yang dimasukkan relatif tidak berubah-ubah. Hal ini berbeda dengan metode eksperimental, yang parameter dan constraintnya bisa berubah-ubah, semisal kecepatan peluru yang diatur ketika pengujian balistik dengan kecepatan realnya tidak akurat seratus persen. Ditambah dengan metode eksperimental yang membutuhkan pengujian berkali-kali untuk mencapai hasil yang akurat, menyebabkan metode eksperimental mejadi mahal dan tidak efisien. Sehingga tren riset mulai bergerak dari metode eksperimental ke metode numerikal. Dari latar belakang yang sudah dipaparkan maka penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemampuan penyerapan energi impact dan reduksi bobot pada helm anti peluru oleh beban balistik impact proyektil material komposit epoksi/jute jawa terhadap beban balistik impact proyektil secara numerikal. Data yang diperoleh diharapkan dapat digunakan sebagai dasar percobaan selanjutnya secara experimental terbuat dari serat yute jawa dan *matrix epoxy* dengan lembar lapisan yang divariasikan. Beberapa penelitian mengenai bahan pengganti logam yang tahan terhadap sifat kuat dan tekan telah dilakukan. Melakukan penelitian tentang pengaruh kecepatan dan variasi arah serat pada kekuatan balistik impact komposit E-glass/polyester yang menjadi fokus penelitian. Kecepatan divariasikan menjadi tiga kecepatan 300 m/s, 700 m/s, 800 m/s. sedangkan variasi arah seratnya adalah ada dua variasi arah serat, yaitu (0,90) dan rah (± 45). Komposit E-glass/isophthalic polyester dengan arah serat [± 45] memiliki kekuatan impact balistik lebih tinggi 22,32%, 16,46%, dan 14,55% dari pada komposit dengan arah serat [0,90] untuk tiap kecepatan 300, 700, dan 800 m/s karena distribusi tegangan lebih merata dibandingkan komposit [0,90] yang terjadi konsentrasi tegangan di area yang kecil [1].

Penelitian tentang temperatur *curing* dan *post-curing* terhadap karakteristik tekan komposit *epoxy-hollow glass microsphere* IM30K telah dilakukan. Penelitian dilakukan variasi fraksi volume, penambahan fraksi volume HGM 15% - 16% pada *epoxy* dengan respon ketangguhan. Hasil penelitian menunjukkan nilai ketangguhan maksimum adalah sebesar $21,54 \times 10^{-3} \text{ J/mm}^{-3}$ didapatkan pada penambahan fraksi volume HGM sebesar 16%.

penelitian mengenai analisis komposit matriks *epoxy* dengan penguat HGM untuk pembuatan *bumper* depan kendaraan. Penelitian dilakukan membuat 5 (lima) model *bumper* dengan ketebalan 8 mm. hasil penelitian menunjukkan rata-rata penyerapan energi kinetik untuk HGM-*epoxy* sebesar 86,39% [3].

Penelitian tentang menganalisis kemampuan model rompi anti peluru untuk menyerap energi akibat *Impact ballistic*. Model yang diuji terbuat dari komposit dan serat karbon. Pengujian dilakukan dengan menggunakan AP Projectile type M61 berukuran 7,62 x 51 mm pada jarak penembakan sejauh 15 m, kecepatan awal pelontaran sebesar 800 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit tanpa sisipan dan yang disisipkan oleh rubber mengalami peningkatan energi kinetik yang hamper sama. Aluminium *foam* dan *Teflon* disisipkan, energi kinetik yang timbul tertunda serta mampu mengurangi energi kinetik secara drastic pada kedua model tersebut [4].

II. LANDASAN TEORI

A. Komposit

Komposit merupakan material multi fase yang didapatkan dari kombinasi material yang berbeda untuk mendapatkan sifat mekanis. Sifat komposit bervariasi tergantung dari berbagai macam faktor diantaranya jenis komponen yang dipilih, distribusi komponen, dan morfologi komponen.

Ada beberapa kelebihan dari komposit apabila dibandingkan dengan material konvensional antara lain:

1. Material komposit mampu berperan sebagai terintegrasi sifat, misal komposit mampu menggantikan peran dari beberapa material logam.
2. Komposit memiliki *stiffness-to-density ratio* yang baik. Rasionya 1/5 dari baja dan 1/2 aluminium.
3. Komposit memiliki *strength-to-density ratio* yang baik. Kelebihan ini apabila digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat atau kendaraan bermotor bisa lebih efisien dalam hal bisa bergerak lebih cepat, bahan bakar yang lebih irit karena material lebih ringan dibandingkan dengan logam. Kekuatan spesifikasinya komposit ini hingga 3:5 lebih baik jika dibandingkan dengan baja.
4. *Endurance limit (fatigue strength)* dari komposit baik. Untuk paduan aluminium maupun baja *endurance limit* berada pada 50% dari nilai *static strength*, sementara *unidirectional carbon/epoxy composite* bisa mencapai 90% dari *static strength*.

B. Epoxy

Epoxy merupakan salah satu polimer *thermoset*. *Epoxy* merupakan material serba guna yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. *Epoxy* didapatkan dengan proses *curing (cross-linking)* secara kimiawi dengan amina, anhidrida, fenol, asam karboksilik, dan alcohol. *Epoxy* merupakan resin cair yang mengandung beberapa group epoksida seperti *diglycidyl ether of bisphenol A (DGEBA)* yang memiliki dua grup epoksida. Adapun beberapa kelebihan dari *epoxy* antara lain:

- Penyusun material rendah.
- Sifat adhesif material baik.
- Ketahanan kimia material yang baik.
- Material memiliki sifat mekanik, seperti ketangguhan yang baik.
- *Epoxy* dapat diformulasikan dengan material lain maupun *epoxy* jenis lain untuk mendapatkan sifat sesuai keinginan.

Sifat material *thermoset*, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Material *Thermoset*.

| Resin Material | Density (g/cm^3) | Tensile Modulus GPa ($10^6 psi$) | Tensile strength MPa ($10^3 psi$) |
|----------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Epoxy | 1.2-1.4 | 2.5-5.0 (0.36-0.72) | 50-110 (7.2-16) |
| Phenolic | 1.2-1.4 | 2.7-4.1 (0.4-0.6) | 35-60 (5-9) |
| Polyester | 1.2-1.4 | 1.6-4.1 (0.23-0.6) | 35-95 (5.0-13.8) |

Dari berbagai jenis material termoset ada kelebihan dan kekurangan masing-masing. Berikut adalah Tabel 2 perbandingan epoxy resin dan material polimer lain:

Tabel 2. Perbandingan Epoxy Resin dan Polimer Lain

| Polyester Advantages | Disadvantages |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Easy to use • Lowest cost of resins available | <ul style="list-style-type: none"> • Only moderate mechanical properties. • High styrene emissions in open moulds. • High cure shrinkage. • Limited range of working times. |
| Vinylesters Advantages | Disadvantages |
| <ul style="list-style-type: none"> • Very high chemical • Higher mechanical properties than polyester | <ul style="list-style-type: none"> • Postcure generally required for high properties. • High styrene content. • Higher cost than polyester. • High cure shrinkage. |
| Epoxy Advantages | Disadvantages |
| <ul style="list-style-type: none"> • High Mechanical and thermal properties. • High water resistance. • Long working times available • Temperatur resistance can be up to 140°C. • Low cure shrinkage. | <ul style="list-style-type: none"> • More expensive than vinylester. • Critical mixing. • Corrosive handling. |

C. Kevlar

Aramid adalah akronim dari kata *aromatic polyamide*. Aramid memiliki struktur yang kuat, alot (*tough*), memiliki sifat peredam yang bagus (*vibration damping*), tahan terhadap asam (*acid*) dan basa (*leach*), selain itu dapat menahan panas hingga 370°C, sehingga tidak mudah terbakar. Produk yang dipasarkan dikenal dengan nama Kevlar. Kevlar memiliki berat yang ringan, tapi 5 kali lebih kuat dibandingkan besi. Dengan teknologi tinggi yang menggabungkan antara kekuatan dengan berat yang cukup ringan untuk membantu meningkatkan kinerja dari berbagai produk konsumen, industri maupun Militer. Kevlar Pertama kali diperkenalkan pada tahun 1970-an dan kini digunakan di berbagai macam produk. Serat Kevlar memiliki gaya tarik tinggi, sehingga sangat diperlukan untuk material komposit. Serat aramid kevlar tersedia dalam tiga bentuk: Kevlar 29, kevlar 49, dan kevlar 149. Kevlar 29 digunakan dalam kabel, tali, kain dilapisi, kaset, *webbings*, dan balistik. Kevlar 49 memiliki kekuatan yang mirip dengan kevlar 29 tetapi modulus 50%

lebih tinggi, pada prinsipnya digunakan sebagai penguat untuk komposit matriks organik polimer yang digunakan dalam pesawat terbang, aerospace, kelautan, barang olahraga, dan aplikasi listrik. Baru-baru ini, kevlar 149 telah menjadi tersedia secara komersial, menawarkan modulus 40% lebih tinggi dan penyerapan air 70% lebih rendah dari Kevlar 49. Tabel 3 menggambarkan karakteristik sifat mekanik yang dimiliki oleh kevlar 29, kevlar, 49, dan kevlar 149 DuPont.

Tabel 3. Profil Sifat Mekanik Tiga Jenis Kevlar

| Material | Tensile strength (Mpa) | Tensile Modulus (Gpa) | Densitas | Tensile Elongation (%) |
|--------------------|------------------------|-----------------------|----------|------------------------|
| Kevlar® 29 | 3792 | 62 | 1.44 | 4.0 |
| Kevlar® 49 | 3792 | 131 | 1.47 | 2.8 |
| Kevlar® 149 | 3400 | 186 | 1.47 | 2.0 |

D. Jute Jawa

Tanaman Jute jawa termasuk *genius Hibiscus* yang biasa di kenal dengan nama rami jawa atau disebut juga jute jawa. Yute jawa juga merupakan tanaman penyerap CO_2 tertinggi (1 ton tanaman yute jawa dapat menyerap 1,5 ton CO_2) sehingga memiliki potensi yang sangat tinggi untuk mencegah pemanasan global. Tidak heran beberapa perusahaan otomotif Jepang berminat menjadikan Indonesia sebagai produsen serat kenaf. Salah satu perusahaan otomotif pertama di dunia yang menggunakan serat yute jawa untuk interior mobil mewah. Para ahli otomotif Jepang mengembangkan serat yute jawa sebagai pembuatan interior mobil antara lain: bagian dalam kursi, lapisan dalam dinding, dan juga untuk pembuatan *dashboard* mobil.

Sifat dari serat yute jawa dipengaruhi oleh beberapa faktor. Satu faktor yang paling utama adalah arah atau alur serat kenaf. Berbeda dengan material logam, karbon fiber khususnya dan material komposit lain pada umumnya di sebut sebagai material anisotropik. Maksudnya adalah sifat properti material ini dipengaruhi oleh bentuk dan arah serat penyusunnya. Sehingga kekuatan serat yute jawa bergantung pada bentuk dan arah serat penyusunnya. Di sisi lain material seperti logam, plastik, dan lainnya memiliki sifat yang tetap sekalipun bentuk dan arah butir-butir molekulnya berbeda-beda. Karena itulah material-material ini disebut material isotropik.

Jute jawa merupakan material dengan performa yang cukup tinggi dan paling banyak digunakan sebagai penguat dalam komposit karena:

- Serat jute jawa memiliki *specific modulus* dan *specific strength* yang cukup tinggi diantara semua serat penguat.
- Serat yute jawa tetap memiliki *tensile modulus* dan *strength* yang tinggi pada temperatur tinggi, meskipun pada temperatur tinggi ada masalah oksidasi.
- Pada temperatur kamar serat yute jawa tidak dipengaruhi oleh uap air, berbagai solven, asam, dan basa.
- Serat jute jawa memiliki karakteristik fisik dan mekanik yang sangat beragam, sehingga komposit yang terbuat dengan serat yute jawa dapat memiliki sifat beragam, sesuai dengan yang diinginkan.

Tabel 4 menunjukkan sifat material serat pada bahan yang digunakan pada penelitian tersebut.

Tabel 4 Sifat Material Serat

| Serat | Density ρ (g/cm^3) | Tensile strength σ (MPa) | Tensile strength σ Spesifik (MPa) | Tensile Modulus ϵ (GPa) | Tensile Modulus ϵ Spesifik (GPa) |
|-----------|-----------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|---|
| Katun | 1,5 | 400 | 250-267 | 5,5-12,6 | 3,1-8,1 |
| Yute Jawa | 1,45 | 930 | 641 | 53 | 36,5 |
| Sisal | 1,5 | 511-635 | 341-423 | 9,4-22 | 6,3-14,7 |
| E-Glass | 2,5 | 2000-3500 | 850-1400 | 70 | 28 |
| Carbon | 1,4 | 4000 | 2857 | 230-240 | 161-171 |

Persamaan yang digunakan pada penelitian ini untuk memperoleh kekuatan serat komposit yang dapat ditentukan menurut *Rule of Mixture*, dirumuskan pada persamaan.

$$\sigma_c = \sigma_f \cdot V_f + \sigma_m (1 - V_f)$$

Dimana:

σ_c = Kekuatan tarik pada komposit

σ_f = Kekuatan tarik pada fiber

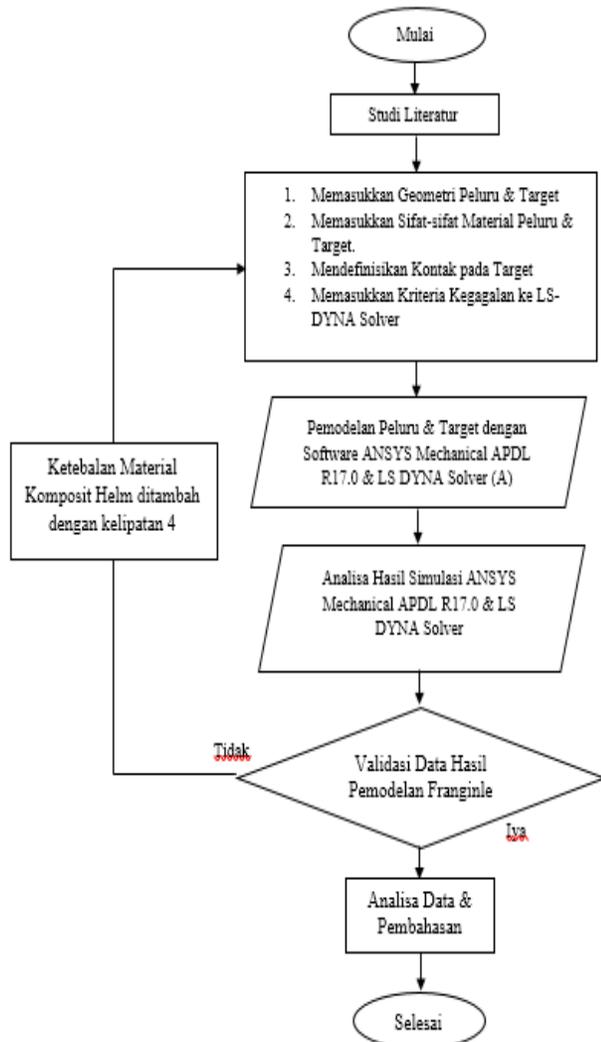
V_f = Volume fiber

σ_m = Kekuatan tarik pada matriks

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir

Pelaksanaan penelitian ini mengikuti diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

B. Properties Material Peluru

Material proyektil yang digunakan adalah komposit Cu-Sn 10%wt. material ini digunakan untuk menggantikan Pb yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Material diatas tembaga berlaku sebagai matriks dan timah berlaku sebagai reinforce sehingga jadilah komposit. Sifat mekanik material peluru tertera pada Tabel 5

Tabel 5 Standart Properties NIJ Standard 0101.03

| Bullet Proof Vest Type Weapons | Test Variabel | | Performance Requirement | |
|--|--------------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | Test Amunition | Nominal Bullet Massa | Minimum Required Bullet Velocity | Maximum Depth of Deformation |
| I  | 38 Special RN Lead | 10.2 gram | 259 m/s | 44 mm |
| II  | 22 LRHV Lead | 158 gram | 320 m/s | 44 mm |

Tabel 5 menunjukkan standart pengujian NIJ Standard 0101.03. Penelitian ini menggunakan tipe I untuk *test ammunition* sebesar 38 Special RN Lead, nominal *bullet mass* sebesar 10,2 g, minimum *required bullet* sebesar 259 m/s, dan maksimum *depth of deformation* sebesar 44 mm

IV. ANALISIS DATA PEMBAHASAN SIMULASI

A. Analisis Data

Nilai gaya peluru ditentukan oleh karakteristik peluru, karakteristik target, dan juga jarak tembak ketika peluru bertumbukkan dengan target. Gaya peluru (F_{peluru}) dirumuskan dengan:

$$m \times a$$

$$\text{dimana } a = \frac{V_t - V_o}{t}$$

- m : massa peluru (gram)
 a : percepatan peluru (m/s^2)
 V_t : kecepatan akhir peluru (m/s)
 V_o : kecepatan awal peluru (m/s)
 t : waktu berlalu (s)

Hasil pemodelan tentang spesimen untuk pengaplikasian helm anti peluru dengan menggunakan bahan material komposit untuk menentukan lembaran serat penguat komposit yang efektif terhadap gaya peluru yang ditembakkan. Ketebalan material helm anti peluru divariasikan berkisar antara 1-20 mm dengan berkelipatan 3 lapisan pada serat yute jawa di setiap analisis dengan menggunakan *software ansys* R.17. Namun ada beberapa parameter yang harus dihitung kembali secara analitik untuk mendapatkan data material properties yang sesuai dengan menggunakan *ansys* R.17 dan juga untuk menjamin validitas dari hasil pemodelan terhadap hasil eksperimental. Parameter yang harus dihitung adalah modulus elastisitas, poisson ratio, modulus geser, tensil strength, *yield strength*, densitas, dan juga mencari beban yang diterima pada komposit.

Mencari:

1. Modulus Elastisitas (
- E_c
-)

$$E_c = \eta_{\theta} E_f V_f + E_m V_m$$

2. Poisson ratio (
- V_c
-)

$$V_c = v_f V_f + v_m (1 - V_f)$$

3. Modulus Geser

$$\frac{1}{G_{12}} = \frac{V_f}{G_f} + \frac{1 - (V_f)}{G_m}$$

- 4.
- Tensile strength*

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m (1 - V_f)$$

- 5.
- Yield strength*
- = 0,2% dari
- Tensile strength*
- .

B. Hasil Perhitungan

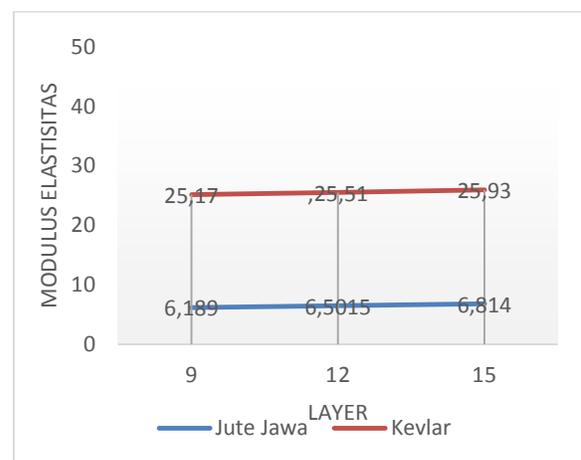
Hasil data material properties diperoleh dari perhitungan analisis numerik yang akan di input kedalam *software*, untuk menentukan data material properties yang akan dianalisis simulasi kekuatan lebaran material komposit efektif. Penelitian mengenai orientasi serat kevlar terhadap pengujian balistik dan menghasilkan orientasi serat kevlar dengan lapisan 9 lembar mampu menaikkan kekuatan impact pada serat kevlar [5]. Pada penelitian ini akan mengadopsi perbandingan orientasi serat kevlar dengan serat jute jawa yang dipakai untuk meningkatkan kekuatan impact pada komposit serat kevlar-epoxy resin Bisphenol A, dengan serat jute jawa-epoxy resin Bisphenol A. *Material properties* dari hasil perhitungan analisis numerik digunakan untuk menganalisis simulasi uji balistik pada *software Ansys R.17* perbandingan material komposit serat jute jawa – epoxy resin dengan material serat kevlar-epoxy resin ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Material Properties Komposit.

| Serat (layer) | Kevlar 9 | Kevlar 12 | Kevlar 15 | Jute Jawa 9 | Jute Jawa 12 | Jute Jawa 15 |
|---------------------------------------|----------|-----------|-----------|-------------|--------------|--------------|
| Modulus Elastisitas (GPa) | 32,40 | 31,10 | 30,48 | 6,14 | 6,46 | 6,50 |
| Poisson Ratio | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Modulus Geser (N/mm ²) | 6,04 | 19,82 | 26,70 | 79,9 | 69,32 | 66,49 |
| Tensile Strength (N/mm ²) | 4434,17 | 4230,01 | 4228,35 | 822,05 | 850,1 | 859,45 |
| Yield strength (N/mm ²) | 8,84 | 8,46 | 8,45 | 1,64 | 1,70 | 1,71 |
| Density (kg/m ³) | 267,6 | 200,75 | 160,60 | 311,10 | 247,69 | 203,33 |

C. Analisis Pembahasan Pemodelan Simulasi

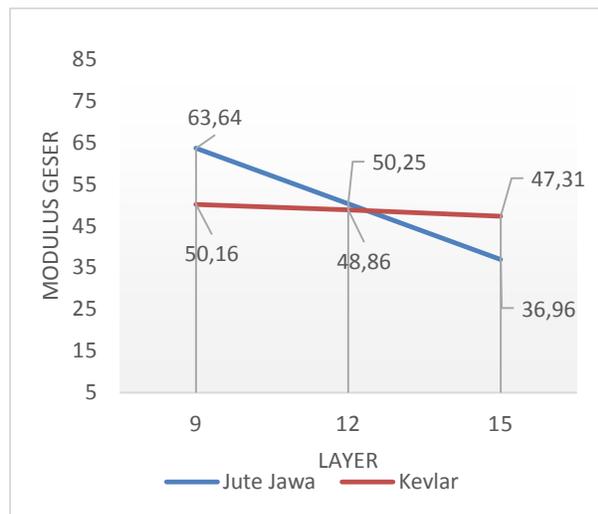
Analisis hasil perhitungan dari perhitungan modulus elastisitas memiliki perbandingan antara jute jawa dengan kevlar seperti ditunjuk pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram perbandingan modulus elastisitas jute jawa dengan kevlar

- 9 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai modulus elastisitas 6,189 GPa, sedangkan kevlar 25,17 GPa
- 12 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai modulus elastisitas 6,5015 GPa, sedangkan kevlar 25,51 GPa
- 15 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai modulus elastisitas 6,814 GPa, sedangkan Kevlar 25,93 GPa

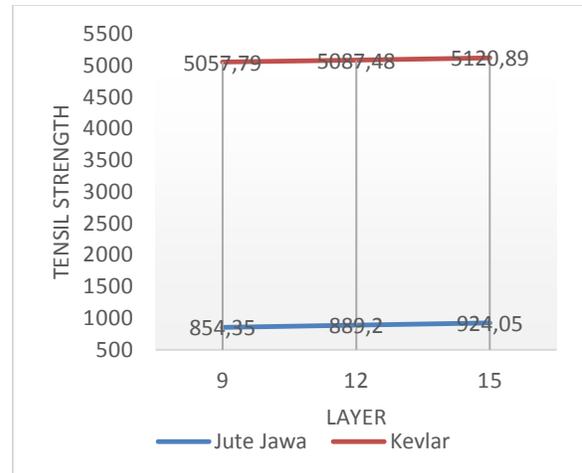
Analisis hasil perhitungan dari perhitungan modulus geser memiliki perbandingan antara jute jawa dengan kevlar seperti ditunjuk pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram perbandingan modulus geser jute jawa dengan kevlar

- 9 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai modulus geser 63,64 N/mm², sedangkan kevlar 50,16 N/mm²
- 12 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai modulus geser 50,25 N/mm², sedangkan kevlar 48,86 N/mm²
- 15 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai modulus geser 36,96 N/mm², sedangkan kevlar 47,31 N/mm²

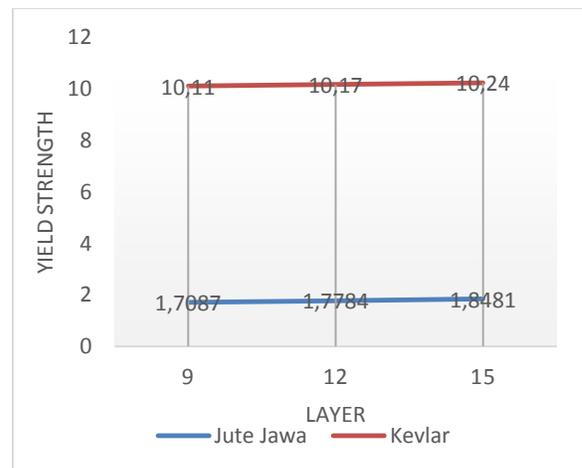
Analisis hasil perhitungan dari perhitungan *tensile strength* memiliki perbandingan antara jute jawa dengan kevlar seperti ditunjuk pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram perbandingan *tensile strength* jawa dengan kevlar

- 9 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai tensile strength 854,35 N/mm², sedangkan kevlar 5057,79 N/mm²
- 12 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai tensile strength 889,2 N/mm², sedangkan kevlar 5087,48 N/mm²
- 15 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai tensile strength 924,05 N/mm², sedangkan kevlar 5120,89 N/mm².

Analisis hasil perhitungan dari perhitungan *yield strength* memiliki perbandingan antara jute jawa dengan kevlar seperti ditunjuk pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram perbandingan *yield strength* jute dengan kevlar

- 9 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai *yield strength* 1,7087 N/mm², sedangkan kevlar 10,11 N/mm²

- 12 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai *yield strength* 1,7784 N/mm², sedangkan kevlar 10,17 N/mm²
- 15 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai *yield strength* 1,8481 N/mm², sedangkan kevlar 10,24 N/mm²

Analisis hasil perhitungan dari perhitungan *yield strength* memiliki perbandingan antara jute jawa dengan kevlar seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Diagram perbandingan *density* jute dengan kevlar

- 9 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai *density* 156,74 Kg/m³, sedangkan kevlar 211,8 Kg/m³
- 12 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai *density* 117,53 Kg/m³, sedangkan kevlar 158,85 Kg/m³
- 15 lembar pada serat jute jawa memiliki nilai *density* 94,01 Kg/m³, sedangkan kevlar 127,08 Kg/m³.

D. Pola Kerusakan Pada Spesimen

Energi yang diterima oleh specimen menyebabkan kerusakan, peluru yang ditembakkan oleh senjata yang memiliki kecepatan akibat tekanan yang dihasilkan oleh pembakaran mesiu. Kecepatan peluru sebesar 259 m/s, massa peluru sebesar 10,2 g, dan gaya dari peluru sebesar 68,70 N. Energi kinetik yang dimiliki peluru akan dipindahkan ke specimen dan diubah menjadi energi internal dan kinetik sisa sebesar energi panas. Bentuk kerusakan yang terjadi di tunjukkan pada Tabel 7

Tabel 7. Pola Kerusakan Pada Spesimen.

| Serat (layer) | Posisi Peluru | Total | Posisi Peluru |
|---------------|---------------|-----------|---------------|
| | Awal | Deformasi | Akhir |
| Kevlar 9 | | | |
| Kevlar 12 | | | |
| Kevlar 15 | | | |
| Jute Jawa 9 | | | |
| Jute Jawa 12 | | | |
| Jute Jawa 15 | | | |

Berdasarkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode numerik, maka mendapatkan hasil simulasi gambar dengan menggunakan serat kevlar 9 lembar memiliki pola kerusakan yang cukup parah, sedangkan dengan menggunakan serat kevlar 12 lembar memiliki pola kerusakan yang tidak cukup parah, dan dengan menggunakan serat kevlar 15 lembar tidak memiliki kerusakan hanya menimbulkan bekas.

Untuk hasil simulasi gambar dengan serat jute jawa 9 lembar memiliki pola kerusakan yang sangat parah, untuk gambar dengan serat jute jawa 12 lembar memiliki pola kerusakan yang tidak cukup parah, dan untuk serat jute jawa 15 lembar memiliki kerusakan yang sangat kecil tetapi tidak tembus.

V. KESIMPULAN

Hasil dari perhitungan dan simulasi beserta pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

1. Metode analisis numerik yang digunakan pada penelitian ini adalah untuk menentukan data kekuatan modulus elastisitas, *poisson ratio*, modulus geser, *tensile strength*, *yield strength*, dan *density* yang akan di input kedalam *software ansys R.17*
2. Dalam penggunaan 9 lembar serat jute jawa – epoxy resin Bisphenol A memiliki ketebalan 10,40 mm, 12 lembar memiliki ketebalan 13,87 mm, 15 lembar memiliki ketebalan 17,34 mm dan juga menggunakan 9 lembar serat kevlar memiliki ketebalan 6,84 mm, 12 lembar memiliki 9,12 mm, dan 15 lembar memiliki ketebalan 11,4 mm. jadi serat jute lebih tebal dari serat kevlar.
3. Dari hasil simulasi 15 lembar serat jute jawa untuk pengaplikasian pada helm anti peluru aman dengan menggunakan berdasarkan analisis numerik pada *ansys R.17*
4. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode analisis numerik memiliki perbandingan pada material properties antara serat jute jawa dengan kevlar seperti:
 - Modulus elastisitas pada serat jute jawa 9 lembar 6,189 GPa, 12 lembar jute jawa 6,5015, 15 lembar jute jawa 6,814 tetapi pada serat kevlar 9 lembar 25,17 GPa, 12 lembar kevlar 25,51 GPa, dan 15 lembar kevlar 25,93 GPa.
 - Modulus geser pada serat jute jawa 9 lembar 63,64 N/mm², 12 lembar jute jawa 50,25 N/mm², 15 lembar jute jawa 36,96 N/mm² tetapi serat kevlar 9 lembar 50,16 N/mm², 12 lembar kevlar 48,86 N/mm², dan 15 lembar kevlar 47,31 N/mm².
 - *Tensile strength* pada serat jute jawa 9 lembar 854,35 N/mm², 12 lembar jute jawa 889,2 N/mm², 15 lembar jute jawa 924,05 N/mm² tetapi pada serat kevlar 9 lembar 5057,79 N/mm², 12 lembar serat kevlar 5087,48 N/mm², dan 15 lembar serat kevlar 5120,89 N/mm².
 - *Yield strength* pada serat jute jawa 9 lembar 1,7087 N/mm², 12 lembar jute jawa 1,7784 N/mm², 15 lembar jute jawa 1,8481 N/mm² tetapi pada serat kevlar 9 lembar 10,11 N/mm², 12 lembar serat kevlar 10,17 N/mm², dan 15 lembar serat kevlar 10,24 N/mm².
 - Densitas pada serat jute jawa 9 lembar 156,74 kg/m³, 12 lembar jute jawa

117,53 kg/m³, 15 lembar jute jawa 94,01 kg/m³ tetapi pada serat kevlar 9 lembar 211,80 kg/m³, 12 lembar serat kevlar 158,85 kg/m³, dan 15 lembar serat kevlar 127,08 kg/m³.

REFERENSI

- [1] Zulfahmi, F. R, Hidayat M. P., & Noerchim, L. Pemodelan pengaruh arah serat terhadap kekuatan *impact balistik* komposit *eglass/isophthalic polyester* dengan *hemisphere projectile* berkecepatan 500m/s. [Desertasi]. Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.
- [2] Widya Ritonga, Wahyu Wijanarko, Sutikno, Indra Sidharta, P. S. Pengaruh variasi fraksi volume, temperatur curing dan *post-curing* terhadap karakteristik tekan komposit *epoxy-hollow glass micropheres IM30K*. Jurnal Teknik Pomits, 1(2), 2012.
- [3] Hindun Amalia, S. Pengaruh epoxy hgm pada bumper depan kendaraan untuk mereduksi energi *impact*. Jurnal Teknik Mesin 4(2), 2013, 1322-1331.
- [4] Tasdemirci, A., Tunusoglu, G., & Güden, M. The effect of the interlayer on the ballistic performance of ceramic/composite armor: International Journal of impact Engineer, 44, 2012, 1-9
- [5] Tania Natasha Dharmakusuma. Pembuatan bahan komposit untuk helm anti peluru menggunakan multi *reinforcement* berbasis resin epoksi. [Desertasi]. Program Studi Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok, 2019.