

**ANALISIS SIFAT MEKANIK KOMPOSIT RAMI EPOXY DENGAN
PENAMBAHAN SILIKON KARBIDA (SiC) SEBAGAI BAHAN PLATE
ROMPI ANTI PELURU**

SKRIPSI

Oleh:
ACHMAD SYARIFUDIN ANWAR
NIM. 15640072



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**ANALISIS SIFAT MEKANIK KOMPOSIT RAMI EPOXY DENGAN
PENAMBAHAN SILIKON KARBIDA (SiC) SEBAGAI BAHAN PLATE
ROMPI ANTI PELURU**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
ACHMAD SYARIFUDIN ANWAR
NIM. 15640072**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

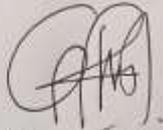
ANALISIS SIFAT MEKANIK KOMPOSIT RAMI EPOXY DENGAN
PENAMBAHAN SILIKON KARBIDA (SiC) SEBAGAI BAHAN PLATE
ROMPI ANTI PELURU

SKRIPSI

Oleh:
Achmad Syarifudin Anwar
NIM. 15640072

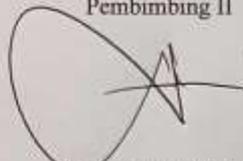
Telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan
Pada tanggal: 22 Juni 2022

Pembimbing I



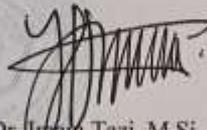
Dr. Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

Pembimbing II



Drs. Abdul Basid M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui
Ketua Program Studi,



Dr. Irfan Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS SIFAT MEKANIK KOMPOSIT RAMI EPOXY DENGAN
PENAMBAHAN SILIKON KARBIDA (SiC) SEBAGAI BAHAN PLATE
ROMPI ANTI PELURU

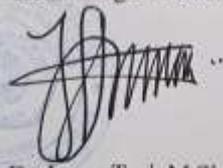
SKRIPSI

Oleh:
Achmad Syarifudin Anwar
NIM. 15640072

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal, 22 Juni 2022

| | | |
|----------------------|---|---|
| Penguji Utama : | <u>Drs. Cecep Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D</u> NIP. 19590729 198602 1 001 |  |
| Ketua Penguji : | <u>Utia Hikmah M.Si</u> NIP. 19880605 20180201 2 242 |  |
| Sekretaris Penguji : | <u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009 |  |
| Anggota Penguji : | <u>Drs. Abdul Basid M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003 |  |

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ACHMAD SYARIFUDIN ANWAR
NIM : 15640072
Program Studi : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : ANALISIS SIFAT MEKANIK KOMPOSIT
RAMI EPOXY DENGAN PENAMBAHAN
SILIKON KARBIDA (SiC) SEBAGAI BAHAN
PLATE ROMPI ANTI PELURU

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 Juni 2022
Yang Membuat Pernyataan



Achmad Syariudin Anwar
NIM. 15640072

MOTTO

BIASAKAN HIDUP BIASA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

- Keluarga khususnya kedua orang tua yang telah merawat dan mendidik
- Segenap Dosen Program Studi Fisika
- Guru – guru baik di Pendidikan formal maupun non formal
- Teman – teman fisika Angkatan 2015 dan semua orang yang telah memberikan dukungan
- Program Studi Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Jumlah Lapisan Anyaman Rami Pada Komposit Resin Epoxy Dengan Penambahan Silikon Karbida (SiC) Sebagai Bahan Rompi Anti Peluru”. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita menuju zaman yang terang benerang, yakni Addinul Islam Wal Iman.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Erna Hastuti, M.Si selaku Pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan di Laboratorium Material Fisika UIN Malang.
5. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Dosen pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam bidang integrasi sains dan Al-Quran.
6. Irjan, M.Si selaku Dosen wali yang senantiasa memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi dan ilmu pengetahuan.
7. Segenap dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.
8. Para Peneliti, karyawan dan teman-teman di Laboratorium Material Fisika UIN Malang yang telah banyak membantu selama proses penelitian dan memberikan pengetahuan serta wawasan kepada penulis.

9. Bapak, Ibu serta keluarga di rumah yang selalu memberi doa dan dukungan.
10. PT Ansa Solutama Indonesia dan pihak militer yang telah memfasilitasi dalam pengujian balistik.
11. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dalam penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi orang lain.

Malang, 19 Juni 2022

Penulis

Achmad Syarifudin Anwar

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------|------|
| COVER | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| MOTTO | vi |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| ABSTRAK | xv |
| ABSTRACT | xvi |
| المخلص | xvii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 5 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Rompi Anti Peluru | 6 |
| 2.2 Komposit | 6 |
| 2.3 Serat Rami (Bohmeria Nivea) | 10 |
| 2.4 Epoxy Resin | 12 |
| 2.5 Silicon Carbide (SiC) | 13 |
| 2.6 Metode Hand lay up | 14 |
| 2.7 Karakterisasi | 15 |
| 2.7.1 Uji Tarik | 15 |
| 2.7.2 Uji impack | 18 |
| 2.7.3 Uji balistik | 19 |
| | |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Jenis Penelitian | 21 |
| 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian | 21 |
| 3.3 Alat dan Bahan | 21 |
| 3.3.1 Alat Penelitian | 21 |
| 3.3.2 Bahan Penelitian | 21 |
| 3.3.3 Alat Karakterisasi | 22 |
| 3.4 Variabel Penelitian | 22 |
| 3.5 Prosedur Penelitian | 22 |
| 3.5.1 Komposit rami epoxy | 22 |

| | |
|---|----|
| 3.5.2 Komposit rami epoxy dengan penambahan SiC | 23 |
| 3.5.3 Preparasi anyaman rami sebagai filler | 23 |
| 3.5.4 Pembuatan matriks | 23 |
| 3.5.5 Pembuatan komposit epoxy dengan penambahan SiC..... | 24 |

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| 4.1 Data Hasil Penelitian | 25 |
| 4.1.1 Data Hasil Uji Tarik menggunakan Universal Testing Machine | 25 |
| 4.1.2 Data Hasil Uji Impack menggunakan Charpy Impack non- Feros - Time Testing Machine XJJ-5 | 28 |
| 4.1.3 Data Hasil Uji Balistik | 29 |
| 4.2 Pembahasan | 32 |
| 4.3 Integrasi Al – Qur'an dan Sains | 34 |

BAB V PENUTUP

| | |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan | 36 |
| 5.2 Saran..... | 37 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Klasifikasi Komposit Berdasarkan Matriks | 8 |
| Gambar 2.2 | Klasifikasi Komposit Berdasarkan Filler | 9 |
| Gambar 2.3 | Komposit Partikel | 10 |
| Gambar 2.4 | Komposit Laminate | 10 |
| Gambar 2.5 | Serat Rami Dari Makro ke Mikro..... | 11 |
| Gambar 2.6 | Gugus Fungsi Resin Epoxy | 12 |
| Gambar 2.7 | Metode Hand Lay Up | 15 |
| Gambar 2.8 | Mesin Uji Tarik - Universal Testing Machine (UTM)..... | 15 |
| Gambar 2.9 | Spesimen Uji Tarik ASTM D638-01 | 16 |
| Gambar 2.10 | Kurva Tegangan Regangan Hasil Pengujian Tarik | 16 |
| Gambar 2.11 | Alat Uji Impact (Charpy Impact Non – Ferrous - Time Testing Machine XJJ-5) | 18 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Pembuatan Komposit Rami Epoxy | 22 |
| Gambar 3.2 | Diagram Alir Pembuatan Komposit Rami Epoxy Dengan Penambahan SiC..... | 23 |
| Gambar 4.1 | Grafik Nilai Tensile Strain | 26 |
| Gambar 4.2 | Grafik Nilai Tensile Stress | 27 |
| Gambar 4.3 | Grafik Nilai Impact..... | 29 |
| Gambar 4.4 | Grafik Nilai Densitas Spesimen Plate Anti Peluru | 30 |
| Gambar 4.5 | Spesimen Plate Anti Peluru Setelah Diuji Tembak..... | 31 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabel 2.1 | Perbandingan Resin Epoxy Dengan Polimer Lain | 13 |
| Tabel 2.2 | Standart NIJ | 20 |
| Tabel 4.1 | Data Hasil Uji Tarik | 26 |
| Tabel 4.2 | Data Hasil Uji Impack | 29 |
| Tabel 4.3 | Data Hasil Pengukuran Spesimen Plate Anti Peluru..... | 30 |

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Gambar Spesimen setelah di uji tarik dan impact
- Lampiran 2 Grafik Data Hasil Uji Tarik

ABSTRAK

Anwar, Achmad Syarifudin. 2022. **Analisis Sifat Mekanik Komposit Rami Epoxy Dengan Penambahan Silikon Karbida (SiC) Sebagai Bahan Plate Rompi Anti Peluru**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si (II) Drs. Abdul Basid, M.Si

Kata Kunci: Komposit; Silikon Karbida; Rami, Epoxy, Rompi Anti Peluru.

Rompi anti peluru adalah pakaian zirah yang melindungi tubuh dari proyektil peluru, umumnya terbuat dari besi. Seiring berkembangnya teknologi material, rompi anti peluru terbuat dari komposit polimer berbahan kevlar. Saat ini banyak penelitian tentang material pengganti yang tipis dan ringan sebagai bahan penguat komposit polimer pengganti kevlar. Serat rami merupakan serat alam yang dikembangkan dalam pembuatan komposit karena memiliki sifat mekanik yang unggul, bahkan kemampuan untuk dianyam atau ditenun dianggap sebagai keunggulan utama. Epoksi merupakan polimer termoset yang memiliki keuntungan mudah dibentuk, ketahanan kimia, penyusutan rendah, sifat adhesif baik. Silikon karbida (SiC) memiliki struktur tetrahedral dari karbon dan silikon dengan ikatan yang kuat dalam kisi kristal. Hal ini menghasilkan bahan yang sangat keras dan kuat cocok untuk campuran epoxy sebagai bahan rompi anti peluru. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jumlah lapisan anyaman rami dan penambahan SiC pada komposit epoxy terhadap kekuatan tarik, impact dan balistik menggunakan metode hand lay up dengan variasi filler 3, 4 dan 5 lapis. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan kekuatan tarik dan impact seiring bertambahnya jumlah lapisan anyaman rami dan penambahan SiC menambah kekuatan tarik namun mengurangi nilai impact. Hasil uji balistik menunjukkan material tidak bisa menahan laju peluru dengan standard NIJ level II A.

ABSTRACT

Anwar, Ahmad Syarifudin. 2022. **Analysis of Mechanical Properties of Epoxy Rami Composites With The Addition Of Silicon Carbide (SiC) As A Bulletproof Vest Plate Material**. Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Sc (II) Drs. Abdul Basid, M. Sc

Keywords: Composite; Silicon Carbide; Rami, Epoxy, Bullet-proof vest

A bullet-proof vest is a suit of armor that protects the body from bullet projectiles, generally made of steel. Along with the development of material technology, bullet-proof vests are made of polymer composites made from Kevlar. Currently, there are many researches on thin and light substitute materials as reinforcing materials for Kevlar polymer composites. Rami fiber is a natural fiber developed in the manufacture of composites because it has superior mechanical properties, even the ability to be woven is considered a major advantage. Epoxy is a thermoset polymer which has the advantages of being easy to form, chemical resistance, low shrinkage, good adhesive properties. Silicon carbide (SiC) has a tetrahedral structure of carbon and silicon with strong bonds in the crystal lattice. This results in a very tough and strong material suitable for mixed epoxy as a bulletproof vest material. The purpose of this study was to determine the effect of the number of rami woven layer and the addition of SiC to the epoxy composite on the tensile, impact and ballistic strength using the hand lay up method with 3, 4 and 5 layers of filler variations. The test results showed an increase in tensile strength and impact along with the increase in the number of layers of rami woven and the addition of SiC increased the tensile strength but reduced the value of the impact. The results of the ballistic test show that the material cannot withstand the rate of bullets with the NIJ level II A standard.

المخلص

أنوار، أحمد شريف الدين. 2022. تحليل الخواص الميكانيكية لمركبات رامي الإيبوكسي مع إضافة كربيد السيليكون (SiC) كمادة صدرة مضادة للرصاص. فرضية. برنامج دراسة الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية جامعة مالانج. المشرف: (الأول) الدكتور. إرنا هاستوتي ، الماجستير (الثاني) الدكتورة. عبد عبد الباسط الماجستير

الكلمات الرئيسية: مركب؛ كربيد السيليكون؛ رامي ، الإيبوكسي ، الرصاص.

الصدرة الواقية من الرصاص هي بذلة دروع تحمي الجسم من مقذوفات الرصاص ، المصنوعة بشكل عام من الحديد. جنباً إلى جنب مع تطوير تكنولوجيا المواد ، فإن الصدرات الواقية من الرصاص مصنوعة من مركبات البوليمر المصنوعة من الكيفلار. حالياً ، هناك العديد من الأبحاث حول المواد البديلة الرقيقة والخفيفة كمادة تقوية لمركبات كيفلر بوليمر. ألياف رامي هي ألياف طبيعية تم تطويرها في صناعة المركبات لأنها تتمتع بخصائص ميكانيكية فائقة ، حتى القدرة على الحياكة أو النسج تعتبر أفضل ميزة. الإيبوكسي عبارة عن بوليمر حراري يتميز بسهولة التشكيل ، والمقاومة الكيميائية ، والانكماش المنخفض ، وخصائص اللصق الجيدة. كربيد السيليكون (SiC) له هيكل رباعي السطوح من الكربون والسيليكون مع روابط قوية في الشبكة البلورية. ينتج عن هذا مادة صلبة جداً وقوية مناسبة للإيبوكسي المختلط كمادة صدرة واقية من الرصاص. كان الغرض من هذا البحث هو تحديد تأثير عدد طبقات الكتان المنسوج وإضافة كربيد السيليكون (SiC) إلى مركب الإيبوكسي على مقاومة الجذب والتأثير والمقذوفات باستخدام طريقة من ناحية وضع المتابعة (Hand Lay Up) مع 3 و 4 و 5 طبقات من الحشو. ونتيجة البحث تشير إلى زيادة في مقاومة الجذب والتأثير مع زيادة عدد طبقات نسيج رامي، وزيادة SiC تؤدي إلى زيادة مقاومة الجذب ولكنها قللت من قيمة التأثير. تظهر نتيجة الاختبار الباليستي أن المادة لا يمكنها تحمل معدل الرصاص بمستوى NIJ II A القياسي.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baju Zirah adalah pakaian atau lapisan pelindung yang dikenakan untuk melindungi tubuh maupun kendaraan dari senjata atau benda yang dapat memberi luka fisik. Istilah zirah identik dengan pakaian perlindungan untuk berperang pada zaman dahulu. Dalam Al – qur’an surat Al – anbiya’ ayat 80 Allah SWT berfirman:

وَعَلَّمْنَاهُ صَنْعَةَ لَبُؤْسٍ لَّكُمْ لِنُحْصِنَكُمْ مِنْ بَأْسِكُمْ فَهَلْ أَنْتُمْ شَاكِرُونَ

Artinya : *Dan Kami ajarkan (pula) kepada Dawud cara membuat baju besi untukmu, guna melindungi kamu dalam peperangan. Apakah kamu bersyukur (kepada Allah)?*

Syekh Jalaluddin Al – mahalli dalam kitabnya yakni Tafsir Jalalain menafsiri lafadh صَنْعَةَ لَبُؤْسٍ dengan lafadh الدرع yang artinya baju perang / baju zirah. Beliau menyebutkan bahwasannya Nabi Dawud adalah orang pertama yang membuat baju perang dari besi karena pada zaman sebelumnya baju perang hanya terbuat dari lempengan besi. Hal ini diperkuat oleh Syekh Ahmad Al – Shawi dalam kitabnya Hasyiyah Al-Shawi ‘ala Tafsir Jalalain beliau menyebutkan Nabi Dawud membuat baju perang dari besi yang dilunakkan, proses pelunakan tanpa menggunakan api akan tetapi besi yang dipegang oleh Nabi Dawud seperti halnya tanah liat yakni mudah di bentuk dan lunak. Kemudian besi yang lunak dibentuk seperti gulungan yang disambungkan antara gulungan satu dengan yang lainnya.

Awalnya baju zirah terbuat dari kulit hewan, kemudian dibuat dari besi atau baja. Hingga pada perang dunia kedua, rompi anti peluru masih terbuat dari besi atau baja yang mengurangi mobilitas pengguna. Seiring dengan perkembangan

teknologi material, baju rompi anti peluru tersebut sudah terbuat dari komposit berbahan kevlar. Saat ini telah banyak penelitian tentang material pengganti yang tipis dan ringan sebagai bahan penguat komposit pengganti kevlar.

Komposit merupakan material multi fase yang didapatkan dari kombinasi material yang berbeda untuk mendapatkan sifat mekanik (Arista, 2013). Komposit terdiri dari matriks sebagai pengikat dan filler sebagai penguat. Material komposit mempunyai beberapa keuntungan selain berbobot ringan, tahan korosi juga mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik serta dalam pembuatannya biaya sangat murah. Polymer Matrix Composite (PMC) merupakan salah satu komposit yang menggunakan polimer sebagai matriks. PMC banyak dikembangkan dalam dunia komposit karena pembuatannya yang mudah serta biaya yang tidak mahal. Epoksi merupakan suatu polimer termoset yang terbentuk dari hasil reaksi resin dan hardener / pengeras. Resin epoxy memiliki keuntungan mudah dibentuk, ketahanan kimia yang baik, penyusutan material rendah, sifat adhesif material baik. Silicon carbide (SiC) dibuat dari bahan baku utama pasir silika dan karbon. silikon karbida dengan struktur tetrahedral dari karbon dan atom silikon dengan ikatan yang kuat dalam kisi kristal. Hal ini menghasilkan bahan yang sangat keras dan kuat cocok untuk campuran resin epoxy untuk aplikasi rompi anti peluru

Komposit polimer alam telah menjadi perhatian lebih dalam beberapa dekade terakhir karena potensinya untuk mengubah komposit polimer yang diperkuat serat sintetis. Penggunaan serat alam sebagai penguat komposit memiliki banyak keuntungan, seperti penggantian serat sintetis, rendah harga, mampu menyerap suara, ramah lingkungan, kepadatan rendah, dan kemampuan mekanik tinggi yang dapat memenuhi kebutuhan industri. Beberapa serat alam telah

digunakan sebagai penguat komposit seperti rami, sabut, kenaf, dll (Gu dkk.2014). Salah satu serat alam yang dikembangkan untuk memperkuat komposit adalah serat rami. *Boehmeria nivea*, yang dikenal sebagai serat rami, termasuk di antara yang menunjukkan kekuatan tarik yang unggul. *Boehmeria nivea* fiber berasal dari Cina, di mana ia biasa disebut sebagai "rumput Cina" (Lu, 1992). Selain China yang merupakan produsen utama, negara-negara lain seperti Brazil, Indonesia, India dan Kuba juga memberikan kontribusi produksi lebih dari 120.000 kg / tahun. *Boehmeria nivea* merupakan tanaman herbal tahunan dari famili *Urticaceae*, yang karena sifatnya yang unik digunakan sebagai bahan baku tekstil alam (Ni, 2018). Bahkan, kemampuan untuk dianyam atau ditenun dapat dianggap sebagai keunggulan utama ketika digunakan sebagai penguat untuk komposit matriks polimer. Kain atau anyaman alami ini menunjukkan sifat kompetitif jika dibandingkan dengan beberapa sintetis seperti serat kaca. Secara khusus, penggunaan kain yang terbuat dari serat alami dapat dianggap sebagai alternatif yang lebih efisien, karena memberikan penguatan multi arah dan memungkinkan pengenalan fraksi volume serat yang lebih besar dalam komposit.

Terlepas dari keuntungan ini, penggunaan serat rami menghadirkan beberapa kelemahan. Aplikasi sebagai penguat bahan polimer tergantung pada adhesi ke matriks. Adhesi antara dua fase yang berbeda biasanya dapat dipertimbangkan dalam empat tingkat struktural: tingkat molekuler, mikro, meso dan makro. Penelitian telah menunjukkan bahwa adhesi tingkat molekuler serat rami ke matriks polimer yang paling umum digunakan umumnya tidak memuaskan, yang membahayakan tingkat adhesi struktural komposit lainnya. Hal ini disebabkan sifat hidrofilik dari serat rami berbeda dengan karakter hidrofobik dari matriks

polimer (Bledzki, 2001). Kelembaban yang diserap oleh serat bertindak sebagai zat pemisah antara serat dan matriks. Namun demikian, beberapa perlakuan fisik dan kimia serta teknik produksi telah diusulkan untuk meningkatkan adhesi antarmuka antara penguatan serat alam dan matriks polimer (Rong, 2001). Jacob dkk (2005) menunjukkan bahwa karena adanya gugus hidroksil, perlakuan kimia yang mengaktifkan molekul selulosa dalam serat dapat mengubah karakteristik permukaan seperti: adhesi, pembasahan, porositas atau tegangan permukaan. Perlakuan modifikasi alkalin, anhidrida, dan silanasi adalah beberapa perawatan permukaan yang populer untuk serat alam. Baru-baru ini, modifikasi graphene oxide (GO) telah muncul sebagai campuran yang paling efisien untuk peningkatan sifat permukaan (Costa, 2019). Namun harga graphene oxide (GO) sangat mahal dan di Indonesia pun belum dijual secara komersial. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis jumlah lapisan anyaman rami pada komposit resin epoxy dengan penambahan silikon karbida (SiC) sebagai bahan plate rompi anti peluru.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh jumlah lapisan anyaman rami pada komposit epoxy terhadap kekuatan tarik, impact dan balistik sebagai bahan plate rompi anti peluru ?
2. Bagaimana pengaruh jumlah lapisan anyaman rami pada komposit epoxy dengan penambahan silikon karbida (SiC) terhadap kekuatan tarik, impact dan balistik sebagai bahan plate rompi anti peluru ?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh jumlah lapisan anyaman rami pada komposit epoxy terhadap kekuatan tarik, impact dan balistik sebagai bahan plate rompi anti peluru.
2. Mengetahui pengaruh jumlah lapisan anyaman rami pada komposit epoxy dengan penambahan silicon karbida (SiC) terhadap kekuatan tarik, impact dan balistik sebagai bahan plate rompi anti peluru.

1.4 Batasan Masalah

1. Serbuk SiC dan resin epoxy yang digunakan merupakan bahan teknis
2. Menggunakan metode hand lay up
3. Filler terbuat dari anyaman rami dengan variasi 3, 4 dan 5 lapisan
4. Pengujian material komposit polimer adalah uji tarik, uji impact dan uji balistik
5. Komposisi material komposit polimer adalah resin epoxy, anyaman rami dan penambahan 0.5 % wt SiC pada matriks

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan gambaran sifat mekanik perpaduan anyaman rami dan SiC - epoxy sebagai bahan rompi anti peluru.
2. Dapat menjadi alternatif tambahan untuk memberikan keamanan serta fleksibilitas demi mendukung pergerakan saat pemakaian.
3. Dapat memberikan sumbangsih hasil riset penelitian dalam perkembangan referensi rancangan rompi anti peluru khususnya pada dunia militer Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rompi Anti Peluru

Rompi anti peluru (Bulletproof vest) adalah baju pelindung atau baju zirah yang melindungi bagian tubuh seperti dada, perut, dan punggung orang yang memakainya dari proyektil peluru dan serpihan dari ledakan granat. Umumnya digunakan oleh personel militer dan orang-orang yang memiliki risiko terkena tembakan. Jenis-jenis rompi anti peluru yang beredar dipasaran dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu soft body armor dan hard body armor. Soft body armor adalah rompi anti peluru yang terbuat dari serat aramid. Rompi ini cenderung lebih ringan sehingga menguntungkan untuk digunakan dalam tugas-tugas penyamaran, atau pengamanan bagi personel intelijen. Dengan menambahi soft body armor dengan lapisan tertentu, dapat dihasilkan rompi anti peluru hard body armor. Umumnya lapisan terbuat dari keramik, lempengan logam atau komposit. Bentuknya yang tebal dan berat menjadikannya tidak nyaman, hingga jarang dikenakan dalam tugas keseharian. Hanya dalam tugas khusus yang beresiko tinggi, seperti operasi militer atau operasi tim SWAT yang akan mengenakan hard body armor.

2.2 Komposit

Komposit merupakan material gabungan yang tersusun dari dua atau lebih material dengan sifat mekanik yang berbeda. Penggabungan material ini bertujuan untuk mendapatkan material dengan sifat mekanik yang lebih baik secara

makroskopik. Sifat mekanik yang dapat ditingkatkan dalam pembuatan komposit antara lain : kekuatan, kekakuan, tegangan geser baik dan ringan. Dalam Al – qur'an surat Al – Kahfi ayat 96 Allah SWT berfirman :

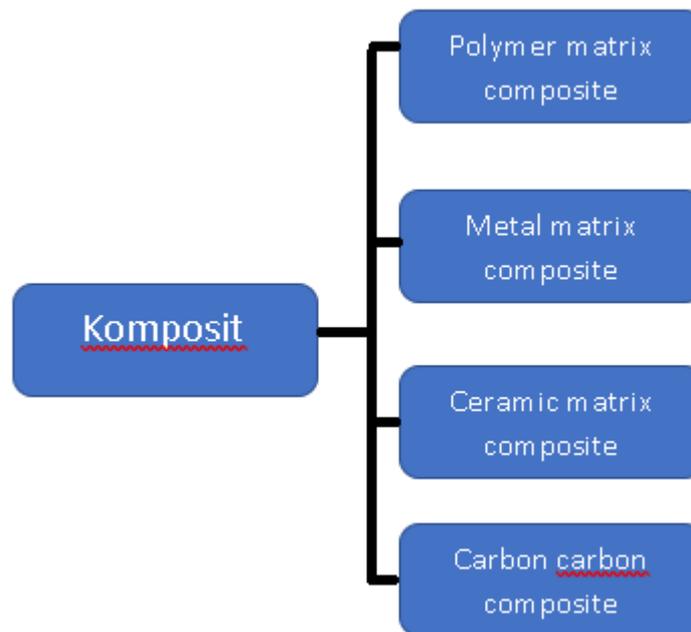
ءَاثُونِي زُبَرَ الْحَدِيدِ حَتَّىٰ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ الصَّدَفَيْنِ قَالَ أَنفُخُوا حَتَّىٰ إِذَا
جَعَلَهُ نَارًا قَالَ ءَاثُونِي أُفْرِغْ عَلَيْهِ قَطْرًا

Artinya : *berilah aku potongan-potongan besi". Hingga apabila besi itu telah sama rata dengan kedua (puncak) gunung itu, berkatalah Dzulkarnain: "Tiuplah (api itu)". Hingga apabila besi itu sudah menjadi (merah seperti) api, diapun berkata: "Berilah aku tembaga (yang mendidih) agar aku kutuangkan ke atas besi panas itu".*

Syekh Jalaludin Al – Malibari dalam katbanya Tafsir Jalalin menjelaskan bahwasannya زُبَرَ الْحَدِيدِ adalah potongan besi dengan ukuran seperti halnya batu yang dibuat untuk membuat sebuah bangunan kemudian Raja Dzulkarnain meletakkan kayu dan arang untuk pengapian diantara besi tersebut. Kemudian potongan besi dipanaskan, setelah besi semi solid tembaga yang sudah di hancurkan dituangkan ke besi tersebut sehingga menjadi suatu material gabungan besi dan aluminium.

Pada umumnya sifat mekanik tidak dapat ditingkatkan bersamaan dalam satu waktu atau membutuhkan perlakuan khusus untuk mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan, hal ini dikarenakan ada beberapa sifat mekanik yang berlawanan secara alami.

Sifat material komposit dipengaruhi oleh jenis matriks, persebaran, ukuran dan arah penguatnya.



Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Matriks

Komposit diklasifikasikan berdasarkan matriksnya menjadi :

a. Polymer Matrix Composite

Polymer Matrix Composite (PMC) adalah komposit yang menggunakan Polimer sebagai matriks. PMC banyak dikembangkan dalam dunia komposit karena pembuatannya yang mudah serta biaya yang tidak mahal, contoh : aerospace industry

b. Metal matrix composite

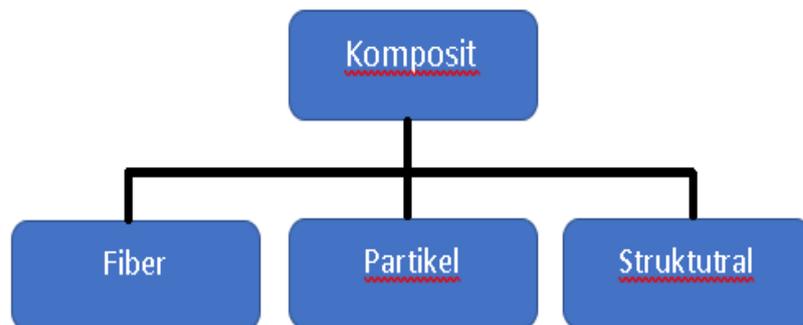
Metal Matrix Composite (MMC) adalah komposit dengan fasa kontinunya merupakan metal. MMC memiliki beberapa keuntungan. diantaranya mampu bekerja di temperature tinggi, penguatnya dapat ditingkatkan secara spesifik, serta lebih tahan terhadap korosi. Namun MMC lebih mahal dibandingkan dengan PMC, contoh : automobile manufacture

c. Ceramic Matrix Composite

Ceramic Matrix Composite (CMC) adalah komposit yang memiliki matriks keramik. CMC dapat digunakan pada temperatur tinggi, contoh : turbin gas pesawat terbang

d. Carbon-Carbon Composites

Carbon-Carbon Composites merupakan komposit yang tersusun dari fase kontinu (matriks) dan penguat berupa karbon. Komposit jenis ini tergolong baru dan mahal, contoh : motor roket, komponen mesin press.



Gambar 2.2 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Filler

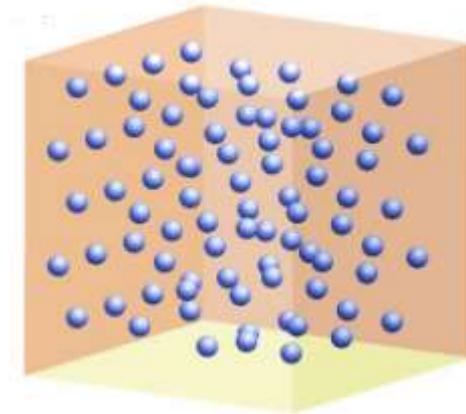
Komposit diklasifikasikan berdasarkan penguatnya menjadi :

1. Fiber komposit material

Fiber Komposit material adalah komposit terbuat dari serat dengan kekuatan dan modulus yang tinggi, terikat baik dengan matriksnya. Dapat dibedakan menjadi 2, serat panjang dan serat pendek, contoh : fiber reinforcement plastic

2. Partikel komposit material

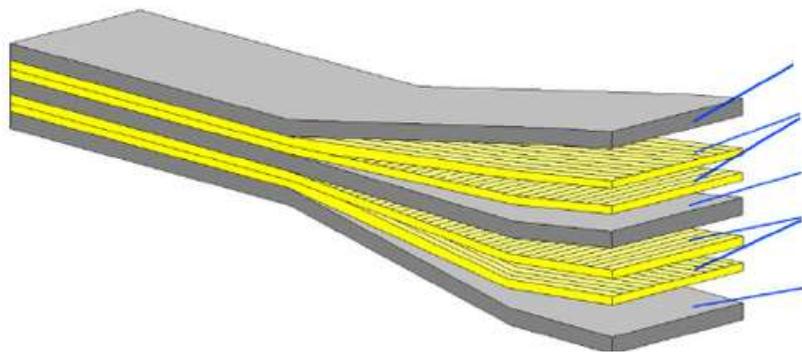
Partikel komposit material adalah komposit yang diberi penguat berbentuk partikel atau serbuk. contoh : beton



Gambar 2.3 Komposit Partikel (Witold Ogier man, 2020)

3. Struktural

Struktural komposit normalnya tersusun dari dua buah komposit yang homogen. Sifat mekanik yang diinginkan tidak hanya tergantung pada properties pokok material yang tersusun namun juga bergantung pada geometri desain, dan berbagai macam element struktur. Umumnya berbentuk laminat, dan sandwich. contoh : tembok bangunan, ekor pesawat terbang.



Gambar 2.4 Komposit Laminate (Krzysztof, 2012)

2.3. Serat Rami (*Boehmeria Nivea*)

Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) merupakan tanaman tahunan yang mudah tumbuh dan berkembang baik di daerah tropis. Rami merupakan tanaman yang serba guna. Daunnya merupakan bahan kompos dan pakan ternak bergisi tinggi, pohonnya baik untuk bahan bakar, tetapi yang paling bernilai ekonomi tinggi adalah

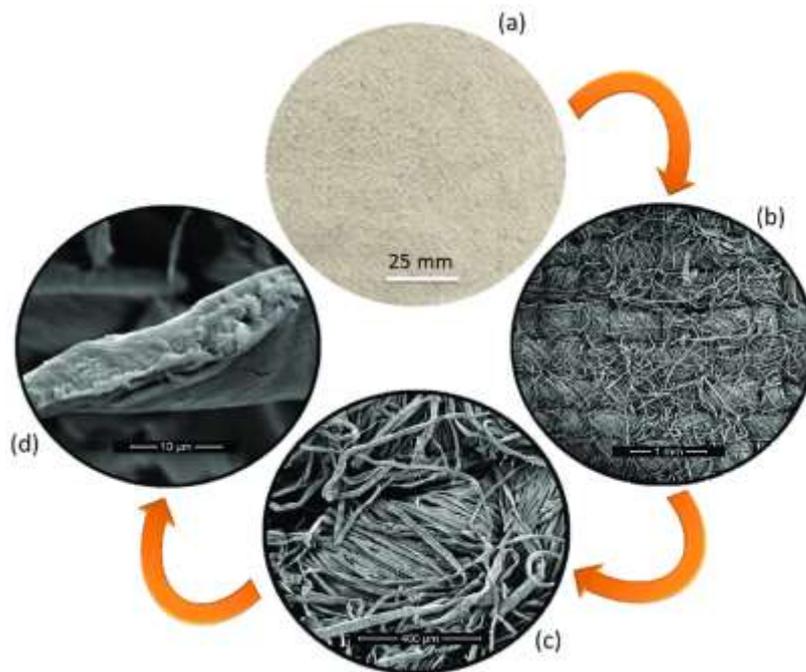
serat dari kulit kayunya. Tanaman rami juga sangat baik ditanam di lahan gundul atau di lereng ketinggian yang memiliki kemiringan besar. Karena rami tumbuh dari tunas akar sehingga dapat tumbuh dan berkembang biak berumpun dengan cepat seperti halnya bambu. Oleh karena itu tanaman rami sangat efektif untuk menahan erosi.



Gambar 2.5 Tanaman Rami

Serat rami ini merupakan bahan yang dapat diolah untuk kain fashion berkualitas tinggi dan bahan pembuatan selulosa berkualitas tinggi (selulose α). Selulosa α berkualitas tinggi merupakan salah satu unsur pokok pembuatan bahan peledak dan atau propelan (propellant) yaitu isian dorong untuk meledakkan peluru. Kayu dan serat rami dapat diolah menjadi pulp berkualitas tinggi sebagai bahan baku pembuatan aneka jenis kertas berharga. Serat rami panjangnya sangat bervariasi dari 2,5 cm sampai dengan 50 cm dengan panjang rata-rata 12,5 cm sampai dengan 15 cm. diameternya berkisar antara 25 μ sampai dengan 75 μ dengan rata-rata 30 – 50 μ . Bentuk memanjang serat rami seperti silinder dengan permukaan bergaris-garis dan berkerut-kerut membentuk benjolan - benjolan kecil. Sedangkan irisan lintang berbentuk lonjong memanjang dengan dinding sel yang tebal dan lumen yang pipih. Serat rami menjadi pilihan filler dalam pembuatan komposit sebagai plate anti peluru karena mempunyai modulus elastisitas dan densitas yang hampir sama dengan kevlar, selain itu yang menjadi keunggulan serat

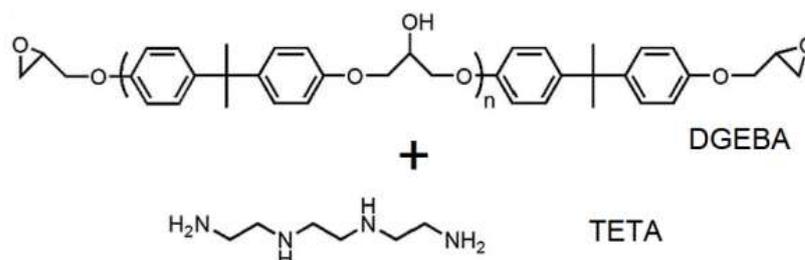
rami dari pada kevlar adalah serat rami memiliki break strain lebih tinggi dari kevlar.



Gambar 2.6 Serat rami dari makro ke mikro (a) kain rami (b) anyaman rami (c) anyaman rami (d) serat rami (Fabio da Costa Garcia Filho,2020)

2.4 Epoxy Resin

Epoxy Resin adalah polymer thermoset dimana molekulnya terdiri lebih dari satu kelompok epoxide. Epoxy merupakan produk reaksi dari epiklorodin dan bisphenol-A. Epoxy-resin dapat bereaksi satu sama lain melalui penambahan co-reactan yang sering disebut sebagai pengeras. Reaksi cross-linking terjadi dalam pencampuran tersebut, yang umumnya disebut sebagai curing membentuk polimer jenis thermoset.



Gambar 2.7 Gugus Fungsi Resin Epoxy (Fabio da Costa Garcia Filho,2020)

Pada umumnya epoxy juga merupakan tipe adhesive yang kuat untuk melekatkan dan melindungi permukaan. Epoxy-resin merupakan polimer dengan ketangguhan dan kekakuan yang baik. Selain itu memiliki keras, getas, ketahanan terhadap zat kimia dan panas yang baik, penyusutan yang rendah, penyerapan air yang rendah, dan dapat melekat baik dengan . penguat dalam komposit. Dari berbagai jenis material thermoset ada kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Perbandingan resin epoxy dengan polimer thermoset lain ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan resin epoxy dengan polimer lain (Daniel Bürger, A 2010)

| Material Thermoset | Kelebihan | Kekurangan |
|--------------------|----------------------|----------------------------------|
| Polyester | Harga resin termurah | Sifat mekanik sedang |
| | Mudah digunakan | Emisi styrene tinggi |
| | - | Jangka waktu kerja terbatas |
| | - | Tingkat penyusutan tinggi |
| Vinylester | Ketahanan tinggi | Digunakan untuk high properties |
| | Sifat mekanik tinggi | Harga lebih mahal dari polyester |
| | - | Tingkat penyusutan tinggi |
| | - | Kandungan styrene tinggi |
| Epoxy | Sifat mekanik tinggi | Harga lebih mahal |
| | Sifat thermal tinggi | Critical mixing |
| | Penyusutan rendah | Corosive handling |
| | Jangka kerja lama | - |

2.5 Silicon carbide (SiC)

Silikon karbida atau juga dikenal dengan carborundum adalah suatu turunan senyawa silikon dengan rumus molekul SiC, terbentuk melalui ikatan kovalen

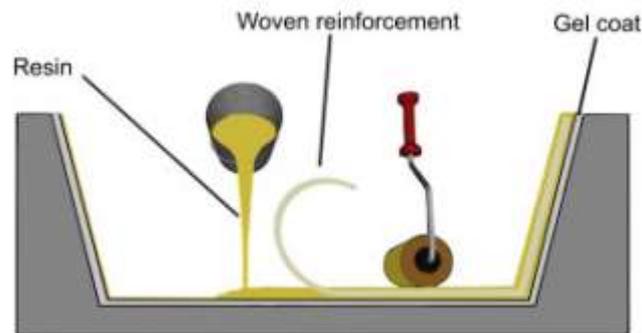
antara unsur Si dan C. Silikon karbida merupakan salah satu material keramik non-oksida paling penting, dihasilkan pada skala besar dalam bentuk bubuk (powder), bentuk cetakan, dan lapisan tipis. Teknik untuk membentuk bubuk SiC menjadi bentuk keramik dengan menggunakan agen pengikat, kemudian memberi pengaruh yang besar terhadap nilai komersial SiC. Sekarang ini, SiC merupakan salah satu material yang memiliki kegunaan yang besar dan memiliki peranan penting dalam berbagai industri seperti industri penerbangan dan angkasa, elektronik, industri tanur, dan industri-industri komponen mekanik berkekuatan tinggi. Umumnya, industri metalurgi, abrasif dan refraktori juga merupakan pengguna SiC dalam jumlah paling besar (Kirk dan Othmer, 1981).

Silicon carbide dibuat dari bahan baku utama pasir silika dan karbon. Silikon karbida dengan struktur tetrahedral dari karbon dan atom silikon dengan ikatan yang kuat dalam kisi Kristal. Hal ini menghasilkan bahan yang sangat keras dan kuat. Butiran silikon karbida tahan terhadap asam atau basa serta garam (Daud Simon Anakottapary, 2010). SiC mempunyai berat jenis 3,2, tensile strength 20 Gpa, specific strength 6,25 Gpa, modulus of elasticity 480 Gpa dan specific modulus 150 Gpa (Callister, 2009).

2.6 Metode Hand Lay Up

Hand lay up adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Proses pembuatan dengan metoda ini adalah dengan cara menuangkan resin ke atas serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga

ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.



Gambar 2.8 metode hand lay up (Marya raji, 2019)

Kelebihan penggunaan metoda ini: mudah dilakukan, cocok di gunakan untuk komponen yang besar, volumenya rendah. Aplikasi dari pembuatan produk komposit menggunakan hand lay up ini biasanya di gunakan pada material atau komponen yang sangat besar, seperti pembuatan kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin, bak mandi,perahu.

2.7 Karakterisasi

2.7.1 Uji Tarik



Gambar 2.8 Mesin uji Tarik - Universal Testing Machine (UTM)

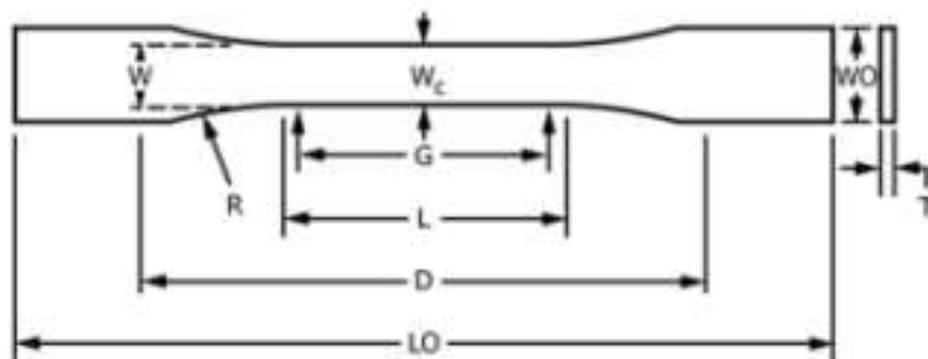
Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang

bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955). Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji. Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik yang diperoleh dengan membagi beban dengan luas awal penampang melintang benda uji.

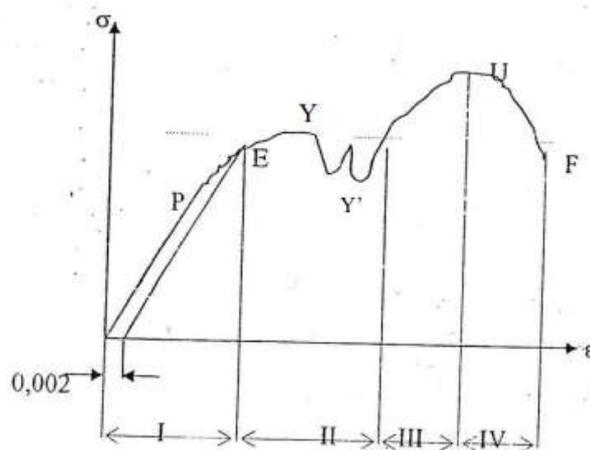
$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots \dots \dots (2.1)$$

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan rekayasa adalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (gauge length) benda uji, ΔL , dengan panjang awalnya L_0

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots \dots \dots (2.2)$$



Gambar 2.9 Spesimen Uji Tarik ASTM D638-01(Lit.3, 2013)



Gambar 2.10 kurva tegangan regangan hasil pengujian Tarik (Lit.3, 2013)

Kurva tegangan regangan hasil pengujian tarik umumnya tampak seperti pada gambar 1.2 Dari gambar tersebut dapat dilihat keterangan:

I = Daerah elastic

II = Daerah plastis sempurna (perfectly plastic)

III = Strain harden (pengutan kerangka)

IV = Daerah kontraksi

1. Titik P adalah batas proporsional (proportional limit) yaitu batas tegangan maksimum yang mungkin dilakukan pada pengujian tarik, dimana tegangan merupakan fungsi linier terhadap regangan. Ada juga bahan yang tidak mempunyai batas proposional.
2. Titik E (Elastis limit) adalah batas tegangan maksimum yang terjadi pada pengujian tarik, namun tidak terjadi perubahan bentuk yang permanen jika pembebanan ditiadakan. Batas proposional dan batas elastic setiap bahan jarang ditentukan secara pasti, namun kadang – kadang menggunakan secara pendekatan.
3. Titik Y (Yield point) yaitu terjadi penambahan regangan tanpa terjadi penambahan tegangan.
4. Titik Y' disebut titik luluh bawah.

5. Titik U (Ultimate limit) adalah tegangan maksimum bahan yang sering disebut sebagai kekuatan bahan.
6. Titik F (Failure) adalah titik dimana bahan terjadi pada akibat perlakuan pembebanan tarik tanpa terjadi penambahan tegangan.
7. Pada bagian ini pertambahan panjang sebanding dengan pertambahan beban yang diberikan. Pada bagian ini, berlaku hukum Hooke:

$$\Delta L = \frac{P}{A} \times \frac{L_0}{E} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

ΔL = pertambahan panjang benda kerja (mm)

L_0 = panjang benda kerja awal (mm)

P = beban yang bekerja (N)

A = luas penampang benda kerja (mm^2)

E = modulus elastisitas bahan (N / mm^2)

Dari persamaan (2.1) dan (2.2), bila disubstitusikan ke persamaan (2.3), maka akan diperoleh:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

E = modulus elastisitas bahan (N / mm^2)

σ = tegangan tarik

ε = regangan aksia

2.7.2 Uji impact

Uji impact adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (rapid loading). Pada uji impact terjadi proses penyerapan energi yang besar Ketika beban menumbuk spesimen. Energi yang diserap material ini dapat dihitung dengan menggunakan prinsip perbedaan energi potensial. Proses penyerapan energi ini akan diubah menjadi berbagai respon material seperti deformasi plastis, efek hysteresis dan efek inersia



Gambar 2.11 Alat Uji Impact (Charpy Impact Non – Ferrous - Time Testing Machine XJJ-5)

Prinsip pengujian impact ini adalah menghitung energi yang diberikan oleh beban (pendulum) dan menghitung energi yang diserap oleh spesimen. Pada saat beban dinaikkan pada ketinggian tertentu, beban memiliki energi potensial maksimum, kemudian saat akan menumbuk spesimen, energi kinetik mencapai maksimum. Energi kinetik maksimum tersebut akan diserap sebagian oleh spesimen hingga spesimen tersebut patah. Nilai ketahanan impact material yang di uji dengan metode charpy dapat di ketahui persamaaan sebagai berikut :

$$HI = \frac{m \cdot g \cdot r (\cos h_2 - \cos h_1)}{A} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

HI : Kekuatan Impak (Joule/mm²)

m : massa bandul pemukul (Kg)

g : percepatan gravitasi 9,81 m/s²

r : panjang lengan pandulum

h1 : tinggi pusat bandul sebelum pemukulan (m)

h2 : tinggi pusat bandul setelah pemukulan (m)

2.7.3 Uji Balistik (Ballistic Resistance of Body Armor NIJ Standard-0101.06)

NIJ Standard-0101.06 adalah standart pengujian balistik yang di terbitkan lembaga resmi pemerintah Amerika Serikat. Dalam membuat rompi anti peluru harus lulus uji dan standar agar pengguna aman saat menggunakan. Kriteria dan syarat kerja bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 .Standart NIJ (National institute of justice, 200

| Threat Level | Caliber | Bullet Weight | BULLET DESCRIPTION | Nominal Bullet Diameter | Acceptable Manufacturer | Bullet Model Number |
|--------------|--------------|--------------------|--------------------|-------------------------|---|----------------------|
| IIA | 9 mm Luger | 8.0 g (124 gr) | FMJ RN | 9 mm (.355 in) | Remington | 23558 |
| | .40 S&W | 11.7 g (180 gr) | FMJ | 10 mm (.400 in) | Remington | 23686 |
| II | 9 mm Luger | 8.0 g (124 gr) | FMJ RN | 9 mm (.355 in) | Remington | 23558 |
| | .357 Mag | 10.2 g (158 gr) | JSP | 9.1 mm (.357 in) | Remington | 22847 |
| IIIA | .357 SIG | 8.1 g (125 gr) | TMJ | 9.0 mm (.355 in) | Speer | 4362 |
| | .44 Mag | 15.6 g (240 gr) | JHP | 10.9 mm (.429 in) | Speer | 4453 or 4736** |
| III | 7.62 mm NATO | 9.6 g (147 gr) | FMJ – SPIRE PT BT* | 7.62 mm (.308 in) | *** | *** |
| IV | 30.06 M2 AP | 10.8 g (166 gr) | FMJ – SPIRE PT AP | 7.62 mm (.308 in) | May be obtained from U.S. Military M2 AP ammunition | |

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan variabel yang dikehendaki dan pengujian karakteristik. Sampel yang dibuat adalah komposit polimer rami epoxy dengan penambahan Silicon Carbida (SiC) sebagai bahan rompi anti peluru dengan variasi jumlah Lapisan Anyaman Rami sebanyak 3, 4 dan 5 lapisan. Analisis kekuatan tarik, impact dan balistik berdasarkan hasil pengujian.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Maret 2022. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Material Fisika UIN Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

1. Neraca digital
2. Gelas Plastik
3. Sumpit Kayu
4. Penggaris
5. Gunting
6. Cetakan

3.3.2 Bahan Penelitian

1. Anyaman rami (Bohmeria Nivea)
2. Resin epoxy dan hardener
3. Silicon Carbida (SiC)

3.3.3 Alat Karakterisasi

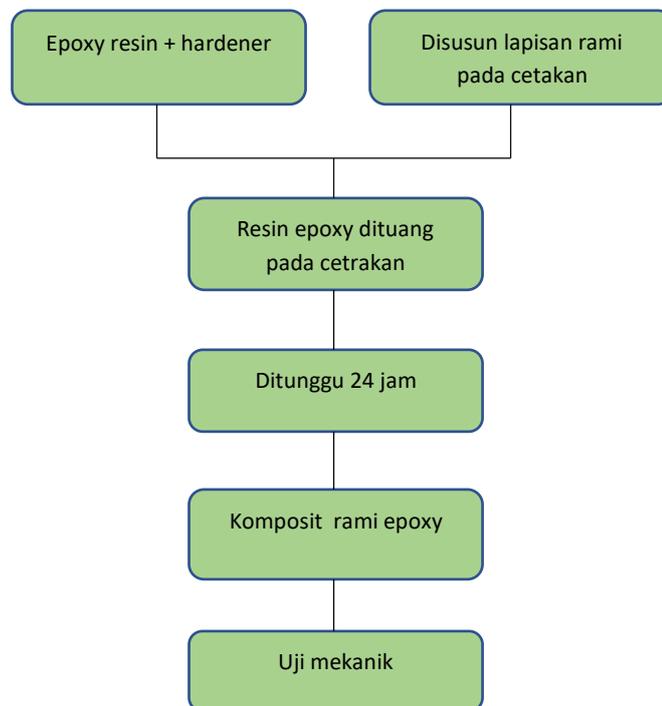
1. Alat uji tarik
2. Alat uji impact
3. Alat uji balistik

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam pembuatan komposit rami epoxy ini adalah variasi jumlah lapisan Anyaman Rami sebanyak 3, 4 dan 5 dengan penambahan Silicon Carbide (SiC) 0,5 % wt pada matriks.

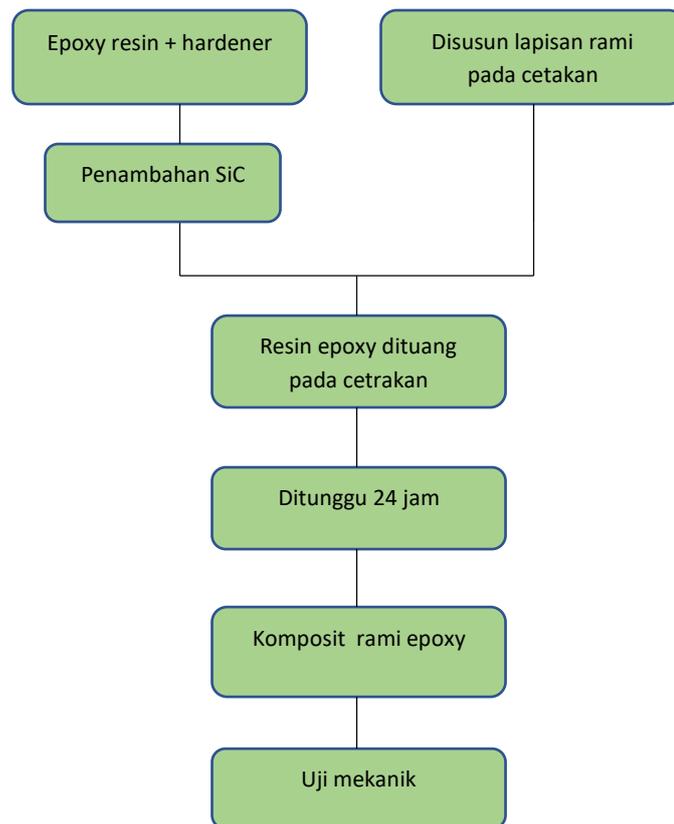
3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Komposit rami epoxy



Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan komposit rami epoxy

3.5.2 Komposit rami epoxy dengan penambahan SiC



Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Komposit Rami Epoxy dengan Penambahan 0,5% wt SiC

3.5.3 Preparasi Anyaman Rami sebagai Filler

1. Dipersiapkan batang tanaman rami yang akan diolah menjadi serat
2. Penggilingan batang tanaman rami menjadi serat
3. Penjemuran serat rami
4. Dilakukan proses degumming pada serat rami
5. Serat rami dianyam

3.5.4 Pembuatan Matriks

1. Pencampuran Resin epoxy dan hardener dengan perbandingan 2 : 1

3.5.5 Pembuatan komposit epoxy dengan penambahan SiC

1. Dihitung sesuai perbandingan yang digunakan
2. Ditimbang bahan-bahan yang digunakan
3. Anyaman rami diletakkan pada cetakan dengan variasi lapisan 3, 4 dan 5
4. Dituangkan Resin Epoxy dan Hardener dengan penambahan SiC
5. Ditunggu sampai 1 x 24 jam

3.5.6 Uji Komposit

1. Uji tarik dilakukan menggunakan Universal Testing Machine (UTM) untuk mengetahui tingkat kekuatan suatu material dan untuk mengenali karakteristik pada material komposit.
2. Uji impact dilakukan menggunakan Charpy Impact Non – Ferrous (Time Testing Machine XJJ-5) untuk mengetahui seberapa besar tingkat kekuatan material untuk menerima beban kejut.
3. Uji Balistik dilakukan untuk merancang suatu material anti peluru agar mampu mereduksi semaksimal mungkin energi proyektil yang dihasilkan pada proses penembakan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Pembuatan komposit polimer dilakukan di Laboratorium Riset Fisika Material UIN Malang. Tahap pertama dalam pembuatan komposit polimer yakni pencampuran epoxy dan hardener dengan perbandingan 2 : 1 sebagai matriks, untuk variasi kedua dicampurkan SiC 0,5 % wt matriks. Tahap kedua pembuatan komposit rami epoxy yakni filler ditaruh dicetakan dengan variasi filler 3, 4 dan 5 lapis anyaman rami, kemudian dituangkan matriks pada filler.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik dari komposit polimer rami epoxy dengan variasi yang sudah ditentukan. Karakterisasi yang digunakan adalah uji tarik, uji impact dan uji balistik. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sedangkan analisis dalam bentuk tulisan.

4.1.1 Data Hasil Uji Tarik menggunakan Universal Testing Machine

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dan regangan material komposit polimer rami dengan dan tanpa penambahan SiC 0,5 % wt matriks menggunakan standard ASTM D 638-84 MI. Hasil dari pengukuran spesimen diperoleh data panjang awal spesimen (L_0) dan luas penampang (A), dari pengujian tarik diperoleh data pertambahan panjang spesimen (ΔL) dan gaya maksimal yang diberikan pada spesimen (F). Dari data pengukuran dan pengujian yang diperoleh dihitung nilai tensile strain dan tensile stress menggunakan rumus sebagai berikut : (Callister, 2009)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots(4.1)$$

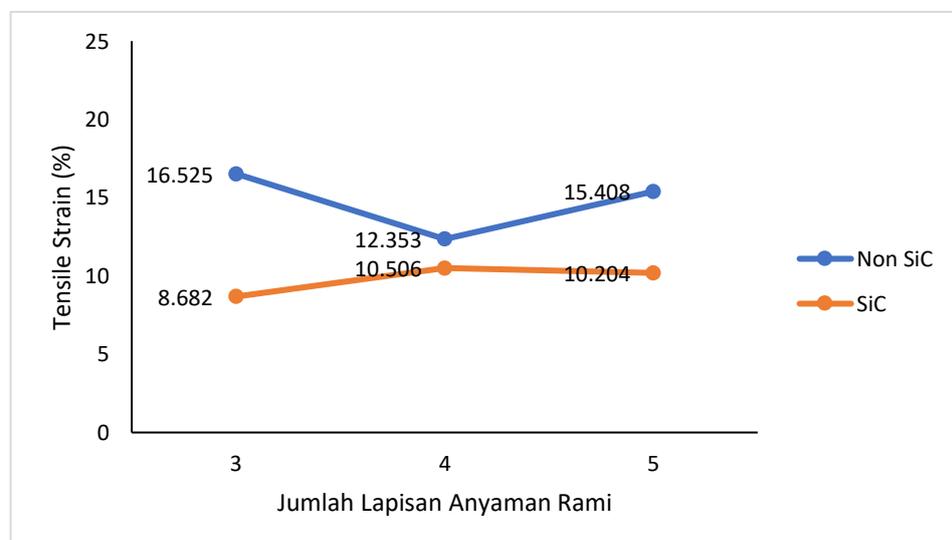
$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(4.2)$$

Data hasil perhitungan dan pengujian tarik menggunakan Universal Testing Machine (UTM) ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Uji Tarik

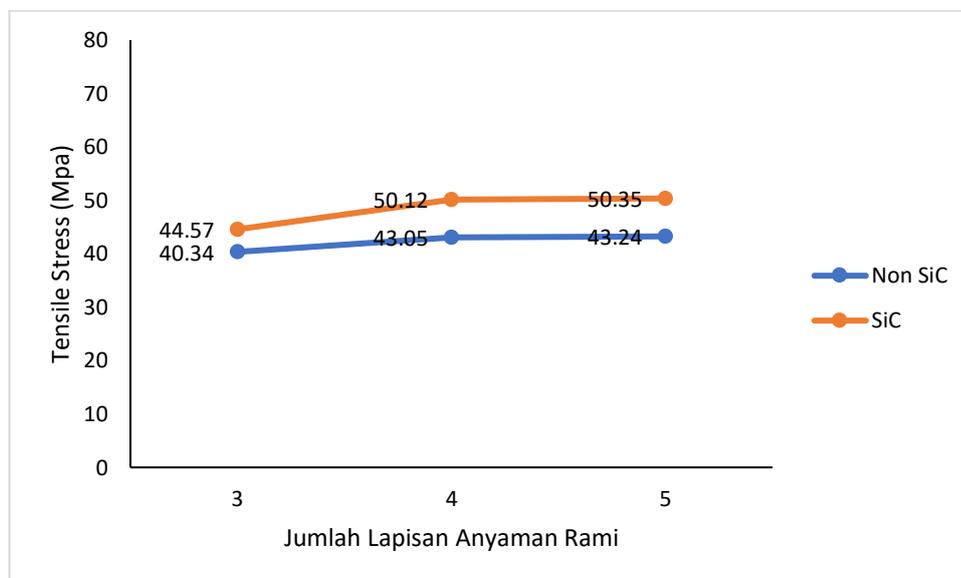
| Spesimen | L ₀ (mm) | ΔL (mm) | A (mm ²) | Force Peak (Kgf) | Tensile Strain (%) | Tensile Stress (Mpa) |
|---------------|------------------------|------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 3 layer | 85 | 14.046 | 96 | 394.94 | 16.525 | 40.34 |
| 4 layer | 80 | 9.882 | 95 | 417.74 | 12.353 | 43.05 |
| 5 layer | 77.9 | 12.002 | 95 | 419.25 | 15.408 | 43.24 |
| 3 layer + SiC | 90.6 | 7.866 | 110.2 | 500.91 | 8.682 | 44.57 |
| 4 layer + SiC | 90 | 9.456 | 133.12 | 680.42 | 10.506 | 50.12 |
| 5 layer + SiC | 84.2 | 8.591 | 126.5 | 649.61 | 10.204 | 50.35 |

Berdasarkan tabel 4.1 dibuatlah grafik hubungan nilai tensile strain dan stress dengan jumlah lapisan anyaman rami pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.



Gambar 4.1. Grafik Nilai Tensile Strain

Gambar 4.1 menunjukkan grafik hubungan nilai tensile strain dengan jumlah lapisan anyaman rami. Spesimen komposit matriks epoxy tanpa penambahan SiC menggunakan filler 3 lapis anyaman rami memiliki nilai tensile strain tertinggi yakni 16.525 %, kemudian pada variasi filler 4 dan 5 lapis anyaman rami tensile strain menunjukkan nilai 12.353 % dan 15.408 %. Pada spesimen dengan penambahan SiC 0,5 % wt menggunakan filler 3 lapis anyaman rami memiliki nilai tensile strain terkecil yakni 8.682 %, kemudian pada variasi filler 4 dan 5 lapis anyaman rami tensile strain menunjukkan nilai 10.506 % dan 10.204%.



Gambar 4.2. Grafik Nilai Tensile Stress

Gambar 4.2 menunjukkan grafik hubungan nilai tensile stress dengan jumlah lapisan anyaman rami. Spesimen komposit polimer rami epoxy tanpa penambahan SiC pada variasi filler 3 lapis anyaman rami memiliki nilai tensile stress terkecil yakni 40.34 Mpa, kemudian mengalami peningkatan pada variasi filler 4 dan 5 lapis anyaman rami dengan nilai 43.05 dan 43.24 Mpa. Spesimen komposit polimer rami epoxy dengan penambahan SiC 0.5 % wt memiliki nilai tensile stress 44.57 dan 50.12 Mpa pada variasi filler 3 lapis anyaman rami,

kemudian mengalami peningkatan pada variasi filler 5 lapis anyaman rami dengan nilai 50.35 Mpa sekaligus memiliki nilai tensile stress tertinggi.

4.1.2 Data Hasil Uji Impact menggunakan Charpy Impact Non – Ferrous - Time Testing Machine XJJ-5

Pengujian impact dilakukan untuk mengetahui ketahanan patah dan keuletan material komposit polimer rami epoxy dengan dan tanpa penambahan SiC 0,5 % wt matriks menggunakan standard ASTM D 638-84 MI. Pandulum yang digunakan memiliki berat 1.34 kg dengan panjang lengan (r) 0.27 mm dan nilai percepatan gravitasi (g) 9.81 m/s². A adalah luas penampang spesimen, α adalah sudut awal pendulum dan β adalah sudut simpangan setelah pendulum menumbuk spesimen. Kemudian dari data pengukuran dan pengujian dihitunglah nilai energi dan nilai impact menggunakan rumus sebagai berikut : (Callister,2009)

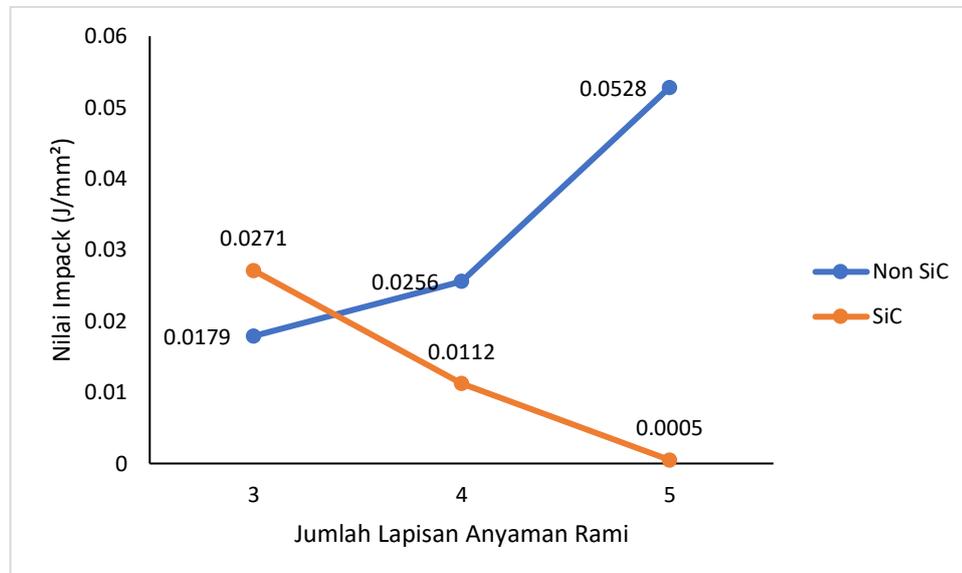
$$HI = \frac{m.g.r (\cos h_2 - \cos h_1)}{A} \dots\dots\dots(4.3)$$

Data hasil perhitungan dan pengujian impact menggunakan Charpy Impact Non – Ferrous - Time Testing Machine XJJ-5 ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Uji Impact

| Spesimen | A (mm ²) | α | β | Energi (J) | Nilai Impact (J/mm ²) |
|---------------|----------------------|----------|---------|------------|-----------------------------------|
| 3 lapis | 120 | 150 ° | 105 ° | 2.155 | 0.0179 |
| 4 lapis | 120 | 150 ° | 90 ° | 3.073 | 0.0256 |
| 5 lapis | 120 | 150 ° | 23 ° | 6.340 | 0.0528 |
| 3 lapis + SiC | 120 | 150 ° | 87 ° | 3.259 | 0.0271 |
| 4 lapis + SiC | 120 | 150 ° | 119 ° | 1.353 | 0.0112 |
| 5 lapis + SiC | 120 | 150 ° | 148 ° | 0.0638 | 0.0005 |

Berdasarkan tabel 4.1 dibuatlah grafik hubungan nilai impack dengan jumlah lapisan anyaman rami pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Nilai Impack

Gambar 4.3 menunjukkan grafik hubungan nilai impack dengan jumlah lapisan anyaman rami. Spesimen komposit polimer rami epoxy tanpa penambahan SiC memiliki nilai impack 0.0179 dan 0.0256 Joule / mm² pada variasi filler 3 dan 4 lapis anyaman rami, kemudian pada variasi filler 5 lapis anyaman rami memiliki nilai impack tertinggi yakni 0.0528 Joule / mm². Spesimen komposit polimer rami epoxy dengan penambahan SiC 0.5 % wt memiliki nilai impack 0.0271 dan 0.0112 Joule / mm² pada variasi filler 3 dan 4 lapis anyaman rami, kemudian pada variasi filler 5 lapis anyaman rami memiliki nilai impack terkecil yakni 0.0005 Joule / mm².

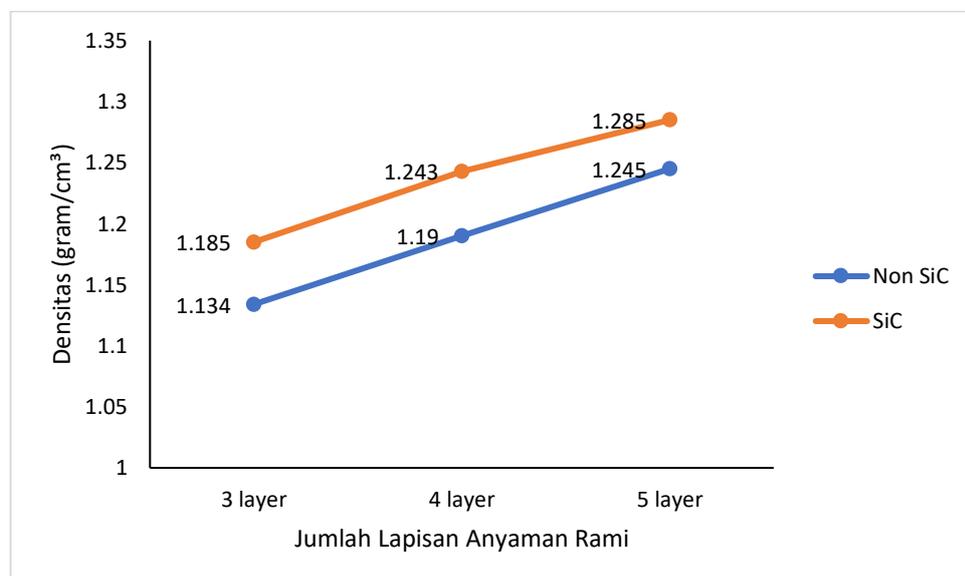
4.1.3 Data Hasil Uji Balistik

Spesimen plate anti peluru dibuat dengan cetakan berukuran 23 cm x 23 cm x 1 cm dan tiap specimen memiliki massa yang berbeda, dari pengukuran massa tiap satuan volume diperoleh nilai densitas pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Spesimen Plate Anti Peluru

| Spesimen | Massa (gram) | Volume (cm ³) | Densitas (gr/cm ³) |
|---------------|--------------|---------------------------|--------------------------------|
| 3 layer | 600 | 529 | 1.134 |
| 4 layer | 630 | 529 | 1.190 |
| 5 layer | 659 | 529 | 1.245 |
| 3 layer + SiC | 627 | 529 | 1.185 |
| 4 layer + SiC | 658 | 529 | 1.243 |
| 5 layer + SiC | 680 | 529 | 1.285 |

Berdasarkan tabel 4.3 dibuatlah grafik nilai densitas specimen plate anti peluru pada gambar 4.4.

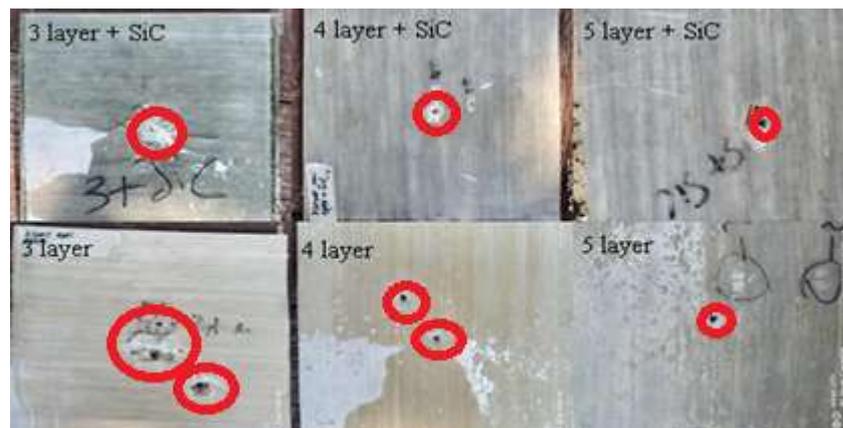


Gambar 4.4 Grafik Nilai Densitas Spesimen Plate Anti Peluru

Gambar 4.4 menunjukkan grafik nilai densitas specimen plate anti peluru. Plate anti peluru memiliki densitas terkecil pada variasi 3 layer dengan nilai 1.134 gram/cm³, kemudian pada variasi 4 dan 5 layer memiliki nilai 1.190 dan 1.245 gram/cm³. Plate anti peluru memiliki nilai densitas 1.185 dan 1.243 gram/cm³ pada

variasi 3 dan 4 layer + SiC, kemudian memiliki nilai densitas tertinggi pada variasi 5 layer + SiC yakni 1.285 gram/cm³.

Pengujian balistik dilakukan di Pusdik Brimob Watukosek Pasuruan atas rekomendasi PT. Ansa Soulusitama Indonesia. Senjata yang digunakan adalah Pistol Sig Sauer P226 dengan kaliber 9 x 19 mm parabellum pada jarak 7 meter. Hasil uji balistik komposit rami epoxy ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.5 Spesimen Plate Anti Peluru Setelah Uji Tembak

Gambar 4.5 menunjukkan spesimen plate anti peluru setelah ditembak. Spesimen komposit rami epoxy tanpa penambahan SiC memiliki diameter lubang lebih besar dibandingkan komposit rami epoxy dengan penambahan SiC. Spesimen plate anti peluru 3 layer tanpa penambahan SiC memiliki deformasi plastis terbesar, kemudian variasi 4 layer dan 5 layer deformasi plastis hanya berupa lubang bekas peluru tanpa adanya kerusakan di area sekitarnya. Spesimen plate anti peluru dengan variasi 3 layer + SiC mengalami keretakan di area lubang bekas tembakan, kemudian pada variasi 4 layer + SiC deformasi plastis berupa lubang bekas peluru dan pada variasi 5 layer + SiC memiliki deformasi plastis terkecil

4.2 Pembahasan

Komposit polimer rami epoxy dibuat dengan variasi filler 3, 4 dan 5 lapis anyaman rami, kemudian variasi matriksnya dengan penambahan 0,5 % wt SiC dan tanpa penambahan SiC. Regangan yang dihasilkan dari komposit polimer rami epoxy tanpa penambahan SiC memiliki nilai regangan tertinggi pada variasi filler 3 lapis anyaman rami dengan nilai 16.525 %, kemudian mengalami penurunan nilai regangan pada variasi filler 4 lapis anyaman rami dan pada variasi filler 5 lapis anyaman rami nilai regangan kembali meningkat. Regangan yang dihasilkan dari komposit polimer rami epoxy mengalami penurunan ketika ditambah dengan 0,5 % wt SiC pada semua variasi filler dan memiliki nilai terendah pada variasi 3 lapis anyaman rami dengan nilai 8.682 %. Hal ini disebabkan karena sifat SiC yang keras. Sehingga ketika komposit mengalami tegangan tarik, regangan yang dihasilkan akan kecil dan waktu yang dibutuhkan lebih sedikit sebelum komposit patah. Komposit polimer rami epoxy dengan variasi filler 5 lapis anyaman rami tanpa penambahan SiC memiliki bentuk patahan ulet, hal ini bisa dilihat deformasi plastis yang cukup besar serta permukaannya yang kasar dan berserabut. Spesimen yang lain menunjukkan bentuk patahan getas, hal ini ditunjukkan dari permukaan patahan yang relatif rata.

Kekuatan tarik komposit polimer rami epoxy tanpa penambahan 0,5 % wt SiC memiliki nilai terendah pada variasi filler 3 lapis anyaman rami dengan nilai 40.34 Mpa, kemudian mengalami peningkatan kekuatan tarik seiring bertambahnya lapisan anyaman rami. Hal ini sejalan dengan penelitian Dzulkifli Ja'far dkk (2020) yakni kekuatan tarik komposit anyaman rami dipengaruhi oleh jumlah lapisan anyaman rami. Semakin banyak jumlah lapisan anyaman rami maka kekuatan tarik

komposit anyaman rami bertambah. Pada komposit polimer rami epoxy mengalami peningkatan kekuatan tarik ketika ditambahkan SiC 0.5 % wt pada semua variasi filler dan memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi pada variasi filler 5 lapis anyaman rami dengan nilai 50.35 Mpa. Hal ini disebabkan sifat mekanik dari epoxy dan SiC yang unggul, sehingga ketika di gabungkan dengan anyaman rami sebagai penguat terbentuklah material komposit dengan sifat tarik yang lebih baik.

Data hasil uji impact menunjukkan ketahanan patah dan keuletan material. Semakin besar energi yang diserap oleh suatu material untuk menjadi patah, maka semakin tangguh material tersebut. Komposit polimer rami epoxy tanpa penambahan 0,5 % wt SiC pada matrik mengalami peningkatan energi impact seiring bertambahnya jumlah lapisan anyaman rami dan memiliki nilai energi impact tertinggi pada variasi filler 5 lapis anyaman rami dengan nilai 0.0528 Joule/mm². Hal ini menunjukkan semakin banyak lapisan anyaman rami semakin besar kemampuan anyaman rami untuk memblokir perambatan retak dalam komposit, yang menuntut jumlah energi yang lebih besar sebelum komposit dipatahkan. Spesimen komposit rami epoxy dengan penambahan 0,5 % wt SiC pada matriks menunjukkan hasil yang terbalik dengan tanpa penambahan SiC, semakin banyak jumlah lapisan anyaman rami maka semakin kecil nilai energi impact dan memiliki nilai terendah pada variasi filler 5 lapis anyaman rami dengan nilai impact 0.0005 Joule/mm². Hasil yang diperoleh pada komposit polimer rami epoxy memiliki penurunan energi impact ketika ditambah dengan 0,5 % wt SiC pada matriks kecuali pada variasi filler 3 lapis anyaman rami. Penurunan nilai impact ketika di tambah dengan SiC pada matriks disebabkan sifat SiC yang keras sehingga ketika digabung dengan epoxy dan dituangkan ke anyaman rami akan menjadi

komposit dengan sifat mekanik yang lebih keras namun mudah patah. Patahan spesimen komposit polimer rami epoxy tanpa penambahan 0,5 % wt SiC pada matriks menunjukkan kerusakan patah dengan deformasi plastis yang lebih besar dan permukaan patahan yang tidak rata, hal ini menunjukkan penyerapan energi yang lebih besar pada spesimen sebelum terjadinya patahan. Pada spesimen komposit polimer rami epoxy dengan penambahan 0,5 % wt SiC pada matriks menunjukkan patahan yang relatif rata, hal ini disebabkan penyerapan energi yang terlalu kecil dan perambatan retak yang terlalu cepat.

Spesimen uji balistik komposit polimer rami epoxy memiliki ketebalan 1 cm dengan panjang dan lebar 23 cm x 23 cm. Penembakan dilakukan menggunakan pistol Sig Sauer dengan kaliber 9 x 19 mm parabellum pada jarak 7 meter. Hasil pengujian menunjukkan semua spesimen tertembus peluru, hal ini disebabkan bentuk anyaman rami yang kurang rapat sehingga energi yang diserap tidak menyebar ke seluruh arah, dan tidak adanya peredam pada lapisan awal sehingga energi langsung diterima oleh anyaman rami. Namun, pada specimen 5 layer + SiC memiliki deformasi plastis terkecil setelah dilakukan penembakan. Hal ini disebabkan banyaknya jumlah lapisan anyaman rami dan nilai densitas yang tinggi, sehingga penyebaran energinya lebih baik.

4.3 Integrasi Al – Qur'an dan Sains

Baju Zirah adalah pakaian pelindung yang dikenakan untuk melindungi tubuh maupun kendaraan dari senjata atau benda yang dapat memberi luka fisik.. Dalam Al – Qur'an surat saba' ayat 11 Allah SWT berfirman :

أَنْ أَعْمَلَ سُدُجَاتٍ وَقَدَّرَ فِي السَّرْدِ وَأَعْمَلُوا صُلْحًا إِنِّي بِمَا تَعْمَلُونَ بَصِيرٌ

Artinya : (yaitu) buatlah baju besi yang besar-besar dan ukurlah anyamannya; dan kerjakanlah kebajikan. Sungguh, Aku Maha Melihat apa yang kamu kerjakan.

Syekh Ahmad Al – Shawi dalam kitabnya Hasyiyah Al-Shawi ‘ala Tafsir Jalalain menyebutkan bahwasannya Nabi Dawud diberikan mukjizat melunakkan besi dan diperintah untuk membuat baju zirah. Nabi Dawud membuat baju zirah tanpa menggunakan api dan alat, besi yang dipegang Nabi Dawud layaknya adonan lunak dan mudah dibentuk. Beliau juga menyebutkan bahwasannya Nabi Dawud adalah orang pertama yang membuat baju zirah dari besi, karena sebelumnya hanya berupa lempengan – lempengan besi. Nabi Dawud membuat baju zirah setiap hari dan dijual dengan harga 4.000 dirham, dari hasil penjualannya Nabi Dawud menafkahkan dan menshodaqohkan harta tersebut. Ulama’ ahli tafsir berbeda pendapat dalam menafsiri lafadh وَقَدَّرَ فِي السَّرْدِ , menurut qoul adhar adalah baju besi yang terbentuk dari gulungan – gulungan atau anyaman yang ukurannya sama dan ketat, sehingga tidak tertembus anak panah dan juga tidak menjadikan anyamannya pecah serta tidak memberatkan penggunaannya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil pengujian komposit polimer rami epoxy dan pembahasan yang sudah dilakukan , maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Komposit polimer rami epoxy mengalami peningkatan kekuatan tarik seiring dengan bertambahnya jumlah lapisan anyaman rami. Penambahan 0.5 % wt SiC ke matriks menambah kekuatan tarik dari komposit polimer rami epoxy. Komposit polimer rami epoxy dengan penambahan SiC pada matriks pada variasi filler 5 lapis anyaman rami memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi yakni 50.35 Mpa. Komposit polimer rami epoxy tanpa penambahan SiC pada variasi filler 3 lapis anyaman rami memiliki nilai kekuatan tarik terendah yakni 40.34 Mpa.
2. Komposit polimer rami epoxy mengalami peningkatan nilai kekuatan impact seiring bertambahnya jumlah lapisan anyaman rami. Penambahan 0.5 % wt SiC ke matriks mengurangi nilai kekuatan impact pada komposit polimer rami epoxy. Komposit polimer rami epoxy tanpa penambahan SiC pada matriks dengan variasi filler 5 lapis anyaman rami memiliki nilai impact tertinggi yakni 0,0528 J/mm². Komposit polimer rami epoxy dengan penambahan SiC pada matriks dan menggunakan variasi filler 5 lapis anyaman rami memiliki nilai impact terendah yakni 0.0005 J/mm².
3. Komposit polimer rami epoxy dengan variasi filler 3, 4 dan 5 lapis anyaman rami serta variasi matriks dengan dan tanpa penambahan 0.5 % wt SiC tidak bisa menahan laju peluru 19 x 9 mm dengan jarak 7 m.

5.2 Saran

Saran atas dilakukannya penelitian tentang plate anti peluru dari material komposit polimer rami epoxy adalah sebagai berikut :

1. Membuat pemodelan digital penembakan uji balistik kemudian dibandingkan dengan hasil eksperimen
2. Atas saran dari pihak industry dan militer sebaiknya dikasih peredam berupa lapisan polyurethane pada lapisan pertama yang berfungsi sebagai peredam dan daya serap energi dari peluru, sehingga energi yang diteruskan ke komposit polimer epoxy tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arista, F., Y., (2013). “Pengaruh Penambahan HGM terhadap sifat fisik dari komposit dengan matrix epoxy”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Gu, Y.; Tan, X.; Yang, Z.; Li, M.; Zhang, Z. *Hot compaction and mechanical properties of ramie fabric/epoxy composite fabricated using vacuum assisted resin infusion molding*. Mater. Des. 2014, 56, 852–861.
- Lu, H.R. *Bast-Fiber Crops Cultivation Science in China*; Agriculture Press: Beijing, China, 1992.
- Ni, J.-L.; Zhu, A.-G.; Wang, X.-F.; Xu, Y.; Sun, Z.-M.; Chen, J.-H.; Luan, M.-B. *Genetic diversity and population structure of ramie (Boehmeria nivea L.)*. Ind. Crop. Prod. 2018, 115, 340–347.
- Zhandarov, S. *Characterization of fiber/matrix interface strength: Applicability of different tests, approaches and parameters*. Compos. Sci. Technol. 2005, 65, 149–160.
- Bledzki, A.K.; Gassam, J. *Composites reinforced with cellulose based fibers*. Prog. Polym. Sci. 1999, 24, 221–274.
- Rong, M.Z.; Zhang, M.Q.; Liu, Y.; Yang, G.C.; Zeng, H.M. *The effect of fiber treatment on the mechanical properties of unidirectional sisal-reinforced epoxy composites*. Compos. Sci. Technol. 2001, 61, 1437–1447.
- Jacob, M.; Joseph, S.; Pothen, L.A.; Thomas, S. *A study of advances in characterization of interfaces and fiber surfaces in lignocellulosic fiber-reinforced composites*. Compos. Interfaces 2005, 12, 95–124.
- Costa, U.O.; Nascimento, L.F.C.; Garcia, J.; Monteiro, S.N.; Da Luz, F.S.; Pinheiro, W.A.; Garcia Filho, F.D.C. *Effect of Graphene Oxide Coating on Natural Fiber Composite for Multilayered Ballistic Armor*. Polymer 2019, 11, 1356.
- Daud Simon Anakottapary, “Interaksi antara Proyektil dan Komposit Polimer diperkuat Butiran Silikon Karbida (SiC) dan Serat Karbon pada Pengujian Balistik” Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Oktober 2010: hal. 101.
- Dieter, G.E., 1987, Metalurgi Mekanik, terj. Sriati D., Erlangga, Jakarta.
- Davis, H.E., Troxell, G.E., Wiskocil, C.T., 1955, *The Testing and Inspection of Engineering Materias*, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- Callister Jr, William D, 2009, *Materials Science And Engineering An Introduction, 8th Edition*, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- Al – Mahalli dan As - Suyuthi, Syekh Jalaluddin, 2020, *Tafsir Jalalain*, Pesantren Fathul Ulum : Kediri.
- Al – Showi, Syekh Ahmad, 2020, *Hasyiah Showi ‘ala Tafsir Jalalain* , Pesantren Fathul Ulum : Kediri.

LAMPIRAN

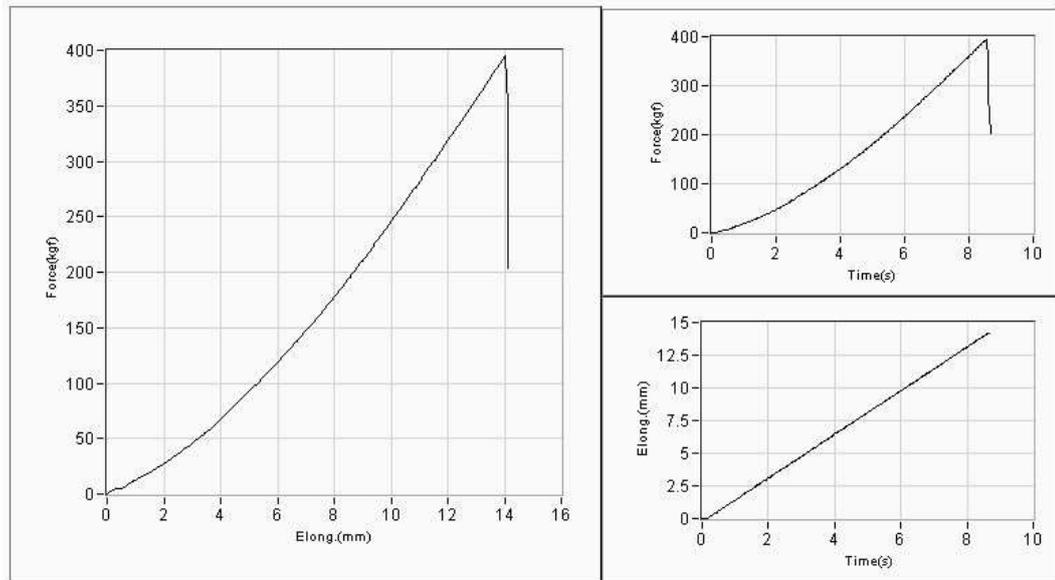
Lampiran 1

Gambar 4.5 Specimen setelah di uji tarik

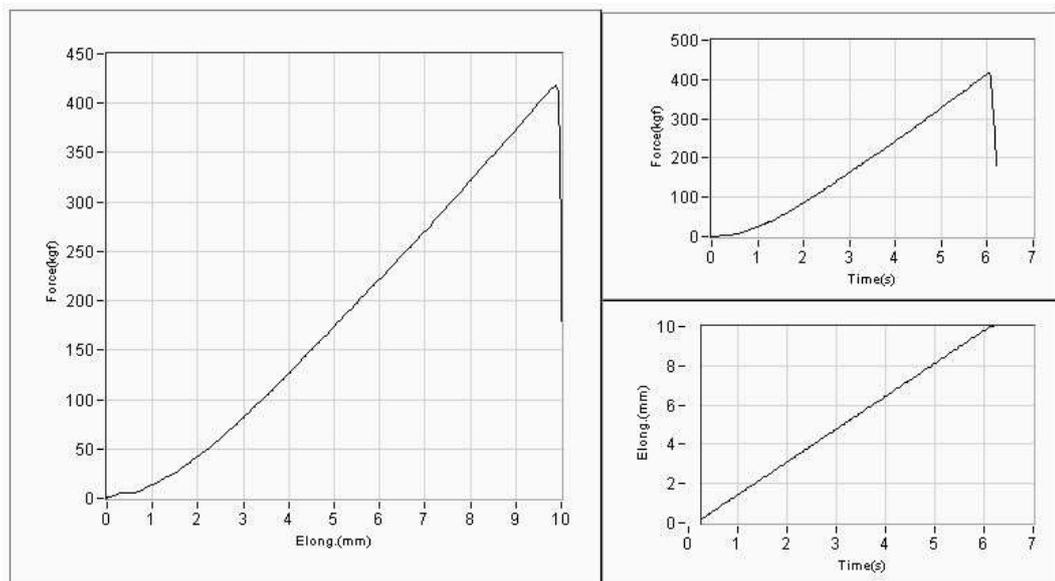


Gambar 4.6 Specimen setelah di uji impak

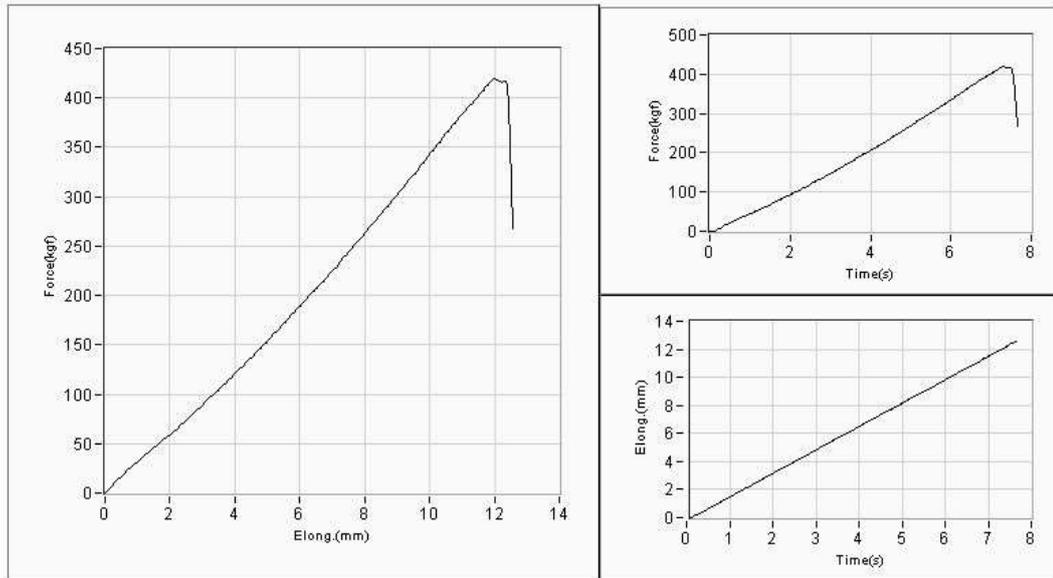
Lampiran 2



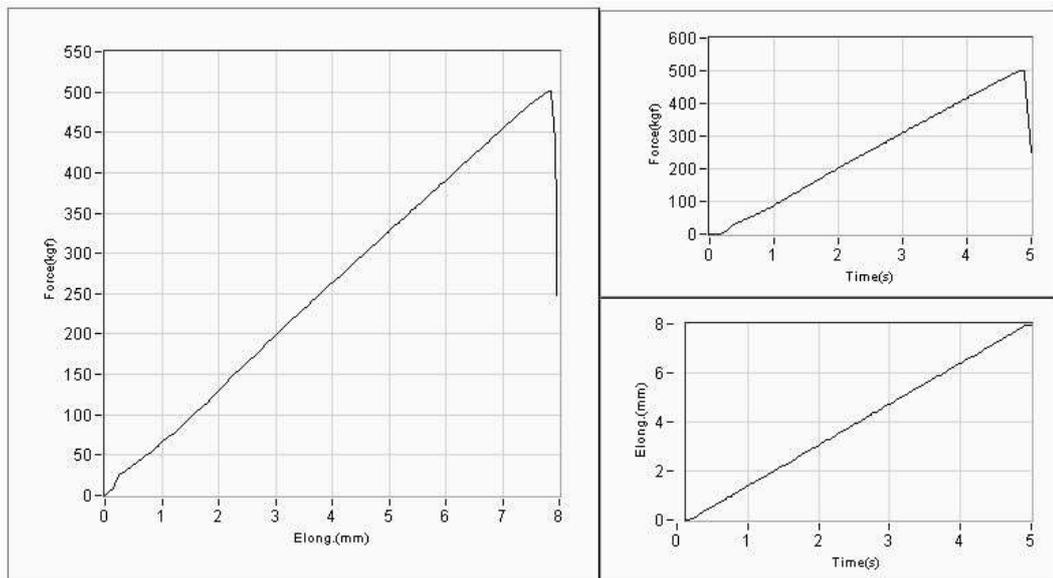
Gambar 4.7 Grafik hasil uji tarik komposit epoxy 3 lapis anyaman rami



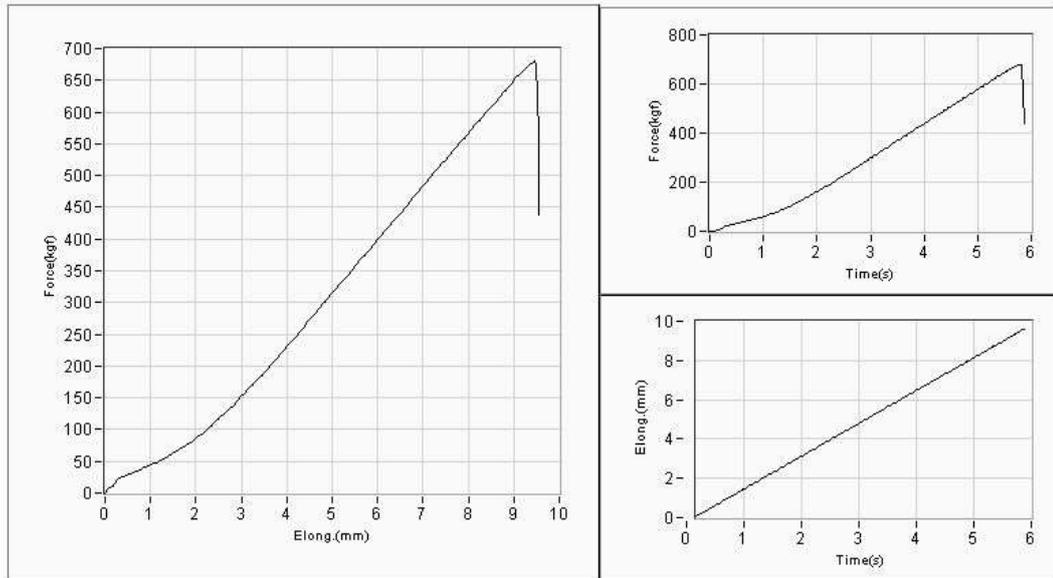
Gambar 4.8 Grafik hasil uji tarik komposit epoxy 4 lapis anyaman rami



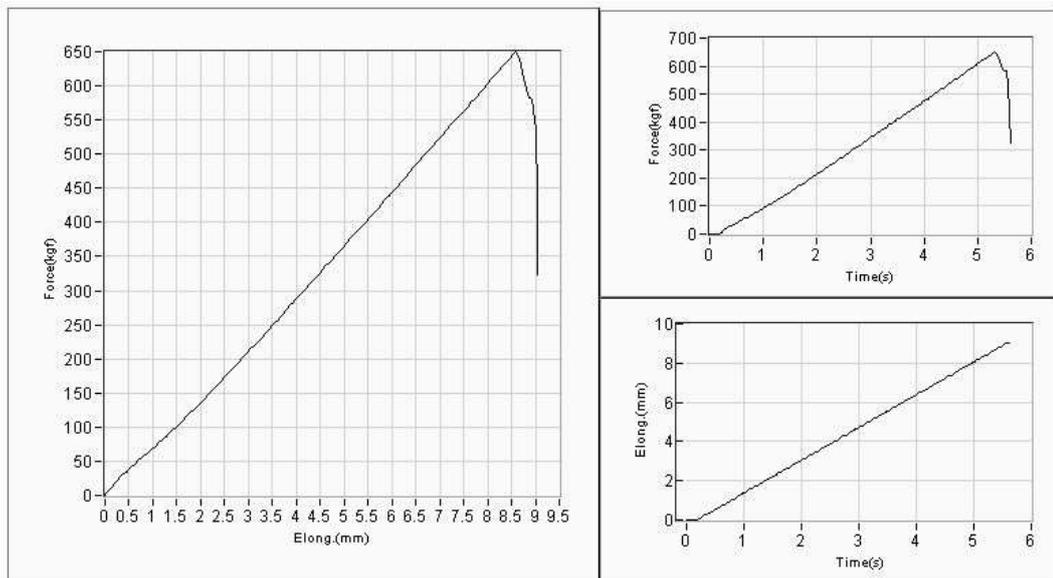
Gambar 4.9 Grafik hasil uji tarik komposit epoxy 5 lapis anyaman rami



Gambar 4.10 Grafik hasil uji tarik komposit epoxy + SiC 3 lapis anyaman rami



Gambar 4.11 Grafik hasil uji tarik komposit epoxy + SiC 4 lapis anyaman rami



Gambar 4.12 Grafik hasil uji tarik komposit epoxy + SiC 5 lapis anyaman rami



JURUSAN FISIKA

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. / Fax. (0341) 558933
Website : <http://fisika.uin-malang.ac.id>, e-mail : Fis@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Achmad Syarifudin Anwar
NIM : 15640072
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : Analisis Sifat Mekanik Komposit Rami Epoxy Dengan Penambahan Silikon Karbida (SiC) Sebagai Bahan Plate Rompi Anti Peluru
Pembimbing 1 : Dr. Erna Hastuti, M.Si
Pembimbing 2 : Drs. Abdul Basid, M.Si

| No | Tanggal | Hal | Tanda Tangan |
|----|---------------|-----------------------------|--------------|
| 1 | 4 Maret 2022 | Konsultasi Judul | |
| 2 | 21 Maret 2022 | Konsultasi Bab I, II & III | |
| 3 | 28 Maret 2022 | Konsultasi Seminar Proposal | |
| 4 | 31 Maret 2022 | Konsultasi Revisi Proposal | |
| 5 | 28 April 2022 | Konsultasi Penelitian | |
| 6 | 6 Juni 2022 | Konsultasi Bab IV | |
| 7 | 15 Juni 2022 | Konsultasi Semua Bab | |
| 8 | 20 Juni 2022 | Konsultasi Revisi Sidang | |
| 9 | 6 Juni 2022 | Konsultasi Integrasi | |
| 10 | 16 Juni 2022 | Konsultasi Integrasi | |
| 11 | 21 Juni 2022 | Konsultasi Integrasi | |

Malang, 22 Juni 2022
Mengetahui,
Ketua Program Studi,

Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002