

# Pembuatan *Fiberglass* Berbasis Epoksi Resin Dan Serat E-glass Dengan Metode *Multi Layer* (ML) di Desa Karang Sari Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas

## *Fabrication of Fiberglass Based on Epoxy Resin and E-glass Fiber Using the Multi Layer Method in Desa Karang Sari Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas*

Sunardi<sup>1</sup>, Renny<sup>2</sup>, Sri Weningsih<sup>3</sup>, Kartika Sari\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fisika FMIPA, jalan dr Soeparno Utara 61 Karangwangkal Purwokerto53122 Indonesia

<sup>2</sup>Matematika FMIPA, jalan dr Soeparno Utara 61 Karangwangkal Purwokerto53122 Indonesia

<sup>3</sup>Universitas Terbuka, jalan Kampus 54 Grendeng Purwokerto Indonesia53122

Email\*: [kartika.sari@unsoed.ac.id](mailto:kartika.sari@unsoed.ac.id)

### Article history

Received : June 03, 2022

Revised : June 18, 2022

Accepted : June 20, 2022

**Abstrak** – *Fiberglass* merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai pelindung atau atap rumah. *Fiberglass* berbahan dasar epoksi resin dan serat *E-glass* menggunakan metode *Multi layer* (ML). Pelaksanaan pembuatan *fiberglass* berbahan dasar epoksi resin dan serat *E-glass* dengan metode multi layer di desa Karang Sari Kembaran yang bertujuan untuk melatih dan membuka peluang usaha baru bagi masyarakat sasaran. Keunggulan *fiberglass* yang dihasilkan dibandingkan *fiberglass* pabrikan adalah mampu mempertahankan bentuk, dapat mengatur suhu sekitar dan tahan terhadap benturan benda keras. Metode yang digunakan dalam pelatihan adalah dengan memberikan sosialisasi, menyediakan fasilitas penunjang, dan pelatihan bagi masyarakat mengenai pemanfaatan epoksi resin dan serat *E-glass* sebagai bahan dasar pembuatan *fiberglass*. Sebelum, selama dan akhir kegiatan dilakukan monitoring untuk memantau dan merespon hasil kegiatan dalam bentuk kuesioner. Jumlah responden yang mengikuti kegiatan PKM sebanyak 20 orang. Sebelum kegiatan pelatihan sebanyak 57,14% responden tidak mengetahui dan memahami cara pembuatan *fiberglass* berbasis epoksi resin dan serat *E-glass*. Sedangkan, 74,17% responden selama kegiatan pelatihan dapat membuat *fiberglass*, dan akhir kegiatan sebanyak 85% responden dapat menggunakan poliester sebagai filler *fiberglass*. Hasil pelatihan yang diharapkan responden dapat meningkatkan pemahaman dan ketrampilan tentang cara pembuatan *fiberglass* berbasis epoksi resin dan serat *E-glass*.

**Kata kunci:** *fiberglass*, epoksi resin, serat, E-glass, metode multi layer.

**Abstract** – *Fiberglass* is an alternative that can be used as a roof of the house. *Fiberglass* is made from epoxy resin and E-glass fiber using a multi-layer method. Implementation of *fiberglass* based on epoxy resin and E-glass fiber with the multi-layer method in Desa Karang Sari Kembaran which aims to the training and the opportunity of the target community. The advantages of *fiberglass* that are produced compared to factory *fiberglass* are that it can maintain its shape, can regulate the ambient temperature, and is resistant to impact by hard objects. The method used in this training is to provide socialization, provide supporting facilities, and train the community on the use of epoxy resin and E-glass fiber as the basic materials for making *fiberglass*. Before, during, and at the end of the activity, monitoring is carried out to monitor and respond to the results of the activity in the form of a questionnaire. Before the training activities, 57.14% of respondents did not know and understand how to fabricate the *fiberglass* based on epoxy resin and E-glass fiber. Meanwhile, 74.17% of respondents during the training activity were able to make *fiberglass*, and at the end of the activity, 85% of respondents could use polyester as a *fiberglass* filler. The results of the training are expected that respondents can improve their understanding and skills on how to fabricate the *fiberglass* based on epoxy resin and E-glass fiber.

**Key words:** *fiberglass*, epoxy resin, fibers, E-glass, multi-layer method.

### I. PENDAHULUAN

*Fiberglass* merupakan salah satu unsur bangunan dalam pembuatan konstruksi bangunan yang terbuat dari magnesium dan silika. Sifat-sifat umum yang dimiliki *fiberglass* adalah kekuatannya bergantung dari jenis

seratnya, sedikit menyerap air (sekitar 1 – 3%), penghantar listrik dan panas yang jelek serta dapat menyerap suara terutama pada frekuensi tinggi. Sifat-sifat umum yang dimiliki *fiberglass* memungkinkan penggunaan serat *E-glass*

sebagai filler *fiberglass* karena memiliki susunan kristal-kristal berbagai bentuk dan tahan terhadap asam [1].

Permasalahan utama di Desa Karang Sari Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas adalah kurangnya pengetahuan masyarakat tentang potensi dan pemanfaatan epoksi resin dan serat *E-glass* sebagai filler pada pembuatan *fiberglass*. Salah satu penggunaan *fiberglass* yang banyak ditemukan di desa Karang Sari adalah sebagai atap rumah, tetapi masyarakatnya belum memiliki pengetahuan dan ketrampilan cara pembuatan *fiberglass*. Pembuatan *fiberglass* dilakukan dengan menerapkan metode *Multi Layer* (ML). Upaya untuk mengatasi berbagai masalah ketrampilan yang ada, maka dilakukan supaya pelatihan pembuatan *fiberglass* berbasis epoksi resin dan serat *E-glass* dengan metode *Multi Layer* (ML), sehingga menghasilkan *fiberglass* lebih kuat, ringan dan kualitasnya lebih baik [2,3].

Serat merupakan salah satu material rancang-bangun paling tua. *Jute*, *flax* dan *hemp* telah digunakan untuk menghasilkan produk seperti tali tambang, *cordage*, jaring, *water hose* dan *container* sejak dahulu kala [4]. Serat tumbuhan dan binatang masih digunakan untuk *felts*, kertas, sikat atau kain tebal. Industri serat dibagi menjadi dua yaitu serat alam (dari tanaman, hewan dan sumber mineral) dan serat sintesis. Banyak serat sintesis telah dikembangkan secara khusus untuk menggantikan serat alam, karena serat sintesis sangat mudah diprediksi dan ukurannya yang lebih seragam. Untuk tujuan di bidang teknik, serat gelas, serat logam dan serat sintesis turunan bahan organik adalah yang paling banyak digunakan. Nilon digunakan untuk *belting*, *nets*, pipa karet, tali, parasut, *webbing*, kain balistik dan penguat dalam ban [5].

Serat sebagai penguat dalam struktur komposit harus memenuhi persyaratan fungsional sebagai berikut [6]:

1. Modulus elastik yang tinggi.
2. Kekuatan patah yang tinggi dan kekuatan yang seragam diantara serat.
3. Stabil selama penanganan proses produksi.
4. Diameter serat yang seragam.

Faktor orientasi serat akan menentukan kekuatan mekanis dari suatu bahan komposit dan arah dimana kekuatan tersebut yang terbesar [7,8]. Ada tiga jenis orientasi serat yaitu penguatan satu dimensi, dua dimensi dan tiga dimensi. Jenis penguatan serat satu dimensi memiliki kekuatan dan modulus komposit yang maksimum dalam arah orientasi sumbu serat [9].

Jenis penguatan dua dimensi menunjukkan kekuatan yang berbeda pada setiap arah orientasi serat. Sedangkan, jenis penguatan tiga dimensi adalah isotropik, artinya komposit akan memiliki kekuatan yang sama pada setiap titik. Sebagai contoh bentuk CSM (*random chooped strand mat*) pada komposit dianggap isotropik, sedangkan pada bentuk anyaman (*woven roving*) menunjukkan sifat yang berbeda setiap titik maka material ini disebut anisotropik [10].

Anyaman *woven roving* bentuk susunannya ortogonal maka disebut anisotropik ortogonal atau ortotropik. Dengan demikian sifat perilaku material ortotropik sangat berbeda dengan material isotropik. Komposit dengan sistem seperti *woven roving* menunjukkan kekuatan pada arah serat itu lebih besar daripada bukan pada arah serat tersebut dan sifat ini juga dipengaruhi fraksi volume serat [11].

Untuk anyaman satu arah (*alignment*) kekuatan tariknya lebih besar pada arah serat dibandingkan dengan arah tegak lurus terhadap serat. Arah normal yang menanggung beban hanya matrik saja. Ini merupakan prinsip lamina ortotropik yang berbentuk roving atau fabrik. Antara serat dan matriknya tersambung baik.

## II. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat dilakukan oleh tim dosen Jurusan Fisika Unsoed dengan mengundang masyarakat desa Karang Sari Kecamatan Purwokerto. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini terdiri dari dua kegiatan yaitu penyuluhan dan pelatihan. Materi penyuluhan yang diberikan adalah teknologi tepat guna metode *Multi Layer* (ML) sebagai upaya untuk meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan dalam hal penggunaan epoksi resin dan serat *E-glass* sebagai bahan dasar pembuatan *fiberglass* yang bermutu dan berkualitas. Metode pelatihan dan rancang-bangun bertujuan meningkatkan ketrampilan masyarakat Desa Karang Sari Kecamatan Purwokerto dalam mendesain bentuk *fiberglass* dengan metode *Multi Layer* (ML).

### A. Bahan dan Alat yang digunakan

Bahan yang digunakan :

1. Epoksi resin
2. Serat E-glass
3. Pisau
4. Lem
5. Kaca plastik
6. Kanebo
7. Tissue
8. Buku Notes
9. Pulpen
10. Isolasi
11. Mad

Alat yang digunakan :

1. Masker
2. Sarung tangan
3. Tripleks
4. Gunting
5. Sapu
6. Timbangan
7. Alat tekan
8. Cetakan

### B. Desain alat, kinerja dan produktivitasnya

Desain *fiberglass* yang dilakukan adalah dengan membuat variasi komposisi *fiberglass* konvensional seperti pada gambar di bawah ini. Setelah komposisi antara epoksi resin dengan katalis, kemudian ditentukan ukuran serat *E-glass* dan kaca plastik dan disusun di atas tripleks seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain *Fiberglass* [12]

Sebelum diletakan lapisan pertama, kaca plastik terlebih dahulu diletakkan di atas tripleks. Kemudian, letakkan serat *E-glass*, larutan epoksi resin dan serat *E-glass*. Dan ditutup kembali dengan kaca plastik. Setelah itu ditekan dengan *rolling rod* (penekan) sehingga larutan epoksi resin menyebar di atas serat *E-glass* dan tidak ada serat *E-glass* yang tersisa. Setelah itu, diamkan selama 30 menit hingga kering dan dapat dilepas dari kaca plastik. *Fiberglass* siap digunakan.

### C. Pelaksanaan Kegiatan

Implementasi program dilaksanakan sesuai dengan rencana program yang telah dirancang sebelumnya. Tahapan-tahapan pelaksanaan program adalah :

1. Sosialisasi dan pengenalan program serta penyampaian materi  
Tim dosen Fisika FMIPA Unsoed melaksanakan program mengenalkan program dengan memberikan gambaran umum tentang program, memberikan materi tentang pembuatan *fiberglass*, memperjelas materi dengan memberi gambaran teknik pengemasan yang menarik dan nyaman. Penyampaian materi dibuat sesederhana mungkin dengan bahasa yang mudah dimengerti sehingga masyarakat mampu memahami dengan baik.
2. Melaksanakan aplikasi di lapangan  
Hasil sosialisasi dan pengenalan masyarakat yang telah diberi pengenalan selanjutnya akan mempraktikkan langsung dalam proses pembuatan *fiberglass* menggunakan peralatan dan bahan yang telah disediakan.
3. Melaksanakan implementasi hasil aplikasi di lapangan dan sosialisasi.
4. Monitoring pelaksanaan program  
Pelaksanaan monitoring dilakukan dengan cara melakukan pengecekan setelah mengetahui keberhasilan yang dilaksanakan.
5. Evaluasi  
Evaluasi secara umum dan berkala dilaksanakan dengan tujuan program yang telah dan yang akan dilaksanakan bisa terpantau secara baik. Selain itu juga melaksanakan evaluasi dari hasil kerja masyarakat yang telah mampu mempraktikkan langsung setelah mengetahui tingkat keberhasilannya..

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Sosialisasi

Kegiatan sosialisasi PKM pembuatan *fiberglass* berbasis epoksi resin dan serat *E-glass* dengan metode *Multi Layer* (ML) di Desa Karang Sari Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas menggunakan metode pembagian materi atau tema dari tim Fisika FMIPA Unsoed. Materi sosialisasi meliputi :

1. Pelatihan Pembuatan *Fiberglass* Berbasis Epoksi Resin dan Serat *E-glass*.
2. Pemanfaatan Serat *E-glass* dalam Pembuatan *Fiberglass* dengan Metode *Multi Layer* (ML).
3. Pembuatan *Fiberglass* dengan filler e-serat dan epoksi resin dengan Metode *Multi Layer* (ML).
4. Pelatihan dan praktek pembuatan *Fiberglass* berbasis epoksi resin dan serat *E-glass* dengan metode *Multi Layer* (ML)

Makalah dibuat bentuk hardcopy dan dibagikan kepada masyarakat yang hadir di Balai Desa Karang Sari Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas.

### B. Pembuatan fiberglass

Panel komposit *fiberglass* dibuat menggunakan perhitungan fraksi volume sebesar 0%, 20%, dan 40%.

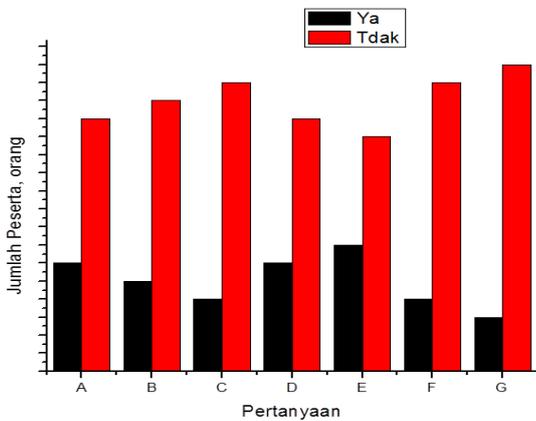
### C. Evaluasi Kegiatan

Evaluasi hasil kegiatan yang harus dilakukan oleh tim PKM secara menyeluruh adalah mengevaluasi kegiatan PKM, dari awal hingga implementasi. Namun demikian, karena untuk mengevaluasi implementasi hasil pelatihan diperlukan waktu cukup lama, maka dalam laporan ini tim PKM hanya mengevaluasi proses kegiatan PKM (pelatihan) berdasarkan rekapitulasi kuisioner yang telah diisi oleh peserta. Adapun evaluasi secara menyeluruh terhadap hasil kegiatan PKM (termasuk implementasi yang dilakukan oleh masyarakat desa Karang Sari Kecamatan Kembaran) dapat dilaksanakan oleh tim PKM secara mandiri dan berkesinambungan berdasarkan indikator capaian yang telah dirumuskan.

Sebelum dan setelah penyuluhan dan pelatihan dilakukan oleh tim PKM, maka dilakukan tanya jawab tentang masalah-masalah yang biasanya muncul pada saat pembuatan *fiberglass* dan pelatihan pembuatan *fiberglass* dengan bahan dasar epoksi resin dan serat *E-glass*. Respon dari peserta pelatihan terhadap kegiatan PKM ini disurvei melalui kuisioner, dengan item-item pertanyaan sebagai berikut :

1. Sebelum Penyuluhan dan Pelatihan
  - a. Apakah saudara mengetahui tentang manfaat epoksi resin dan serat *E-glass* dalam pembuatan *fiberglass*?
  - b. Apakah saudara pernah memanfaatkan epoksi resin dan serat *E-glass*?
  - c. Setelah mengetahui manfaat epoksi resin dan serat *E-glass*, apakah saudara mengetahui bagaimana mengolahnya sehingga bisa dimanfaatkan dalam pembuatan *fiberglass*?
  - d. Setelah dihasilkan *fiberglass* yang siap digunakan, apakah saudara tertarik untuk memanfaatkan epoksi resin dan serat *E-glass*?
  - e. Apakah saudara mengetahui pembuatan *fiberglass* dengan memanfaatkan epoksi resin dan serat *E-glass*?
  - f. Apakah saudara mengetahui pengaruh epoksi resin dan serat *E-glass* terhadap elastisitas *fiberglass* yang dihasilkan?
  - g. Apakah saudara mengetahui bagaimana pengaruh penyerapan air terhadap *fiberglass* yang dibuat dari epoksi resin dan serat *E-glass*?

Hasil jawaban kuisioner responden sebelum penyuluhan dan pelatihan dilakukan seperti **Gambar 2**.

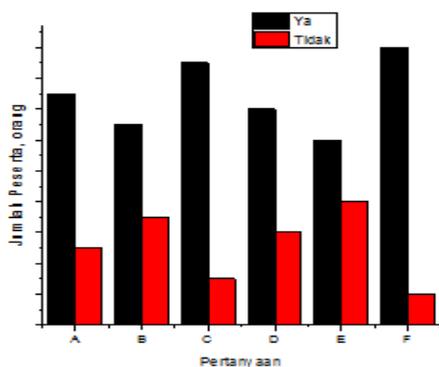


**Gambar 2.** Hasil Kuisisioner Sebelum Penyuluhan dan Pelatihan dilakukan

Gambar 2. menunjukkan bahwa hasil jawaban kuisisioner responden secara umum, masyarakat desa Karang Sari Kecamatan Kembaran dan sekitarnya sebagai peserta penyuluhan dan pelatihan pembuatan fiberglass berbahan dasar epoksi resin dan serat *E-glass* mengatakan bahwa belum mengetahui manfaat dan pembuatan fiberglass sehingga perlu dilakukan penyuluhan dan pelatihan bagaimana membuat fiberglass.

2. Selama Pelaksanaan Kegiatan Penyuluhan dan Pelatihan
  - a. Apakah saudara memahami penyuluhan dan pelatihan tentang pemanfaatan serat *E-glass* sebagai filler pembuatan fiberglass?
  - b. Apakah saudara memahami cara menghasilkan fiberglass?
  - c. Setelah mengetahui cara pembuatan fiberglass siap pakai, apakah saudara sudah memahami berapa lama dapat menghasilkan fiberglass yang berkualitas baik?
  - d. Apakah saudara memahami bagaimana pembuatan fiberglass berfiller serat *E-glass* dan epoksi resin?
  - e. Apakah saudara memahami bagaimana kualitas fiberglass yang berserat *E-glass* dan epoksi resin ?
  - f. Apakah saudara memahami komposisi yang tepat pada saat pembuatan fiberglass serat *E-glass* dan epoksi resin?

Hasil jawaban kuisisioner responden selama penyuluhan dan pelatihan dilakukan seperti Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik Hasil Kuisisioner Selama Kegiatan Penyuluhan dan Pelatihan dilaksanakan

Hasil jawaban kuisisioner selama pelaksanaan kegiatan PKM penyuluhan dan pelatihan dari tim PKM Jurusan Fisika FMIPA Unsoed, masyarakat desa Karang Sari Kecamatan Kembaran kegiatan PKM pada Gambar 3. memperoleh ketrampilan bagaimana membuat fiberglass. Dari penggunaan epoksi resin dan serat *E-glass* dalam waktu tertentu sehingga menghasilkan fiberglass berkualitas baik. Kemudian, pelatihan dilakukan untuk memanfaatkan poliester sebagai filler pada saat pembuatan fiberglass.

Gambar 4. menunjukkan pelaksanaan kegiatan pelatihan PKM penerapan Ipteks yang dilakukan di desa Karang Sari Kecamatan Kembaran.



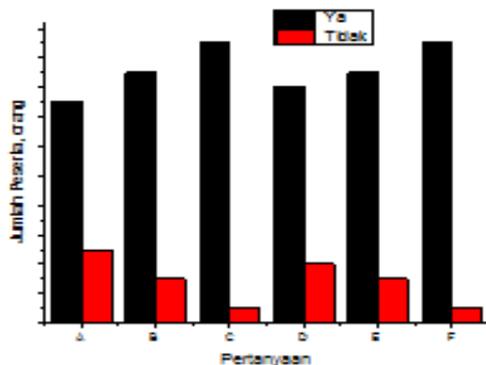
**Gambar 4.** Suasana kegiatan PKM Penerapan Ipteks di desa Karang Sari Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas

Hasil kegiatan PKM Penerapan Ipteks adalah contoh prototipe lembaran fiberglass yang siap digunakan. Selain itu, output kegiatan berupa lembaran prototipe fiberglass dapat juga digunakan untuk membuat dinding kolam ikan.

3. Evaluasi Setelah Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat Dilaksanakan
  - a. Apakah saudara mendukung dilakukan acara penyuluhan dan pembuatan fiberglass yang menggunakan epoksi resin dan serat *E-glass*?
  - b. Menurut saudara apakah penyuluhan dan pelatihan seperti ini bermanfaat untuk peningkatan ketrampilan membuat fiberglass?
  - c. Menurut saudara apakah penyuluhan dan pelatihan tersebut dapat meningkatkan ketrampilan membuat fiberglass?

- d. Apakah setelah mengetahui pemanfaatan epoksi resin dan serat *E-glass*, saudara akan mempraktekannya?
- e. Apakah desa karangsari telah menerapkan alih teknologi tentang penggunaan epoksi resin dan serat *E-glass*?
- f. Apakah saudara setuju untuk mendapatkan bimbingan teknis dari tim PKM Jurusan Fisika FMIPA Unsoed, jika suatu saat di desa saudara dijadikan tempat penelitian tentang pemanfaatan epoksi resin dan serat *E-glass*?

Hasil jawaban kuisioner responden setelah penyuluhan dan pelatihan dilakukan seperti Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Hasil Kuisioner Selama Setelah Kegiatan Penyuluhan dan Pelatihan dilaksanakan

Hasil jawaban kuisioner pada Gambar 5. diperoleh selama pelaksanaan kegiatan penyuluhan dan pelatihan dari tim PKM Jurusan Fisika FMIPA Unsoed dikuti oleh 20 orang dengan perincian : Kepala Desa dan aparat perangkat Desa, karang taruna dan masyarakat Desa Karangsari Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas. Output dari kegiatan diharapkan pemuda di Desa Karangsari Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas memperoleh ketrampilan bagaimana membuat *fiberglass* dan mampu menyebarkan pengetahuan tentang pembuatan *fiberglass* yang bermutu dan berkualitas. Dan, masyarakat desa Karangsari Kecamatan Kembaran Kabupaten Banyumas dapat menggunakan poliester sebagai filler *fiberglass*, sehingga *fiberglass* yang dihasilkan dapat berguna untuk meningkatkan pemahaman tentang alih teknologi tentang pemanfaatan poliester.

#### D. Faktor Pendukung dan Penghambat

Evaluasi proses kegiatan yang dilakukan oleh tim PKM, terdapat beberapa faktor pendukung maupun faktor penghambat terhadap implementasi hasil pelatihan pembuatan *fiberglass* berfiller poliester.

Beberapa faktor pendukung tersebut, antara lain :

1. Faktor pendukung
  - a. Terdapat antusiasme peserta pelatihan yang tinggi dengan topik “Pelatihan Pembuatan *Fiberglass* berbasis epoksi resin dan serat *E-glass* dengan Metode *Multi Layer* (ML)” yang disampaikan oleh tim PKM.
  - b. Adanya kebutuhan dan keingintahuan dari masyarakat desa Karangsari Kecamatan Kembaran

untuk berlatih menggunakan poliester sebagai filler dalam pembuatan *fiberglass*.

2. Faktor penghambatnya adalah :
  - a. Kurangnya ketersediaan alat untuk membuat *fiberglass*.
  - b. Kurangnya pengetahuan penggunaan poliester.
  - c. Kurangnya pelatihan pembuatan genteng *fiberglass*.

#### IV. KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat skim Penerapan Iptek yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan :

1. Penyuluhan tentang pemanfaatan epoksi resin dan serat *E-glass* untuk pembuatan *fiberglass* dengan metode Multi layer (ML) mendapat tanggapan masyarakat sebesar 85% untuk meningkatkan ketrampilan pembuatan salah satu alternatif pembuatan atap rumah.
2. *Fiberglass* siap pakai, berdaya guna, dan bernilai ekonomis serta meningkatkan perekonomian masyarakat desa Karangsari Kecamatan Kembaran khususnya sudah berhasil dilakukan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Universitas Jenderal Soedirman melalui Program Pengabdian Kepada Masyarakat skim Penerapan IPTEKS atas pendanaannya, dan masyarakat desa Karangsari Kecamatan Purwokerto atas kerja samanya dalam kegiatan PKM dosen Jurusan Fisika FMIPA Unsoed.

#### PUSTAKA

- [1] Callister, W. D. (2007). *Material Science And Engineering*. 7th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Carli, S., A. Widyanto., Ismoyo and Haryanto., (2012), Analisis kekuatan tarik dan lentur komposit gelas jenis woven dengan matriks epoxy dan polyester berlapis simetri dengan metodamanufaktur hand lay-up., *Teknis Vol. 7.*, 22 – 26.
- [3] Nugroho, w. T. ( 2015). Pengaruh model serat pada bahan fiberglass terhadap kekuatan, ketangguhan, dan kekerasan material. *Jurnal ilmiah inovasi*, 27 – 32.
- [4] Gibson, R. F. (2012). *Principles Of Composite Material Mechanics*. Edisi Ketiga. Boca Raton: CRC Press.
- [5] Campbell, F. C., (2010). *Structure Composite Material*. ASM International.
- [6] Kaw, A. K. (2006). *Mechanics of Composite Materials*. USA, Taylor&FrancisGroup, LLC 29
- [7] Santhosh Kumar. M, D. S. (2014). Study on Effect of Thickness and Fibre Orientation on a Tensile and Flexural Properties of a Hybrid Composite. 56-66.
- [8] ASTM, D 3039. *Tensile Properties of Polymer Matrik Composite Materials*. West Conshohocken, United States: ASTM International Standard.
- [9] Wilmesa, A., & Hornbergera, K. (2015). Influence of Fiber Orientation and Multiaxiality on the Fatigue. *Procedia Engineering*, 148 – 160.
- [10] Rusman nur ichsan, m. A. (2015). Pengaruh susunan lamina komposit berpenguat serat e-glass dan serat carbon terhadap kekuatan tarik dengan matrik polyester, 27 - 39.

- [11] Munasir. (2011). Studi Pengaruh Orientasi Serat Fiber Glass Searah dan Dua Arah Single. Penelitian Fisika dan Aplikasinya.
- [12] Schaffer, James P., (1999). The Science and Design of Engineering Materials. McGraw-Hill.