

## Perancangan dan Proses Manufaktur *Industrial Safety* *Helmet* Bahan Komposit GFRP

Sigit Bayu Wiguna<sup>1</sup>, Muhammad Naufal Fadhil<sup>2</sup>, Adi Kurnia Muktabar<sup>3</sup>, Abian Nurrohmad<sup>4</sup>, Citra Asti Rosalia<sup>5</sup>

<sup>1,2,5</sup>Program Studi Teknik Aeronautika, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

<sup>1</sup>E-mail : [sigit.bayu.aer21@polban.ac.id](mailto:sigit.bayu.aer21@polban.ac.id)

<sup>2</sup>E-mail : [muhammad.naufal.aer21@polban.ac.id](mailto:muhammad.naufal.aer21@polban.ac.id)

<sup>5</sup>E-mail : [citra.asti@polban.ac.id](mailto:citra.asti@polban.ac.id)

<sup>3</sup>PT Kilang Pertamina Internasional, Jakarta

E-mail : [addi.kurnia@gmail.com](mailto:addi.kurnia@gmail.com)

<sup>4</sup>Pusat Riset Teknologi Penerbangan, BRIN, Rumpin Bogor.

E-mail : [abia001@brin.go.id](mailto:abia001@brin.go.id)

### ABSTRAK

Kapasitas penyerapan energi *industrial safety helmet* sangat dipengaruhi oleh bahan yang digunakan dalam pembuatan *helm*. Pada umumnya *industrial safety helmet* terbuat dari *High-Density Polyethylene (HDPE)* dan *Polycarbonate*. Penggunaan material komposit masih jarang digunakan pada proses pembuatan *industrial safety helmet*. Material komposit memiliki sifat yang unggul seperti ringan, kekuatan dan kekakuan yang cukup tinggi. Dengan keunggulan sifat yang dimiliki oleh komposit, sehingga pada penelitian ini dikembangkan *industrial safety helmet* yang terbuat dari komposit *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)*. Penelitian yang dilakukan berfokus pada perancangan dan proses manufaktur *industrial safety helmet* komposit GFRP. Pertama proses perancangan *industrial safety helmet* dikembangkan dengan menyusun DR&O (*Design Requirement & Objective*). Proses selanjutnya adalah proses manufaktur *industrial safety helmet* dengan material komposit GFRP 3 lapis dengan metode pembuatan *hand lay-up*. Hasil penelitian didapatkan bahwa *industrial safety helmet* dengan bahan komposit GFRP berhasil dikembangkan dan memiliki keunggulan lebih ringan dibandingkan dengan *Industrial safety helmet* standard SNI.

### Kata Kunci

*Industrial safety helmet*, Komposit, GFRP, *hand lay-up*

### ABSTRACT

*The energy absorption capacity of industrial safety helmets is significantly influenced by the materials used in their construction. Typically, industrial safety helmets are made from High-Density Polyethylene (HDPE) and Polycarbonate. The use of composite materials in the manufacturing of industrial safety helmets is still relatively rare. Composite materials have advantageous properties such as being lightweight while offering high strength and stiffness. Due to these superior properties, this research focuses on developing an industrial safety helmet made from Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) composite. The research is focused on the design and manufacturing processes of a GFRP composite industrial safety helmet. First, the design process involves developing the Design Requirements & Objectives (DR&O). The next step is the manufacturing process, which utilizes a three-layer GFRP composite material with the hand lay-up method. The research results indicate that the GFRP composite industrial safety helmet was successfully developed and has the advantage of being lighter compared to the standard SNI industrial safety helmet.*

### Keywords

*Industrial Safety Helmet, Composite, GFRP, Hand lay-up*

## 1. PENDAHULUAN

Pada Tahun 2010, Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi (Depnakertrans) mencatat terdapat 86.693 kasus kecelakaan kerja yang dialami oleh pekerja konstruksi di Indonesia, dimana 21% dari angka tersebut mengalami kecelakaan akibat tertimpa dan terbentur benda keras (1). Lalu pada tahun 2015, OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) mencatat lebih dari 25.000 cedera kepala dan 36 kematian pekerja yang diakibatkan oleh kecelakaan di sektor konstruksi (2). Berdasarkan data tersebut ditunjukkan bahwa bekerja di area konstruksi memiliki berbagai risiko yang membahayakan nyawa pekerja, maka pemakaian helm keselamatan industri semakin penting untuk melindungi pekerja, kontraktor, dan *supervisor* yang bertugas di lokasi. Permasalahan keselamatan kerja tidak bisa diabaikan karena menyangkut kehidupan pekerja dan produktivitas nasional, oleh karena itu pada penelitian ini akan dikembangkan *industrial safety helmet* dari material komposit GFRP.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Industrial safety helmet* adalah peralatan pelindung diri (PPE) yang sangat penting dirancang untuk melindungi kepala dari cedera akibat benda jatuh, benturan dengan benda lain, puing-puing, hujan, dan sengatan listrik. Kapasitas penyerapan energinya sangat penting untuk memastikan keselamatan pekerja di berbagai lingkungan industri. Komponen utama dan bahan yang digunakan adalah polietilena berdensitas tinggi (HDPE), *fiberglass*, atau polikarbonat. Dirancang untuk menahan benturan tinggi dan mendistribusikan gaya ke area yang lebih luas untuk mengurangi dampak pada tengkorak. Dari segi material pembuatan helm belum banyak dikembangkan selain dari HDPE dan polikarbonat. Komposit memiliki keunggulan ringan, kekuatan dan kekakuan yang cukup tinggi. Komposit adalah material yang tersusun dari dua atau lebih material yang memiliki sifat mekanik antar material berbeda yang diproduksi dengan proses pencampuran (3). Material komposit mempunyai keunggulan *strength to weight ratio* yang tinggi, kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan terhadap korosi yang tinggi dibandingkan dengan logam (4).

Helm konstruksi umumnya terbuat dari bahan seperti polikarbonat, atau campuran bahan *polymer* lainnya (5). Namun, dengan kemajuan teknologi material, penggunaan helm komposit menjadi bidang penelitian yang layak dikembangkan. Helm komposit menawarkan potensi untuk meningkatkan kekuatan,

keamanan, dan kenyamanan untuk para pemakainya (6). Polietilena Berdensitas Tinggi (HDPE): Dikenal akan ketahanan benturannya yang sangat baik dan kemampuannya menyerap energi. Standar dan Regulasi: ANSI/ISEA Z89.1: Standar Amerika untuk perlindungan kepala industri. EN 397: Standar Eropa yang menetapkan persyaratan fisik dan kinerja. Pengaruh jenis resin dalam konstruksi helm komposit menjadi aspek yang penting. Perubahan jenis resin dapat mempengaruhi sifat mekanik, berat helm, serta kemampuan helm untuk menyerap dan mengatasi energi kinetik yang dihasilkan dari dampak benda keras (7). Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menambah pengetahuan dan pengembangan *industrial safety helmet* yang lebih inovatif, efektif, dan sesuai dengan standar yang berlaku. Selain itu, penggunaan material komposit yang lebih ringan dapat meningkatkan kenyamanan pemakai dan mengurangi kelelahan (5).

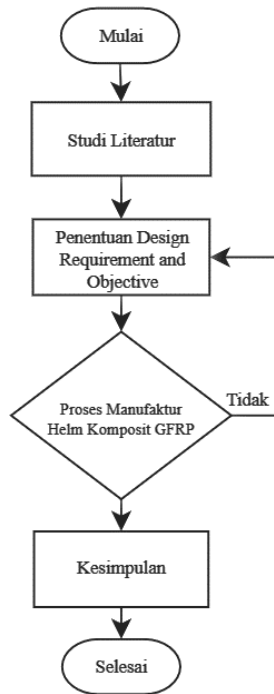
Pada penelitian ini akan dikembangkan desain *industrial safety helmet* menyesuaikan dengan helm standar yang tersedia dan mengganti material menggunakan komposit *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP). Langkah selanjutnya adalah proses manufaktur helm menggunakan metode *hand lay-up* dan *vacuum bagging* dengan proses awal yaitu pencampuran resin dan *hardener* dengan *fiberglass* jenis *woven* dan diratakan mengikuti bentuk cetakan helm, kemudian dimasukkan kedalam plastik khusus untuk dilakukan proses *vacuum*.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram alir

Pengembangan *industrial safety helmet* dengan bahan komposit GFRP harus melewati proses desain serta manufaktur yang tepat. Diagram alir dari proses pengembangan *industrial safety helmet* ditunjukkan pada Gambar 1.

Sebelum menentukan desain persyaratan dan tujuan (DR&O) dari *industrial safety helmet*, perlu dipahami terlebih dahulu persyaratan dari *industrial safety helmet* yang baik. Menurut SNI ISO 3878:2012, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh *industrial safety helmet*.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan dan manufaktur *industrial safety helmet*

### 3.2 Design Requirement and Objective

Setelah menentukan *Design Requirement and Objective* (DRO) yang telah disesuaikan dengan aspek standard yang sesuai dengan SNI ISO, serta keinginan dan kebutuhan perancangan modifikasi *industrial safety helmet* ditunjukkan pada Tabel 1 *Design Requirement and Objective*.

Tabel 1. *Design Requirement and Objective*

| Kategori                 | <i>Design Requirement</i>   |
|--------------------------|---|
| <b>Material</b>          |   |
| W                        | Menggunakan serat <i>glass fiber reinforced polymer</i> (GFRP) jenis woven dan resin poliester. |
| <b>Desain</b>            |   |
| W                        | Bentuk dan ukuran menyesuaikan dengan standar helm keselamatan industri SNI ISO 3878:2012       |
| <b>Proses Manufaktur</b> |   |
| W                        | Menggunakan metode <i>handlayup</i> dan <i>vacuum compressor</i> .                              |
| W                        | Rasio jenis resin terhadap <i>hardener</i> yaitu dan 3:1  |
| W                        | Membuat 3 buah helm keselamatan industri komposit GFRP.   |
| <b>Keselamatan</b>       |   |
| H                        | Memiliki struktur yang kuat dan ringan  |
| H                        | Memiliki ketebalan lebih tipis  |

Catatan: W=Wajib, H=Harapan

### 3.3 Desain Helm

Pada penelitian *industrial safety helmet* dibuat desain helm menyesuaikan dengan helm standar yang sudah berstandar ISO 3872:2012 dengan tujuan untuk mengoptimalkan seluruh proses manufaktur dan mengurangi risiko kesalahan. Desain *industrial safety helmet* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain *industrial safety helmet* standard

Desain helm keselamatan tersebut memiliki panjang 149 mm, lebar 221 mm, tinggi 279 mm, tebal 3 mm dan berat 340 gram, sesuai dengan helm aslinya yang sudah tersedia.

## 4. MANUFAKTUR INDUSTRIAL SAFETY HELMET

Proses manufaktur *industrial safety helmet* material komposit menggunakan metode *vacuum bagging* (8). Material komposit menggunakan GFRP *fiberglass* jenis *woven* sebesar 1 m<sup>2</sup> yang dipotong sesuai dengan cetakan dan 250 gram resin yang sudah dicampur *hardener* dengan perbandingan 3:1. Terdapat beberapa tahapan dalam proses manufaktur, yaitu sebagai berikut:

### 4.1 Molding Industrial Safety Helmet

Pada tahap pembuatan *molding* digunakan resin *polymer* sebanyak 500 gram dengan perbandingan 1:1 dan *fiberglass* tipe *chopped strand mat* sebanyak 5 lapis mengikuti bentuk *molding* atau cetakan yang dicampur lalu disusun mengikuti model cetakan yang akan dibuat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses manufaktur pembuatan *molding industrial safety helmet*

Pada Gambar 4 ditunjukkan cetakan atau *molding* yang sudah kering dan siap digunakan.



Gambar 4. Hasil manufaktur *molding*

#### 4.2 Manufaktur *Industrial Safety Helmet*

Langkah awal yang dilakukan adalah pengaplikasian *release agent* pada cetakan secara merata agar memudahkan dalam proses pelepasan helm yang sudah mengering nantinya. Pada proses pengolesan *release agent* dilakukan 3 kali dengan jeda waktu 10 menit pada setiap kali pengolesan atau menyesuaikan sampai *release agent* benar-benar kering sempurna. Setelah itu, dilakukan pengaplikasian resin dan *fiber* sebanyak 3 lapis secara merata pada cetakan menggunakan metode *hand layup*.



Gambar 5. Proses *handlayup*

#### Proses *Vacuum*

Proses *vacuum* menggunakan plastik khusus kedap udara dan *compressor vacuum*. Setelah pengaplikasian resin dan *fiberglass* pada cetakan selesai, lapis dengan plastik yang sudah diberi lubang-lubang kecil diatas cetakan lalu lapis kembali menggunakan kain, plastik dan kain berfungsi agar resin yang berlebih dapat keluar melewati lubang dan terserap oleh kain pada saat proses *vacuum*, setelah itu *molding* dimasukan ke dalam *vacuum bag* dan pastikan tertutup rapat. Biarkan selama kurang lebih 8 jam dalam keadaan *compressor vacuum* menyala.



Gambar 6. Proses *vacuum compressor*

Pada Gambar 7 ditunjukkan *industrial safety helmet* komposit GFRP yang sudah melewati proses *vacuum* selama kurang lebih 8 jam.



Gambar 7. Hasil manufaktur helm keselamatan komposit GFRP

## 5. HASIL & PEMBAHASAN

Hasil manufaktur *industrial safety helmet* komposit GFRP dengan resin poliester ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. *Industrial safety helmet* komposit GFRP dengan resin poliester

*Industrial safety helmet* komposit GFRP dengan resin poliester memiliki massa 311 gram dan ketebalan 1.3 mm. Resin poliester merupakan pilihan utama dalam industri manufaktur komposit karena biaya produksinya yang relatif rendah dan kemudahan dalam proses manufaktur (9). *Safety helmet* komposit GFRP dengan massa 311 gram dengan resin poliester memberikan jumlah massa yang lebih ringan dibandingkan *safety helmet* bahan plastik ABS standard SNI yang beredar dipasaran dengan massa 340 gram, hal ini cukup baik dari segi massa, sehingga dapat meningkatkan kenyamanan pemakai dalam jangka waktu yang panjang.

Cacat dalam komposit serat gelas umumnya disebabkan dua hal yaitu cacat bahan baku dan cacat manufaktur. Jenis cacat yang umum terjadi adalah void, retakan, delaminasi serat, dan retak antar muka dari serat dan matriks yang rusak (12). Proses manufaktur *industrial safety helmet* dengan material komposit GFRP terjadi kerusakan akibat terjadinya interaksi antara cangkang helm dengan *molding*. Adhesi merupakan sebuah fenomena yang terjadi ketika dua benda atau permukaan berbeda saling menempel satu sama lain (13). Ikatan kimia ini melibatkan interaksi atom atau molekul pada permukaan dua material yang berbeda. Pada proses manufaktur, pengaplikasian *release agent* sangat penting, apabila tidak digunakan *release agent* pada *industrial safety helmet* maka sulit untuk melepaskan helm dengan cetakannya sehingga merusak lapisan resin pada helm atau pada cetakan. *Release agent* atau *waxing* adalah bahan yang diterapkan pada cetakan sebelum proses pencetakan dimulai untuk mencegah adhesi antara cetakan dan produk komposit (14). Contoh kerusakan pada saat proses manufaktur ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 9. Kerusakan manufaktur *industrial safety helmet* komposit GFRP dengan resin poliester

Faktor lain yang menyebabkan kerusakan pada saat proses manufaktur adalah pencampuran antara resin dan katalis yang tidak merata sehingga menyebabkan pengerasan dan permukaan yang tidak rata.

## 6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil desain dan proses manufaktur *industrial safety helmet* komposit GFRP dengan resin poliester, dapat disimpulkan bahwa penggunaan material komposit GFRP jenis woven dan resin poliester dengan perbandingan 3:1 melalui metode

*hand lay-up* dan *vacuum bagging* menghasilkan spesifikasi sebagai berikut: panjang 149 mm, lebar 221 mm, tinggi 279 mm, tebal 1,3 mm, dan massa 311 gram.

Terdapat perbedaan massa dan ketebalan antara helm keselamatan industri komposit GFRP resin poliester dengan *industrial safety helmet* berbahan plastik ABS sebesar 29 gram, yang membuat helm keselamatan industri komposit GFRP resin poliester lebih ringan. Ketebalan yang lebih tipis pada helm keselamatan industri komposit GFRP dengan resin poliester juga memberikan kenyamanan lebih bagi pengguna dalam jangka waktu yang panjang.

Pengujian diperlukan untuk mengetahui ketahanan *industrial safety helmet* komposit GFRP dengan resin poliester terhadap beban dampak agar sesuai dengan standar helm keselamatan industri yang berlaku.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Desi R, Susilawati. Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kerja Pada Karyawan Konstruksi Bangunan Gedung: Studi Literatur Review. *Nanggroe*. 2023;(2):400-406.
- [2] OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*). 2015.
- [3] Wahyu BU, Novi SD. Pengaruh Variasi Jenis Core, Temperatur Curing Dan Post-Curing Terhadap Karakteristik Bending Komposit Sandwich Serat Karbon Dengan Metode Vacuum Infusion. *JTM UNESA*. 2021;(2):45–54.
- [4] Chandra P. Pengaruh Variasi Fraksi Volume, Temperatur, Waktu Curing Dan Post-Curing Terhadap Karakteristik Tekan Komposit Polyester – Partikel Hollow Glass Microspheres (HGM) IM30k. *UNESA*. 2017.
- [5] Muhammad RY. Pabrikasi Helm Sepeda Motor Dari Bahan Komposit GFRP. *WAHANA INOVASI*. 2014;(3):128-130.
- [6] Lydia R, Woro S. Studi Kekuatan Mekanik Komposit Serat Alam/Resin Epoxy. *Berkala Fisika Indonesia*. 2014;(6):40-46.
- [7] Elizabeth Sarah. Kurnia Safety Supplies [Internet]. 2024. Available from: [4 Jenis Helm Safety Berdasarkan Fungsinya - Distributor Alat Safety Indonesia \(kurniasafety.com\)](#)
- [8] Mokhamad A, Syarif H. Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite. *IRWNS*. 2018.
- [9] Isouchem [Internet]. 2024. available from: [Panduan Utama Resin Poliester: Sifat, Kegunaan, dan Aplikasi-schem.net](#).
- [10] Triyono. Perancangan dan Pembuatan Cetakan Komposit Untuk Metode Vacuum Infusion Menggunakan Penekan Elastomer Bag. *UII*. 2019;1-46.
- [11] Stefanus BS, Agustinus PI, Erwin S. Analisis Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Karbon Dengan Matriks Resin Lycal 1011 Terhadap Sifat Mekanis. *Syntax Admiration*. 2022;(3):906-913.
- [12] I Made A. Analisa Delaminasi Pada Glass Fiber Reinforced Polymer Komposit Laminat Dengan Pembebanan Fatigue. *Dinamika Teknik Mesin*. 2012;2(1):7-14.
- [13] Geograf. Geograf.id [Internet]. 2023. Available from: [Pengertian Adhesi: Definisi dan Penjelasan Lengkap Menurut Ahli - Geograf](#).
- [14] Muhammad AN. Analisa Pengaruh Sudut Karbon Fiber Twill dan Plain dengan Core Polyurethane Rigid Foam komposit Sandwich yang Menggunakan Metode Vacuum Bagging pada Pengujian Three Point Bending. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [15] Brad K. ANSI Z89.1 – Industrial Head Protection [Internet]. 2016. Available from: [ANSI Z89.1 - Industrial Head Protection - ANSI Blog](#).