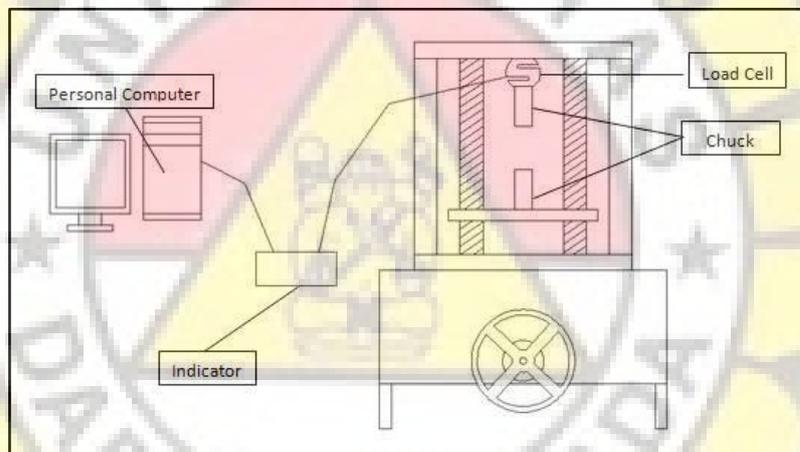


BAB II STUDI PUSTAKA

2.1 Kekuatan Material

Menurut Bompa (1999) Kekuatan (*strength*) diartikan sebagai kemampuan dalam menggunakan gaya dalam bentuk mengangkat atau menahan suatu beban.

Kekuatan merupakan sifat yang dimiliki oleh setiap material. Kekuatan pada material dibagi menjadi dua bagian yaitu kekuatan tarik dan kekuatan mulur. Kekuatan material bisa diperoleh dari sebuah pengujian yang dikenal dengan nama uji tarik. Salah satu hal yang bisa menyebabkan kegagalan pada elemen sebuah konstruksi adalah beban yang bekerja pada material besarnya melebihi kekuatan material. Kekuatan merupakan sifat yang dimiliki oleh setiap material (Haris Budiman, 2016).



Sumber : Haris Budiman (2016)

Gambar 2.1 Skema peralatan yang digunakan dalam uji tarik

Pengujian tarik merupakan salah satu pengujian material yang paling banyak dilakukan di dunia industri. Karena pengujian ini terbilang yang paling mudah dan banyak data yang bias diambil dari pengujian ini. Diantaranya yang bisa didapat dari pengujian tarik ini adalah Kekuatan tarik (*Ultimate Tensile Strength*), Kekuatan mulur (*Yield Strength or Yield Point*), Elongasi (*Elongation*), Elastisitas (*Elasticity*) dan Pengurangan luas penampang (*Reduction of Area*). Seiring dengan berkembangnya teknologi, maka pada saat ini mesin uji tarik dilengkapi dengan perangkat-perangkat elektronik untuk memudahkan dalam menganalisa data yang

diperoleh. *Load Cell* merupakan salah satu perangkat elektronik yang digunakan sebagai perangkat tambahan pada mesin ujitarik. *Load Cell* menggunakan system perangkat pengolahan data. Pengujian tarik akan menampilkan Kekuatan material sehingga bisa merancang suatu konstruksi sesuai dengan karakteristik material. Dari pengujian tarik akan diperoleh benda kerja yang putus karena proses penarikan, juga dihasilkan sebuah kurva uji tarik antara tegangan dan regangan. Kurva ini merupakan gambaran dari proses pembebanan pada benda kerja mulai dari awal penarikan hingga benda kerja itu putus. Tujuan dari pengujian tarik ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu Material Dalam hal ini dikembangkan bagaimana mengolah data yang diperoleh dari pengujian tarik tersebut menjadi sebuah kurva tegangan regangan. Data-data yang diperoleh tersebut berupa besarnya pembebanan, besarnya perpanjangan dan perubahan luas penampang yang terjadi pada benda kerja. Pembebanan dan perubahan panjang benda kerja inilah yang nantinya akan dikonversikan ke dalam kurva uji tarik. Perancangan mesin uji tarik dipasang alat bantu yang sangat penting yaitu *load cell*, dengan fungsi untuk mendeteksi besarnya perubahan dimensi jarak yang disebabkan oleh suatu elemen gaya, sehingga dapat menghasilkan sebuah kurva tegangan-regangan yang akan menginformasikan berapa kekuatan tarik tarik benda yang diuji tarik Spesimen uji tarik bentuk dan ukurannya sudah terstandar, dalam kasus-kasus tertentu diizinkan memakai bentuk dan ukuran specimen uji tidak standar. Bentuk dan ukuran specimen uji terstandar disebut juga specimen uji proporsional, dan yang tidak terstandar disebut juga specimen uji non proporsional. Bentuk penampang specimen uji dapat berbentuk lingkaran atau bentuk segi empat. Ukuran specimen uji yang iasa dipakai standar DP 5 atau DP 10. (Haris Budiman, 2016).

2.2 *Resin Polyester*

Resin adalah *eksudat* (getah) yang dikeluarkan oleh banyak jenis tetumbuhan, terutama oleh jenis-jenis pohon runjung (konifer). Getah ini biasanya membeku, lambat atau segera, dan membentuk massa yang keras dan, sedikit banyak, transparan. Resin dipakai orang terutama sebagai bahan pernis, perekat, pelapis makanan (agar mengilat), bahan

campuran dupa dan parfum, serta sebagai sumber bahan mentah bagi bahan-bahan organik olahan. *Resin* telah digunakan orang sejak zaman purba, sebagaimana yang dicatat oleh Theophrastus dari Yunani dan Plinius dari Romawi Kuno (*Dept. of Oceanography, Texas A&M University, 2010*).

Lebih luas, istilah "*resin*" juga mencakup banyak sekali zat sintesis sifat mekanik yang sama (cairan kental yang mengeras menjadi padatan transparan). Senyawa cairan lain yang ditemukan dalam tanaman atau memancarkan oleh tanaman, seperti getah, lateks, atau lendir, kadang-kadang rancu dengan *resin*, akan tetapi secara kimiawi tidak sama. Sap, khususnya, melayani fungsi nutrisi sedangkan *resin* tidak. Tidak ada konsensus tentang mengapa tanaman mengeluarkan *resin*. Namun, *resin* terutama terdiri dari metabolit sekunder atau senyawa yang tampaknya tidak memainkan peran dalam fisiologi utama dari tanaman. Sementara beberapa ilmuwan melihat *resin* hanya sebagai produk limbah, manfaat perlindungan mereka untuk menanam secara luas didokumentasikan. Senyawa *resin* beracun dapat menghancurkan berbagai herbivora, serangga, dan patogen, sedangkan senyawa *fenolik volatil* dapat mengundang yang menguntungkan seperti *parasitoid* atau predator dari *herbivora* yang menyerang tanaman. Kata "*resin*" telah diterapkan dalam dunia moderen untuk hampir semua komponen dari cairan yang akan ditetapkan menjadi lacquer keras atau enamel-seperti barang jadi. Contohnya adalah cat kuku, sebuah produk moderen yang berisi "*resin*" yang merupakan senyawa organik, tetapi resin tanaman tidak klasik. Tentunya "pengecoran resin" dan *resin* sintesis (seperti *epoxy resin*) juga telah diberi nama "*resin*" karena mereka memperkuat dengan cara yang sama seperti beberapa *resin* tanaman, tetapi resin sintesis monomer cair thermosetting plastik, dan tidak berasal dari tanaman. (*Dept. of Oceanography, Texas A&M University, 2010*).

Menurut Indra Surya dan Suhender (2016), Macam-macam dari plastik jenis *thermoplastics* adalah sebagai berikut :

1. *Resin Polyethylene (PE)*
2. *Resin Polypropylene (PP)*
3. *Resin Polystyrene (PS)*
4. *Resin Polymethyl Methacrylate (PMMA)*

5. *Resin Polyvinyl Chloride (PVC)*
6. *Resin Polyvinyl Asetat, Polyvinyl Alkohol, dan Polyvinyl Acetal*
7. *Resin Polyacetal* atau *Polyoxymethylene (POM)* *Resin Polyamide (Nylon)*
8. *Resin Polycarbonate (PC)*

Menurut Romles C.A. Lumintang, Rudi Soenoko dan Slamet Wahyudi (2011), *Polyester* merupakan bahan termoseting yang banyak beredar dipasaran karena harganya yang relatif murah dan dapat diaplikasikan untuk berbagai macam penggunaan. Istilah *polyester* berawal dari reaksi asam organik dengan alkohol membentuk suatu *ester*. *Polyester* tidak jenuh dibagi ke dalam jenis atau kelas tergantung pada struktur dasar *blok*. Kelas tersebut adalah *ortoftalat*, *isophthalik*, *terephthalat*, *bisphenol-fumarat* dan *klorendik disiklopentadien*. Sifat Fisik dan Kimia dari *polyester* takjenuh sangat berkaitan erat dengan identifikasi penanganan, pencampuran aplikasi dari *polyester* ini sendiri.

Menurut Indra Surya dan Suhender (2016), *Resin Polyester* merupakan *resin* cair dengan *viskositas* yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti resin *thermosets* lainnya, sehingga tidak perlu diberi tekanan untuk pencetakan. Secara luas resin jenis ini banyak digunakan untuk konstruksi sebagai bahan komposit, dll.

Resin polyester tak jenuh (UPR) merupakan jenis resin *termoset* atau lebih populernya sering disebut poliester saja. UPR berupa resin cair dengan *viskositas* yang cukup rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak *resin termoset* lainnya..Sifat-sifat *polyester* dapat dilihat sebagai berikut : kuat tarik 40 Mpa, *elongasi* 1,8 %, kuat tekan 5,5 Mpa, modulus elastisitas 300 Gpa, kuat Impak 0,4 J/m, *densitas* (kerapatan) 1,1 kg/m, *rasio Poison* 0.33. Karena sifat-sifat ini, poliester sering digunakan secara luas sebagai plastik penguat serat (*fiber plastic reinforcement* = FPR) dengan menggunakan serat gelas. Terdapat pengaruh penambahan serat pada jenis resin yang berbeda pada kekuatan impak komposit dari *polyester* (Surdia T, 2005).

2.3 Kapal *Inkamina 333*

Instruksi Presiden No. 01 tahun 2010 [INPRES] 2010 tentang Percepatan Pelaksanaan Prioritas Pembangunan Nasional Tahun 2010 merupakan awal mula perencanaan pemberian kapal bantuan bagi nelayan untuk membantu percepatan pelaksanaan pembangunan di tahun 2010 saat itu, selanjutnya melalui Peraturan Presiden No. 10 tahun 2011 [PERPRES] 2011 lebih ditekankan lagi mengenai program bantuan tersebut. Presiden secara langsung meminta kepada menteri-menteri terkait untuk membantu percepatan kesejahteraan nelayan sehingga program Peningkatan Kesejahteraan Nelayan (PKN) dapat terealisasi. Program yang dilakukan oleh 11 Kementrian ini bertujuan untuk membantu kesejahteraan nelayan baik dalam aspek sosial, ekonomi, pengadaan fasilitas maupun kegiatan usaha untuk meningkatkan taraf hidupnya. Program Peningkatan Kehidupan Nelayan (PKN) merupakan program dari Kementerian Kelautan Perikanan (KKP) yang dicanangkan untuk nelayan. Salah satu bentuk dari program ini adalah pemberian bantuan kapal bagi nelayan. Bantuan kapal yang diberikan beraneka ragam, mulai dari ukuran kapal 10 GT hingga 30 GT. Program Pembangunan Kapal Penangkap Ikan berukuran diatas 30 GT atau yang dikenal dengan sebutan Inka Mina akronim dari Instruksi Presiden Kapal (INKA) dan ikan (MINA), merupakan program unggulan Kementerian Kelautan dan Perikanan dalam upaya Pemerintah untuk meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan nelayan kecil, yang sebagian besar kehidupannya berada dibawah garis kemiskinan. Program restrukturisasi armada perikanan dilaksanakan dalam rangka mewujudkan tiga pilar pembangunan yaitu pengentasan kemiskinan(pro-poor), penyerapan tenaga kerja(pro-job), pertumbuhan(pro-growth) dan berwawasan lingkungan (pro-environment). Pembangunan kapal penangkap ikan berukuran diatas 30 GT pada hakekatnya ditujukan untuk meningkatkan produksi dan produktivitas kapal nelayan, meningkatkan kesejahteraan khususnya nelayan, menjaga kelestarian sumber daya ikan dan lingkungannya serta untuk menjaga kedaulatan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (Deni A, Soeboer, Budhi H. Iskandar, Mohammad Imron dan Wienda J. Ardiyani, 2018).

Pembangunan kapal tangkap ikan pada hakekatnya ditujukan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat khususnya nelayan, dan sekaligus untuk

menjaga kelestarian sumberdaya ikan serta lingkungannya. Tujuan tersebut dewasa ini diperluas cakupannya, sehingga tidak hanya untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan menjaga kelestarian sumberdaya ikan, tetapi juga untuk meningkatkan kontribusi sub sektor perikanan tangkap terhadap pembangunan perekonomian nasional (*pro Growth*). Selain dari pada itu guna membantu mengatasi krisis multidimensi yang sedang melanda Negara kita, baik dalam bentuk penyediaan lapangan kerja (*pro Job*), penerimaan devisa melalui ekspor, Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP), maupun untuk pengentasan kemiskinan (*pro Poor*). Dan untuk mencapai tujuan tersebut, pemerintah berusaha untuk mewujudkan visi “ Indonesia sebagai penghasil produk kelautan dan perikanan terbesar pada tahun 2015” namun dengan tetap mengelola perikanan tangkap secara terpadu dan terarah, agar pemanfaatan sumberdaya ikan dapat dilakukan secara berkelanjutan dari generasi ke generasi. Hal ini karena sumberdaya ikan dapat mengalami degradasi bahkan pemusnahan apabila dieksploitasi secara tidak terkendali, meskipun dikatakan bahwa sumberdaya ikan merupakan sumberdaya yang dapat diperbaharui (*renewable resources*). Disamping itu, penerapan manajemen perikanan yang baik, juga merupakan wujud dari implementasi komitmen Pemerintah Indonesia terhadap isu mengenai pengelolaan perikanan yang bertanggungjawab sebagaimana tertuang dalam FAO (KKP Lampung, 2012).

Dengan terbitnya Inpres No. 1 tahun 2010 tentang percepatan pelaksanaan prioritas pembangunan nasional tahun 2010 terdapat program Ketahanan Pangan, dengan kegiatan penyediaan kapal nelayan di berbagai daerah melalui pembangunan kapal penangkap ikan berukuran ≥ 30 GT. Target sampai tahun 2014 adalah terbangunya sebanyak 1.000 kapal perikanan. Penyediaan kapal perikanan melalui TP (APBN) dan DAK (APBD) adalah untuk memperkuat Armada Perikanan Nasional dalam rangka mendukung program ketahanan pangan, menjaga wilayah NKRI dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat nelayan. Pada tahun 2012 Provinsi Lampung mendapat bantuan kapal inkamina > 30 GT berupa anggaran TP (APBN). (KKP Lampung, 2012).



Sumber : Pt Evership (2019)

Gambar 2.2 Kapal Inkamina 333

2.4 Kapal *Fiberglass*

Menurut Buana Ma'ruf (2013) konstruksi lambung dari kapal *fiberglass* sudah menjadi hal yang sangat penting dikaji dan dikembangkan dalam rangka standarisasi kapal *fiberglass* yang beroperasi di wilayah kepulauan Indonesia, sehingga kapal-kapal *fiberglass* memiliki standar mutu yang dapat menjamin keselamatan kapal di laut.

Kapal berbahan *fiberglass* memiliki peran penting di dalam menunjang transportasi laut nasional khususnya di wilayah pantai. Kapal jenis ini juga memiliki beberapa keunggulan teknis dan ekonomis, sehingga kebutuhannya terus meningkat. Namun demikian, kekuatan konstruksi laminasi lambung kapal *fiberglass* sering menjadi penyebab terjadinya kecelakaan di laut. Hasil survei pendahuluan di beberapa galangan kapal *fiberglass* tahun 2009 menunjukkan bahwa, disain konstruksi dan proses laminasi lambung kapal *fiberglass* umumnya tidak mengacu pada persyaratan kelas, sehingga kekuatan konstruksinya sulit dijamin. Selain itu, galangan kapal tidak memiliki standar injiniring mengenai penggunaan material/bahan, komposisi dan prosedur laminasi yang dapat memenuhi persyaratan kelas (Buana Ma'ru, 2011).

Secara umum, bahan utama *fiberglass* untuk kapal terdiri dari: gelcoat, resin, CSM, WR. Sebagaimana yang disyaratkan kelas (BKI, 1996), kandungan

resin adalah 25 s.d. 35 persen, sedangkan jenis CSM yang disyaratkan adalah jenis rendah alkali yaitu tipe E (<2%), sesuai *rules* BKI (*Non Metallic Material, Sec. 1, point 2.3*)(Buana Maruf, 2011)

Fiberglass dalam ilmu material termasuk ke dalam kategori *Thermoset Polymer Composites*. *Composites* sendiri merupakan dua atau lebih material yang berbeda sifat fisik dan kimiawinya bersatu secara *makroskopik* menjadi sebuah material baru yang memiliki sifat fisik dan kimawi yang baru dan berbeda. Jadi *thermoset polymer composites* merupakan penggabungan dua material utama *resin polymer* (plastik) dan *fiberglass* (serat kaca), sehingga *fiberglass* yang kita kenal sering juga disebut *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) (Judawisastra, 2000).

Pemilihan material untuk bahan lambung kapal tidak hanya karena pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas, melainkan juga pertimbangan tingkat teknologi dan nilai ekonomi. Dengan demikian, bahan *fiberglass* (FRP) menjadi pilihan yang paling dominan untuk kapalkapal berukuran kecil hingga 20 meter seperti disebutkan di atas. Kapal berbahan *fiberglass* juga dapat diproduksi massal (memakai cetakan) dengan waktu yang cepat, murah, dan banyak galangan yang mampu membuatnya karena investasinya kecil, teknologinya sederhana, dan tidak memerlukan kualifikasi tenaga kerja yang tinggi (Ma'ruf, 2004).

Smith (1993), Mengatakan material komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya.

Komposit adalah bahan *hibrida* yang terbuat dari *resin polimer* diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang dikenal dengan *matriks*. Bahan serat digunakan bahan-bahan yang kuat, kaku, dan getas, sedangkan bahan matriksnya dipilih bahan-bahan yang liat, lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia. Komposit pada umumnya terdiri dari dua fasa yaitu : Matriks /penguat pada pembuatan komposit, dan *Reinforcement* atau *filler / Fiber*. Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Adanya dua penyusun komposit atau

lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya. Matriks (penyusun dengan fraksi volume terbesar), penguat (penahan beban utama), *Interphase* adalah pelekat antar dua penyusun, *interface* adalah permukaan fasa yang berbatasan dengan fasa lain. (Surdia, 2005) .

Menurut Romles C.A. Lumintang, Rudi Soenoko dan Slamet Wahyudi (2011), Terdapat tiga macam metode yang dapat digunakan untuk membuat komposit *Fiberglass* yaitu:

a. Injection Moulding

Proses injeksi dilakukan dengan cara memberikan tekanan injeksi pada bahan plastik yang telah meleleh oleh sejumlah energi panas untuk dimasukkan kedalam cetakan sehingga dapat dibentuk yang diinginkan. Kelebihannya adalah tingkat produksi tinggi, dihasilkan produk tanpa proses pengerjaan akhir, dapat mencetak produk yang sama, produk ukuran kecil dapat dibuat dan ongkos produksi murah.

b. Spray Up

Dalam pembuatan komposit dengan metode *Spray Up* ini menggunakan alat penyemprot. Alat penyemprot tersebut berisi resin dan pengisi yang secara bersamaan disemprot kedalam cetakan.

c. Hand Lay Up

Proses pembuatan komposit dengan metode *Hand Lay Up* merupakan pembuatan komposit dengan metode lapisan demi lapisan sampai diperoleh ketebalan yang diinginkan. Dimana setiap lapisan berisi matrik dan *filler*. Setelah memperoleh ketebalan yang diinginkan digunakan roller untuk meratakan dan menghilangkan udara yang terjebak di atasnya.

lambung kapal berbahan *fiberglass* tetap harus memiliki kekuatan yang memadai dan mampu mengantisipasi gelombang dan benturan benda keras di wilayah pantai. Seperti halnya pada *rules* klasifikasi asing, persyaratan dalam *rules* BKI mengatur mengenai proses produksi kapal *fiberglass* (BKI, 1996)

Komposit mempunyai fleksibilitas yang tinggi, karena bahan komposit dapat dirancang dari awal dengan menyusun dan mengkombinasikan berbagai karakteristik bahan menjadi bahan dengan karakteristik yang diinginkan dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan berat struktur (Kurniadi Sukma Wijaya, 2014).

Dari segi kekuatan, tolok ukur utama kekuatan pada *FRP* adalah kekuatan tarik. Sesungguhnya kuat tarik serat *glass* sangat tinggi, dapat mencapai hingga 100.000 psi atau setara dengan 689 MPa (Peters, 1998).

Seperti halnya kapal berbahan lainnya, lambung kapal *fiberglass* harus memiliki kekuatan yang memadai dan mampu mengantisipasi gelombang dan benturan benda keras di laut. Persyaratan dalam *rules* BKI mengatur tentang proses produksi kapal *fiberglass*, dan nilai kuat tarik dan kuat lengkung/tekuk minimum untuk laminasi lambung kapal *fiberglass* (BKI, 1996).

Seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan, *resin polyester* yang sering digunakan untuk pembuatan kapal-kapal *fiberglass* memiliki nilai kuat tarik yang kecil, yaitu pada kisaran angka 50 MPa saja (Greene, 1999).

Fabrikasi kapal *fiberglass* memerlukan pemahaman dan ketelitian dalam pelaksanaannya. Untuk mendapatkan hasil produk kapal *fiberglass* yang baik maka perlu dilakukan kajian berbagai referensi dengan cara membaca dan memahami hasil-hasil penelitian maupun buku yang berkaitan dengan fabrikasi kapal *fiberglass*. Selain itu perlu dilakukan juga *update* informasi tentang teknologi yang berkembang saat ini berkaitan dengan tema fabrikasi kapal *fiberglass* (Pardi & Afriantoni, 2017).

Proses pembuatan kapal *fiberglass* menurut Dian Ardiana, Razali dan Muharnis (2104), pembuatan kapal Untuk membangun atau membuat kapal baru yang berbahan baku *fiberglass*, maka tidak akan terlepas dari desain gambar dan memperhitungan berapa jumlah material yang akan digunakan dalam pembuatan kapal baru tersebut. Sebelum membangun atau membuat kapal baru yang akan dikerjakan terlebih dahulu harus mengetahui item apa saja yang harus dipersiapkan. Dengan itu ada beberapa *item* atau proses yang akan dipersiapkan dalam pembuatan kapal baru adalah sebagai berikut :

- Proses Pembuatan Cetakan (*Mould*)

Sebelum melakukan pembuatan cetakan terlebih dahulu dipersiapkan bahan pembuatan cetakan seperti triplek mika, paku 1-3 inc, paku triplek, kayu, dempul *avalogoss* dan lem fox.



Sumber : Dian Ardiana, Razali dan Muharnis (2104)

Gambar 2.3 Lantai kedudukan Cetak atau *Mould*

Pembangunan pondasi kapal ialah langkah awal sebelum pemasangan *frame* kapal. Karena pondasi awal kapal ini dibentuk dari lunas kapal hingga gading-gading kapal, yang merupakan letak kekuatan kapal yang akan dibuat. Untuk mempermudah pada saat pembuatan kapal *fiberglass*, cetak atau *Mould* yang kita buat harus sama dengan bentuk dan ukuran sesuai dengan gambar kerja yang ada. Setelah perletakan kedudukan cetakan maka selanjutnya Proses pemasangan *frame* untuk cetakan seperti terlihat pada di bawah ini :



Sumber : Dian Ardiana, Razali dan Muharnis (2104)

Gambar 2.4 Pemasangan Gading atau *Frame* untuk Cetak atau *Mould*



Sumber : Dian Ardiana, Razali dan Muharnis (2104)

Gambar 2.5 Cetak untuk *Mould Triplek*

Proses Pemasangan *frame*, selanjutnya pada gambar di atas, bentukan dari kerangka cetakan kapal yang akan dibuat. Setelah pembuatan kerangka cetakan selesai dilakukan maka akan terlihat bentuk dari yang akan dibangun. Dari kerangka cetakan, akan dilapisi dengan triplek.

- Proses Laminasi Kapal *fiberglass*
Setelah cetakan (*mould*) selesai, maka cetakan tersebut akan kita lakukan proses pembentukan badan kapal dengan menggunakan bahan *fiberglass*. Sebelum melakukan laminasi *Mat* dan *Wr* dilakukan beberapa proses yaitu:
 1. Proses Pemasangan *Mirror*
 2. Proses Penyapuan *Gelcoat*
 3. Proses *Matt* dan *Wr* Proses pemasangan *Matt* dan *Wr* pada lambung kapal dapat terlihat pada gambar.
 4. dibawah ini :



Sumber : Dian Ardiana, Razali dan Muharnis (2104)

Gambar 2.6 Proses Pemasangan *Mat* dan *Wr*

Pemasangan gading atau *frame* ini dilakukan setelah selesai laminasi. Sebelum melakukan pemasangan gading-gading atau *frame* terlebih dahulu harus melihat kondisi lapisan apakah sudah kering atau belum, karena pemasangan gading-gading atau *frame* lapisan fiber harus kering. Apabila lapisannya tidak kering, maka proses pemasangan gading atau *frame* sangat sulit dan akan menimbulkan kerusakan pada lapisan itu sendiri. Cara pemasangan gading-gading atau *frame* terlebih dahulu kita harus mengukur jarak antara *frame* adalah jarak *frame* 50 cm, tinggi *frame* 15 cm dan ketebalan 3.5 cm yang ada pada gambar tersebut, gading atau *frame* harus kita susun sesuai dengan benar lambung kapal itu sendiri.

- Membuka atau Melepaskan Kapal *Fiberglass* dari Cetak atau *Mould*
Membuka atau melepaskan hasil kapal fiber dari cetak atau mall yang sudah selesai. Untuk pelepasan hasil dari cetak atau *Mould* harus dengan teliti, agar hasil bagian terluar lambung tidak rusak, apa bila terjadi kerusakan pada saat pelepasan hasil *fiber* dari cetak atau mall maka harus *finishing* lagi di bagian terluar menggunakan dempul, dengan demikian hasil yang bagian terluar akan jadi lebih baik.
- Proses *Finishing*
Proses *finising* ini ketika ada bagian lambung terluar mengalami kerusakan yang diakibatkan pada saat melepaskan hasil kapal *fiber* dari cetak atau

Mould, yang harus dilakukan memperbaiki bagian luar lambung atau *finishing* lambung tersebut, agar *finishing* ini memberikan hasil lambung yang lebih baik. Kerusakan yang terjadi pada bagian terluar dari lambung seperti tidak rata pada sisi kapal. Disebabkan, pada saat melakukan laminasi kurangnya pengolesan *resin*. Dalam proses finishing ini menjadi 2 bagian yaitu :

1. Perbaikan pada yang mengalami kerusakan.
2. Pengecekan hasil laminasi

- Proses Pengecatan

Untuk menghasilkan pada permukaan terluar dan dalam pada setiap kapal, maka dilakukan proses pengecatan, pengecatan ini dilakukan guna untuk memberikan hasil yang lebih baik dari yang semula. Untuk itu ada beberapa proses pengecatan yang harus kita lakukan pada saat melakukan pengecatan pada kapal, antara lain adalah:

1. Pengecatan dasar
2. Pendempulan
3. Pengamplasan
4. *Electrical instalation*

2.5 Sistem Laminasi

Menurut Aditya Amor Patria & Triwilaswandio Wuruk Pribadi (2017) Teknologi laminasi adalah teknik penggabungan bahan dengan bantuan perekat, bahan bangunan berukuran kecil dapat direkatkan membentuk komponen bahan sesuai keperluan. Teknik laminasi juga dapat dilakukan untuk menggabungkan bahan baku yang tidak seragam atau dari berbagai kualitas.

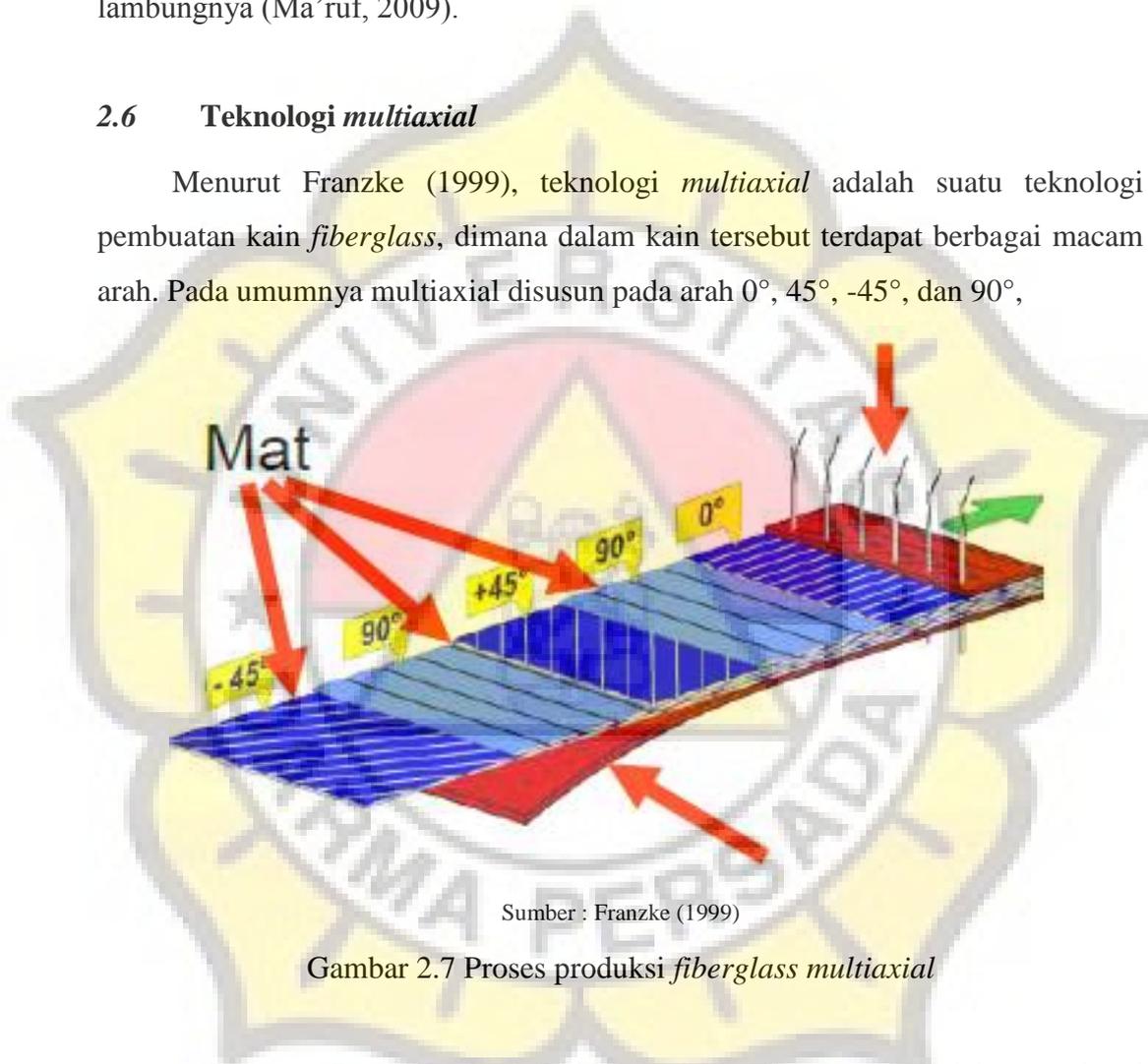
Proses laminasi merupakan tahapan yang cukup penting dalam fabrikasi kapal *fiberglass*. Kualitas lambung kapal *fiberglass* sangat tergantung pada proses laminasi ini. Pada penelitian ini laminasi menggunakan cara manual yaitu menggunakan kuas rol. Sebelum proses laminasi cetakan positif lambung kapal diberikan lapisan *mirorglass* untuk mempermudah proses pelepasan *body* kapal dari cetakan pada saat selesai laminasi. Setelah itu lapisan berikutnya adalah *gealcoat* yang dicampur dengan pewarna (*pigment*) sesuai dengan keinginan.

Pemberikan *gealcoat* ini akan membuat permukaan terluar *body* kapal menjadi halus sehingga tahanan kapal menjadi kecil (Pardi & Afriantoni, 2017).

Seringnya terjadi kecelakaan kapal berbahan *fiberglass* terutama terkait dengan mutu laminasi lambung kapal yang rendah terutama jika mengalami benturan. Berdasarkan hasil diskusi teknis dengan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), faktor kritis kapal berbahan *fiberglass* adalah kekuatan laminasi lambungnya (Ma'ruf, 2009).

2.6 Teknologi *multiaxial*

Menurut Franzke (1999), teknologi *multiaxial* adalah suatu teknologi pembuatan kain *fiberglass*, dimana dalam kain tersebut terdapat berbagai macam arah. Pada umumnya *multiaxial* disusun pada arah 0° , 45° , -45° , dan 90° ,



Sumber : Franzke (1999)

Gambar 2.7 Proses produksi *fiberglass multiaxial*

Menurut Buana Ma'ruf (2013), Berbeda dengan material konvensional yang arah seratnya terbatas, *multiaxial* memiliki arah serat yang bervariasi dan teratur, sehingga kekuatan laminasi produk komposit dapat disesuaikan dengan beban yang diterima oleh produk tersebut, sehingga produk tersebut dapat dibuat menjadi lebih kuat dan lebih efisien. Dengan keteraturan arah serat *multiaxial* tersebut, dapat diperoleh perbandingan kandungan *glass* dengan *resin* (*glass content*) yang lebih tinggi dibandingkan serat konvensional. Artinya, penggunaan

resin dalam proses laminasi *multiaxial* lebih sedikit dibandingkan serat konvensional, sehingga diperoleh produk komposit yang lebih ringan. Jenis serat *multiaxial* yang paling umum digunakan untuk membangun kapal *fiberglass* adalah:

1. Tipe L (*Unidirectional*): diaplikasikan khususnya pada laminasi lunas dan tulangan, meningkatkan kekuatan *bending* kapal.
2. Tipe DB (*Biaxial*): diaplikasikan untuk lambung kapal, untuk memperkuat *impact* kapal terhadap benturan ombak dan benda lain.



Sumber : Buana Ma'ruf (2013)

Gambar 2.8 Serat *DCMX*

DB merupakan teknologi *fiberglass* generasi terakhir. Bahan ini berbentuk lembaran kain yang dibuat dari benang kaca halus yang dirajut, dapat diarahkan ke berbagai arah sesuai kebutuhan, dan dapat digabungkan beberapa lapis sekaligus. Kain ini memiliki kuat tarik yang baik pada berbagai arah, sehingga dapat disesuaikan penggunaannya terhadap beban yang akan ditanggung oleh produk jadi. Jika digabungkan dengan resin, maka rbandingan kandungan resin dan glass adalah sekitar 40:60 (Buana Ma'ruf 2013).

Serat *multiaxial* juga memiliki struktur bahan yang dapat meningkatkan kekuatan laminasi, sehingga laminasi dengan menggunakan material ini tidak perlu dibuat setebal material konvensional. Hal ini dapat mempercepat proses pembuatan kapal dengan penggunaan tenaga kerja yang lebih sedikit. Dengan demikian, penggunaan material serat *multiaxial* bisa lebih ekonomis, tetapi hal ini masih perlu dikaji secara khusus karena harga material ini jauh lebih mahal daripada material konvensional. Penggunaan serat *multiaxial* menyerap resin lebih

sedikit dibandingkan dengan serat WR. Sebagai contoh, salah satu kapal 30 GT pesanan Kementerian Kelautan dan Perikanan, yang dibangun dengan menggunakan serat *multiaxial* di sebuah galangan di Tangerang tahun 2011, mampu menghemat penggunaan resin sekitar 30 persen dari total pemakaian dengan serat konvensional, sesuai informasi pimpinan galangan pembangun. Dengan demikian, kapal menjadi lebih ringan, sehingga daya angkutnya menjadi lebih besar (Buana Ma'ruf, 2013).

2.7 Teknologi Woven Roving (WR)

Menurut Buana Ma'ruf (2013), *Woven Roving* merupakan teknologi *fiberglass* generasi kedua. Bahan ini berbentuk lembaran kain yang dibuat dari benang kaca yang dianyam. Kain ini memiliki kuat tarik yang baik pada arah 0° dan 90° . Jika digabungkan dengan resin, maka perbandingan kandungan resin dan serat adalah sekitar 55:45.



Sumber : Buana Ma'ruf (2013)

Gambar 2.9 Serat *Woven Roving*

Serat *fiberglass woven roving* adalah istilah ropping digunakan untuk serat halus berwarna putih yang susunannya beraturan seperti serat pada karung, Katalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *metil etil keton peroksida* dengan bentuk cair, berwarna bening. Fungsi dari *katalis* ini adalah mempercepat terjadinya proses pengeringan pada bahan matrik suatu komposit (Adella Hotnyda Siregar, Budiman Adi Setyawan dan Amir Marasabessy, 2016).

2.8 Fiber Volume Content

Menurut Cripps (2000), Ketika kedua material utama (resin dan serat gelas) digabungkan dan menjadi material yang baru (*Composites/ FRP*) nilai kuat tariknya menjadi relatif dengan besaran tengah antara kuat tarik serat dan kuat tarik resin, seperti pada. Dengan demikian, salah satu faktor penentu kuat tarik *composites* adalah komposisi kandungan resin dan serat di dalamnya. Karena kuat tarik serat yang tinggi, maka semakin banyak serat yang terkandung (*fiber volume content*), maka akan semakin kuatlah *composites* yang tercipta dari pencampuran kedua kandungan tersebut.

Nilai kuat tarik dan kuat tekuk minimum yang disyaratkan ditentukan sesuai dengan kandungan fiber (*fiber content*) pada sampel. Kandungan fiber dalam laminasi (*glass/fiber content*) dihitung berdasarkan perbandingan komposisi berat dalam struktur laminasi, antara serat fiber dan resin (Buana Ma'ruf 2018).

