



UNIVERSITAS INDONESIA

**Analisa Pembuatan Profil Knuckle dan Bulb Flat Buatan Untuk
Konstruksi Kapal Baja
Dengan Menghindarkan Proses *Bending* dan *Rolling* Untuk Pembangunan
Kapal Baja Pada Lahan Non Galangan**

Skripsi

Muhamad Sidiq Fanani

0806338393

Fakultas Teknik

Program Sarjana Teknik Perkapalan

Depok

Juni 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**Analisa Pembuatan Profil Knuckle dan Bulb Flat Buatan Untuk
Konstruksi Kapal Baja
Dengan Menghindarkan Proses *Bending* dan *Rolling* Untuk Pembangunan
Kapal Baja Pada Lahan Non Galangan**

Skripsi

Muhamad Sidiq Fanani

0806338393

**Skripsi ini diajukan untuk melengkapi persyaratan menjadi Sarjana
Teknik**

Fakultas Teknik

Program Sarjana Teknik Perkapalan

Depok

Juni 2012

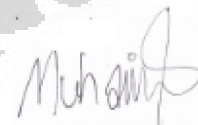
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya dengan ini menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

“Analisa Pembuatan Profil Knuckle dan Bulb Flat Buatan Untuk Konstruksi Kapal Baja Dengan Menghindarkan Proses *Bending* dan *Rolling* Untuk Pembangunan Kapal Baja Pada Lahan Non Galangan”

Yang dibuat untuk melengkapi sebagai persyaratan untuk menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan dari skripsi yang telah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan UI maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Juni 2012



Muhamad Sidiq
Fanani

0806338393

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhamad Sidiq Fanani
NPM : 0806338393
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul skripsi : Analisa Pembuatan Profil Knuckle dan Bulb Flat buatan untuk Konstruksi Kapal Baja dengan Menghindarkan Proses Bending dan Rolling untuk Pembangunan Kapal Baja pada Lahan Non Galangan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Mukti Wibowo ()

Penguji : Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M. Eng ()

Penguji : Dr. Ir. Sunaryo, M.Sc ()

Penguji : Ir. Hadi Tresno Wibowo ()

Penguji : Ir. M. A. Talahatu, M.T ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 2 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT Yang Maha Mendengar lagi Maha Melihat dan atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis yang berbentuk skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Besar Muhammad SAW beserta seluruh keluarga dan sahabatnya yang selalu eksis membantu perjuangan beliau dalam menegakkan Dinullah di muka bumi ini.

Penyusunan skripsi ini adalah merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin Program Studi Teknik Perkapalan. Tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada hingganya kepada :

1. Allah SWT karena atas rahmat dan ridhonya saya diberi kemudahan dalam mengerjakan skripsi ini
2. Kedua orang tua saya, ibunda Poedji Sri Lestari dan Ayahanda Ade Nuryadin atas do'a dan suportnya kepada saya selama ini
3. Dosen pembimbing saya Ir.Mukti Wibowo atas bimbingan beliau sehingga saya bisa menuntaskan skripsi ini
4. Dosen-dosen teknik mesin dan teknik perkapalan atas semua ilmu yang diberikan selama kurang lebih 4 tahun ini
5. Sahabat saya mahasiswa teknik mesin dan teknik perkapalan angkatan 2008 yang telah berbagi kisah dan ilmunya selama 4 tahun ini

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka saran dan kritik yang konstruktif dari semua pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan selanjutnya.

Depok, 19 juni 2012

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang beretanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Sidiq Fanani

NPM : 0806338393

Program Studi : Teknik Perkapalan

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Rights) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Analisa Pembuatan Profil Knuckle dan Bulb Flat Buatan Untuk Konstruksi Kapal Baja Dengan Menghindarkan Proses *Bending* dan *Rolling* Untuk Pembangunan Kapal Baja Pada Lahan Non Galangan ”

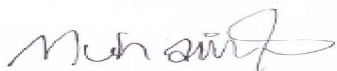
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 19 Juni 2012

Yang menyatakan,



Muhamad Sidiq Fanani

Nama : Muhamad Sidiq Fanani

NPM : 0806338393

Jurusan : Teknik Perkapalan

Judul : Analisa Pembuatan profil Knuckle dan Bulb Flat Buatan untuk

Konstruksi Kapal Baja dengan Menghindarkan Proses Bending dan Rolling untuk Pembangunan Kapal Baja pada Lahan Non Galangan

ABSTRAK

Dalam dunia perkapalan kemajuan teknologi memiliki pengaruh yang sangat besar termasuk dalam proses reparasi dan pembangunan kapal. Dalam lingkup penyedia jasa pembangunan kapal, tentunya hal ini sangat membantu termasuk dalam efisiensi produksi kapal. Bila dilihat pada umumnya bahwa proses pembuatan kapal (konstruksi) perlu dilakukan di galangan, maka konsep pembangunan kapal yang diusung di skripsi ini mengenai proses pembangunan kapal di non galangan (workshop). Hal ini tentunya memberikan keuntungan karena pembangunan kapal menjadi lebih efisien, meminimalisir tempat, waktu serta pengerjaan kapal yang tentunya menguntungkan baik bagi pihak produksi maupun pihak owner. Terobosan dalam ide pembangunan kapal di tempat non galangan ini tidak lepas dari konsep pembuatan konstruksi kapal yang menghindari proses bending dan rolling. Tentunya hal tersebut dipenuhi dengan menggunakan profil plat yang lebih sederhana (profil L welding, profil T, Knuckle, Ron Bar) namun tetap mengacu pada standar klasifikasi yang telah ditentukan BKI. Jenis kapal tentunya cukup dibatasi disini dengan tipe kapal plat datar seperti katamaran plat datar, barge dan kapal ikan plat datar. Tentunya panjang dan berat total akan dibatasi agar sesuai dengan prosedur pembuatan yang memungkinkan dalam workshop. Dengan inovasi ini tentunya proses pembuatan kapal bisa dilakukan dimanapun di seluruh pelosok Indonesia tanpa perlu di galangan.

Kata kunci : Profil, Plat Marine, Konstruksi Kapal Plat Datar, Produksi Non Galangan

Name : **Muhamad Sidiq Fanani**
NPM : **0806338393**
Program Study : **Naval Architech**
Judul : **Analysis of making profile Bulb Flat and Knuckle Ships
Construction by Advission Bending and Rolling Process on Ship
Workshop**

ABSTRACT

Technological advances in the shipping world has a profound effect included in the process of repair and ship building. Within the scope of ship construction services provider, you are incredibly helpful, including the production efficiency of the ship. When viewed in general that the shipbuilding process (construction) needs to be done in the shipyard, the ship that brought the concept of development in this thesis about the development process in non dock ship (workshop). This course provides an advantage because the construction of ships to be more efficient, minimizing the place, time and workmanship of course the ship is mutually beneficial to the production as well as the owner. Breakthrough in the development of ideas in non dock ship is not separated from the concept of construction of ships to avoid the bending process and Rolling. Of course it is filled with a simpler plate profile (profile L welding, profile T, Knuckle, Ron Bar) but still refers to a predetermined classification standard BKI. Type of vessel must be quite limited here to the flat plate type of vessel such as a flat plate catamaran, barge and boat fishing a flat plate. Course length and total weight will be limited to match-making procedures that allow the workshop. With this innovation certainly the shipbuilding process can be done anywhere throughout Indonesia without in dry dock.

Keywords: Shipbuilding, Construction, Plat Catamaran, Bulb Flat, Workshop

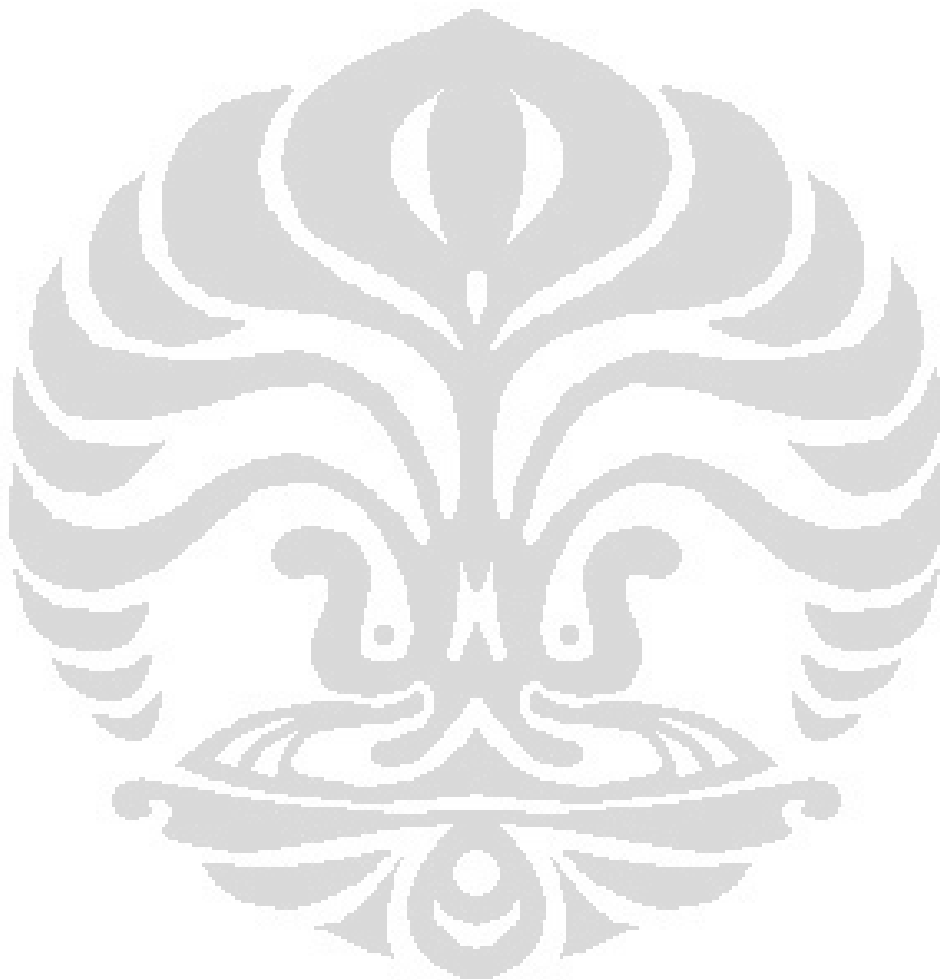
DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
HALAMAN SAMPUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
LEMBAR HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL DAN GRAFIK.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ABSTRAK.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Metodologi Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penelitian.....	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Konstruksi Profil Umum.....	9
2.2 Konstruksi Profil Tanpa Bending Dan Rolling.....	11
2.2.1 Konstruksi Profil L Fabricated Dan Buatan.....	11
2.2.2 Konstruksi Knuckle Buatan.....	12

2.2.3	Konstruksi Bulb Fabricated Dan Buatan.....	14
2.2.4	Konstruksi Profil T Fabricated Dan T Buatan.....	18
2.3	Mechanical Properties Profil.....	20
2.3.1	Kekuatan (Strengthness).....	20
2.3.2	Kekerasan (Hardness).....	23
2.3.3	Struktur Mikro (Microstructure).....	24
2.4	Peraturan Badan Klasifikasi Indonesia.....	25
2.4.1	Peraturan Badan Klasifikasi Tentang Material.....	28
2.4.2	Peraturan Badan Klasifikasi Tentang Konstruksi.....	28
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Waktu Dan Tempat Penelitian.....	30
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	30
3.3	Objek Penelitian.....	33
3.3.1	Benda Uji Yang Digunakan.....	33
3.3.2	Alat Uji Yang Digunakan.....	33
3.3.3	Proses Pengelasan Benda Uji.....	35
3.3.4	Persiapan Benda Uji.....	37
3.3.4.1	Benda Uji Pengelasan.....	37
3.3.4.2	Benda Uji Tarik.....	37
3.3.4.3	Benda Uji Struktur Mikro.....	37
3.3.4.4	Benda Uji Kekerasan.....	39
3.3.5	Pengujian.....	39
3.3.5.1	Pengujian Kekerasan.....	39
3.3.5.2	Pengujian Struktur Mikro.....	40
3.3.5.3	Pengujian Tarik.....	41
3.4	Pengumpulan Data.....	42
3.4.1	Konstruksi Profil Knuckle dan Bulb Flat Buatan.....	42
3.4.2	Midship Catamaran.....	44
3.4.3	Layout Lahan Non Galangan.....	45
 BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....		46

4.1	Analisis Material Dan Mechanical Properties.....	46
4.1.1	Hasil Pengujian Struktur Mikro profil knuckle buatan	46
4.1.2	Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro Profil Knuckle Buatan	48
4.1.3	Hasil Pengujian Struktur Mikro Profil Knuckle Plat Datar	49
4.1.4	Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro Plat Datar	52
4.1.5	Hasil Pengujian Struktur Mikro Profil Bulb Flat buatan (dengan Round Bar)	52
4.1.6	Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro Profil Bulb Flat (Round Bar)....	55
4.2	Analisis hasil pengujian test uji keras	56
4.2.1	Hasil Pengujian Kekerasan Profil Knuckle (dengan round).....	56
4.2.2	Analisis Hasil Pengujian Kekerasan Profil Knuckle	57
4.2.3	Hasil Pengujian Kekerasan Profil Plat Datar (tanpa round).....	58
4.2.4	Analisis Hasil Pengujian Kekerasan Profil Plat Datar (tanpa round).....	58
4.2.5	Hasil Pengujian Kekerasan Profil Bulb Flat buatan (Round Bar).....	59
4.2.6	Analisis Hasil Pengujian Kekerasan Profil Bulb Flat buatan (Round Bar).....	60
4.3	Analisis Hasil Pengujian Uji Tarik.....	60
4.3.1	Hasil Pengujian Uji Tarik pada Profil Knuckle Buatan (dengan round)...61	
4.3.2	Analisis Hasil Pengujian Tarik Profil Knuckle (dengan round).....	62
4.3.3	Hasil Pengujian Uji Tarik pada Profil Plat Datar (tanpa round).....	64
4.3.4	Analisis Hasil Pengujian Tarik Profil Plat Datar (tanpa round).....	65
4.3.5	Hasil Pengujian Uji Tarik Profil Round Bar.....	67
4.3.6	Analisis Hasil Pengujian Uji Tarik Profil Round Bar.....	68
4.3.7	Hasil Pengujian Uji Tarik Profil Bulb Flate.....	69
4.3.8	Analisis Hasil Pengujian Uji Tarik Struktur Mikro Profil Bulb Flate.....	70
4.4	Pencapaian Profil Buatan Marine Optimum	70
4.4.1	Analisa Perbandingan Profil Knuckle Buatan dengan Plat Datar.....	72
4.4.2	Analisa Perbandingan Konstruksi Bulb Flat buatan dengan Bulb Flat fabricated.....	76
4.5	Keuntungan menggunakan profil Knuckle dan Bulb Flat buatan.....	77

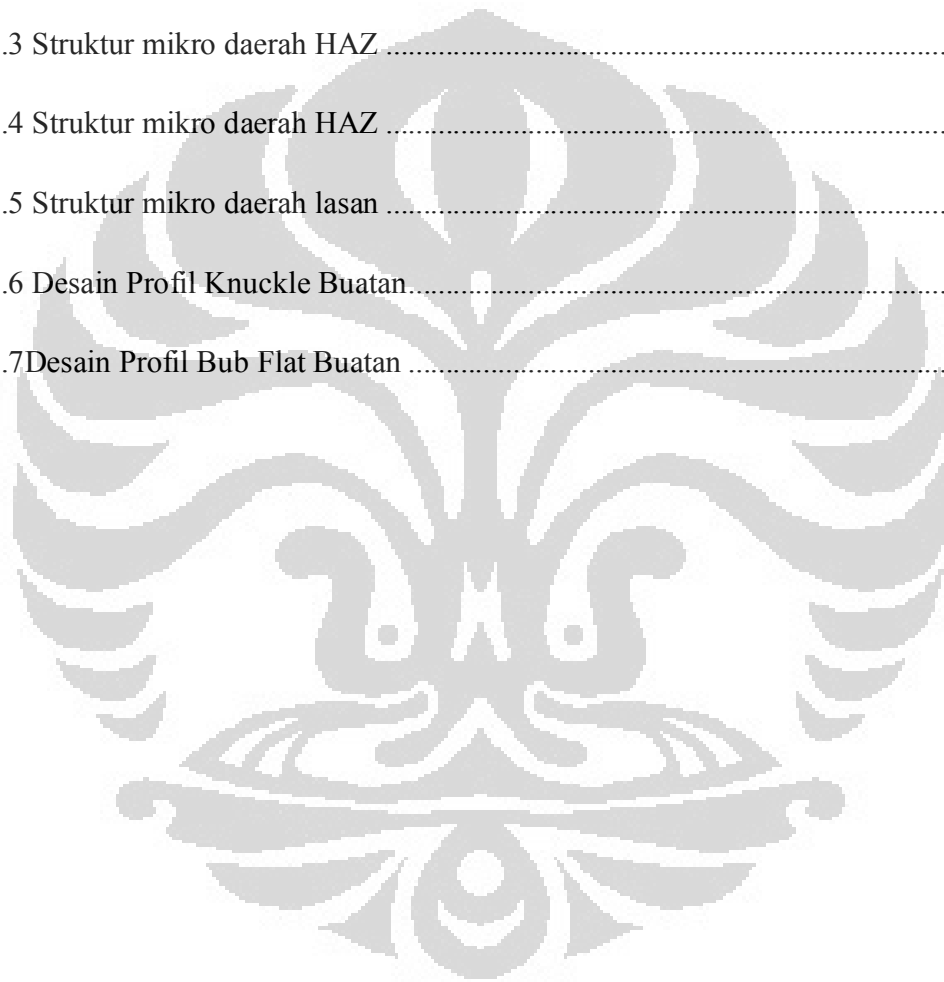
BAB V PENUTUP.....	
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN.....	81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.0 Profil-Profil Umum Konstruksi Kapal Baja.....	10
Gambar 2.1 Profil L fabricated.....	11
Gambar 2.2 Profil L Buatan Hasil Welding.....	12
Gambar 2.3 Profil Knuckle Welding.....	13
Gambar 2.4 Profil gabungan knuckle dan round bar buatan.....	14
Gambar 2.5 Profil Bulb Fabricated.....	15
Gambar 2.6 Profil Bulb Buatan (Round Bar).....	16
Gambar 2.7 Profil T Fabricated.....	18
Gambar 2.8 Profil T Buatan (Weld).....	20
Gambar 2.9 Material being loaded by Compression, Tension, Shear.....	21
Gambar 2.10 Comparison of several hardness test scales.....	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	32
Gambar 3.2 Alat Uji Kekerasan.....	34
Gambar 3.3 Mesin poles.....	34
Gambar 3.4 Olympus Microscope.....	34
Gambar 3.5 Alat Uji Tarik Servopulser.....	35
Gambar 3.6 Cutting Untuk Profil L.....	35
Gambar 3.7 Profil L Finished.....	35
Gambar 3.8 Welding Untuk Profil T.....	36
Gambar 3.9 Profil T Finished.....	36

Gambar 3.10 Welding Profil Knuckle.....	36
Gambar 3.11 Profil Knuckle Finished.....	36
Gambar 3.12 Welding untuk Profil Bulb	37
Gambar 3.13 Profil Bulb Finished.....	37
Gambar 4.1 Struktur mikro base metal + pelat.....	46
Gambar 4.2 Struktur mikro base metal	47
Gambar 4.3 Struktur mikro daerah HAZ	47
Gambar 4.4 Struktur mikro daerah HAZ	48
Gambar 4.5 Struktur mikro daerah lasan	48
Gambar 4.6 Desain Profil Knuckle Buatan.....	61
Gambar 4.7 Desain Profil Bub Flat Buatan	67



DAFTAR TABEL DAN GRAFIK

Tabel 2.1 Chemical Requirements.....	16
Tabel 2.2 Mechanical Properties	16
Tabel 2.3 Square and Round Rar.....	17
Tabel 2.4 Product specification of T Profile.....	19
Tabel 2.5 BKI Specific Rules	27
Tabel 4.1 Hasil pengujian daerah base 1.....	49
Tabel 4.2 Hasil pengujian daerah base 2.....	50
Tabel 4.3 Hasil pengujian daerah HAZ	50
Tabel 4.4 Hasil pengujian daerah weld.....	50
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Tarik.....	51
Tabel 4.6 Tabel analisis perbandingan plat marine dan non marine profil knuckle.....	72
Tabel 4.7 Tabel analisis perbandingan plat marine dan non marine profil bulbflat.....	76

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi konstruksi kapal baja dari tahun ke tahun mengalami kemajuan yang signifikan. Kemajuan di bidang konstruksi kapal baja membawa pengaruh besar dalam pembangunan dan reparasi kapal secara keseluruhan. Perkembangan teknologi konstruksi tersebut membawa dampak positif bagi galangan-galangan sebagai penyedia jasa pembangunan kapal dan pihak owner.

Dampak positif ini tentunya menjadi pertimbangan dasar galangan dan industri perkapalan untuk mengembangkan industri bisnisnya dalam menghadapi persaingan ekonomi global. Galangan dan industri perkapalan di Indonesia sudah saatnya berbenah, memperbaiki dan memajukan industri teknologi perkapalan lainnya. Namun, masih banyak pekerjaan rumah dari industri perkapalan terutama teknologi konstruksi, karena pengembangannya masih jauh dari yang diharapkan dan tertinggal dengan negar-negara lain.

Di sisi lain, industri perkapalan Indonesia rata-rata masih melakukan kegiatan produksi dan reparasi di galangan. Umumnya kegiatan produksi dilakukan di galangan, masih belum mengarah ke lahan non galangan. Biaya yang dikeluarkan pun sangat mahal ketika semua pengerjaan dilakukan di galangan. Kita perlu berinovasi agar pembangunan atau reparasi kapal baja itu agar tidak dibangun di galangan saja, namun dapat dilakukan pada lahan-lahan non galangan (workshop) yang bisa mendukung kegiatan produksi perkapalan. Maka dari itu, perlu adanya terobosan ide baru dengan pengerjaan produksi di lahan non galangan

Konstruksi kapal baja merupakan hal yang paling primary dalam menopang bentuk aspek dan pembangunan kapal. Kapal dengan bentuk dan konstruksinya mempunyai fungsi tertentu yang tergantung, pada tiga faktor utama, yaitu jenis (macam) kargo yang dibawa, bahan baku kapal, daerah operasi (pelayaran) kapal. Pengkhususan terhadap jenis muatan

memberi dampak peningkatan efisiensi dan produktifitas. Karakteristik sebuah kapal akan berpengaruh terhadap konstruksi kapal tersebut. Berkaitan dengan konstruksi kapal tersebut sangat erat hubungan antara susunan kerangka utama dengan pelat-pelat kulit kapal. Secara umum perlu pula diperhatikan cara pembangunan konstruksi kapal perlu sarana dan prasarana dengan memakai cara/metode yang lebih efisien. Kemampuan konstruksi diartikan sebagai pemakaian ilmu dan pengalaman konstruksi dalam perencanaan, perancangan (design), operasi lapangan untuk memperoleh objektifitas proyek keseluruhan.

Salah satu yang paling berkembang dalam pembangunan dan perbaikan kapal adalah konstruksi profil. Menurut Peraturan BKI tahun 2006 tentang material dan konstruksi, konstruksi profil adalah konstruksi penampang gading tulang kecil baik memanjang atau melintang untuk menopang konstruksi dan kekuatan kapal.

Biasanya setiap pembangunan konstruksi kapal berbahan logam seperti pembentukan plat lambung dan profil selalu melibatkan proses bending dan rolling. Tentunya saya berinovasi supaya dalam pembentukan konstruksi kapal konvensional berbahan logam tanpa menggunakan proses bending dan rolling. Kapal-kapal yang melalui tanpa proses bending dan rolling terbatas hanya untuk kapal-kapal kecil dan barge. Seperti yang kita ketahui proses bending dan rolling membutuhkan peralatan khusus dan memakan waktu dan tenaga. Jika proses bending dan rolling dihindarkan, maka proses pembangunan kapal akan jadi lebih cepat dan tidak butuh peralatan khusus untuk proses tersebut. Kekuatan konstruksi kapal harus tetap menjadi pertimbangan primary utama setelah mengalami proses bending dan rolling

Menurut peraturan Germanischer Lloyd 2006 tentang konstruksi kapal baja, profil konstruksi seumumnya secara primary biasa menggunakan proses bending dan rolling. Ketentuan ini sebenarnya hanya berlaku untuk kapal-kapal besar dan memaksimalkan konstruksi dan kekuatan kapal baik memanjang maupun melintang. Profil konstruksi dengan proses bending dan rolling sangat jarang ditemukan untuk pembangunan kapal baru, karena terlalu memakan waktu dan tenaga cukup lama dan besar.

Profil konstruksi pun biasanya yang sudah langsung fabricated. Kalau di Indonesia sendiri masih banyak pembuatan profil konstruksi dengan proses bending dan rolling, karena

membeli profil yang fabricated sangat mahal. Sehingga untuk pemakaiannya konstruksi profil kapal baja kebanyakan masih non-marine di Indonesia.

Perbandingan secara sederhana profil konstruksi dengan proses atau tanpa bending dan rolling itu terletak pada waktu, tenaga, dan adanya proses welding secara langsung pada bagian profil tanpa perlu lagi bending atau rolling. Pembuatan profil konstruksi tersebut lebih cepat dan tidak membutuhkan tenaga banyak. Dan kita mengenal beberapa profil konstruksi inovasi seperti Knuckle, Round Bar, dan Web plate. Ketiganya merupakan profil yang sering dipakai untuk kapal-kapal kecil dan barge. Saya mengusung judul skripsi ini dengan latar belakang ingin menganalisis perbandingan masing-masing profil dan profil yang mana dapat bekerja optimum tanpa menggunakan proses bending dan rolling.

Secara umum, proses pembuatan kapal (konstruksi) perlu dilakukan di galangan, maka konsep pembangunan kapal yang diusung di skripsi ini mengenai proses pembangunan kapal di non galangan (workshop). Beberapa keuntungan diantaranya pembangunan kapal menjadi lebih efisien, meminimalisir tempat, waktu serta pengerjaan kapal yang tentunya menguntungkan baik bagi pihak produksi maupun pihak owner.

Terobosan dalam ide pembangunan kapal di tempat non galangan ini tidak lepas dari konsep pembuatan konstruksi kapal yang menghindarkan proses bending dan rolling. Tentunya hal tersebut dipenuhi dengan menggunakan profil plat yang lebih sederhana (profil L welding, profil T, Knuckle, Ron Bar) namun tetap mengacu pada standar klasifikasi yang telah ditentukan BKI. Pada skripsi ini juga profil konstruksi marine buatan yang mengacu pada peraturan-peraturan tersebut, diharapkan mendapat persetujuan oleh Biro Klasifikasi dengan menimbang segala aspek yang kita teliti pada ketentuan-ketentuan standar konstruksi dan material kapal baja.

Jenis kapal tentunya dibatasi disini dengan tipe kapal plat datar seperti katamaran plat datar, barge dan kapal ikan plat datar. Tentunya panjang dan berat total akan dibatasi agar sesuai dengan prosedur pembuatan yang memungkinkan dalam workshop. Dengan inovasi ini tentunya proses pembuatan kapal bisa dilakukan dimanapun di seluruh pelosok Indonesia tanpa perlu di galangan.

1.2 Rumusan Masalah

Kapal baja pelat datar yang diteliti ini diharapkan memiliki konstruksi yang diharuskan untuk mampu menahan beban yang akan ditanggungnya saat beroperasi nanti. Beban itu baik berupa beban yang dibawa oleh kapal itu sendiri maupun beban yang disebabkan oleh kondisi di perairan seperti gelombang dan angin.

Membicarakan profil kapal tentu ibarat membicarakan tulang-tulang pada manusia sebagai struktur rangka penguat dan pembentuk. Profil adalah susunan rangkaian penguat dan pembentuk struktur konstruksi kapal. Untuk menjamin kekuatan tersebut, salah satu usahanya adalah dengan membuat profil-profil yang memberi kekuatan tambahan pada kapal.

Profil standar yang digunakan digalangan seperti profil L dan T yang di fabricated khusus untuk penggunaan marine adalah sangat mahal. Akibatnya, terkadang galangan nekat menggunakan profil non standard, seperti profil bangunan darat biasa. Selain itu adalagi alternatif lain yang digunakan, yaitu membentuk sendiri profil L dan T dengan metode welding.

Oleh karena itu, penulis ingin mengetahui karakteristik kedua jenis profil ini, untuk dapat dipilih mana dari salah satunya yang paling optimal dan tepat untuk digunakan dalam proses pembangunan kapal baru. Tentu sesuai dengan judul skripsi ini, ada beberapa hal yang perlu kami cari dan teliti dalam skripsi ini, diantaranya yaitu :

- Bagaimana perbandingan profil konstruksi kapal dengan proses bending dan rolling dengan konstruksi tanpa proses bending dan rolling dengan menggunakan material marine use?
- Bagaimana bentuk profil konstruksi yang optimum tanpa proses bending dan rolling, tetapi tetap mengacu pada standar Biro Klasifikasi tentang peraturan-peraturan konstruksi dan material kapal baja?
- Bagaimana aplikasi penerapan dan perencanaan dari perbandingan profil yang optimum tanpa proses bending dan rolling pada kapal baik untuk dibangun di galangan maupun lahan non galangan?

Dari rumusan masalah diatas maka dengan mencari literatur sekaligus studi lapangan sehingga dapat memperoleh data yang akurat dan dapat di pertanggungjawabkan.

1.3 Tujuan penelitian

Ada beberapa tujuan yang kami dalam proses melakukan penelitian ini selain untuk memenuhi penyelesaian studi tugas akhir untuk memperoleh kelulusan akademik, pengembangannya tentu yaitu:

- Untuk mengetahui perbandingan profil konstruksi dengan dan tanpa proses rolling
- Untuk mengetahui keuntungan dan kelemahan konstruksi dengan dan tanpa proses rolling dan bending.
- Untuk mengetahui jenis profil konstruksi yang paling optimum
- Untuk mencoba mendapatkan kualitas optimal material dengan menggunakan pelat marine
- Untuk mengetahui aplikasi perencanaan dan penerapan dari perbandingan profil yang optimum tanpa proses bending dan rolling pada kapal baik untuk dibangun di galangan maupun non galangan

1.4 Batasan masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian agar tidak terlalu melebar maka disini kami membuat beberapa poin penting yang dijadikan acuan dalam melakukan penelitian, diantaranya yaitu :

- Profil konstruksi kapal yang diteliti adalah profil pada kapal Catamaran di Marunda Tanjung Priok dan selanjutnya skripsi ini diperuntukan untuk penerapan profil pada kapal pelat datar yang panjangnya kurang dari 24 meter

- Jenis profil konvensional yang diteliti adalah jenis L (fabricated, dengan welding, & proses bending)
- Jenis profil kapal tanpa proses bending dan welding adalah knuckle, round bar, & profil T
- Mechanical properties yang diuji adalah antara kekuatan (strength), kekerasan (hardness), dan metalography (struktur mikro).

1.5 Metodologi penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, langkah-langkah serta metode yang kami jadikan acuan yaitu:

- Studi Literatur, merupakan studi referensi-referensi yang valid baik kuantitas dan kualitas berdasarkan sumber-sumber data yang kuat berdasarkan peraturan-peraturan yang berlaku, dalam hal ini bidang konstruksi perkapalan dan prosedur galangan
- Percobaan laboratorium, berdasarkan eksperimen-eksperimen material yang sudah disiapkan untuk menghasilkan data-data valid demi membenarkan teori-teori ilmu pengetahuan dan teknologi perkapalan yang ada
- Pengumpulan data, merupakan kegiatan pengumpulan data-data baik literatur, narasumber, maupun dari eksperimen yang telah dilakukan
- Pengolahan dan analisis data, merupakan kegiatan integritas dan pencocokan data-data yang ada disesuaikan dengan teori ilmu pengetahuan dan teknologi perkapalan yang ada berdasarkan peraturan yang berlaku.

1.6 Sistematika penulisan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.2 Rumusan Masalah

- 1.3 Tujuan Penelitian
- 1.4 Batasan Masalah
- 1.5 Metodologi Penelitian
- 1.6 Sistematika Penelitian

BAB II LANDASAN TEORI

- 2.1 Konstruksi Profil Umum
- 2.2 Konstruksi Profil Tanpa Bending Dan Rolling
 - 2.2.1 Konstruksi Profil L Fabricated Dan Buatan
 - 2.2.2 Konstruksi Knuckle Buatan
 - 2.2.3 Konstruksi Bulb Fabricated Dan Buatan
 - 2.2.4 Konstruksi Profil T Fabricated Dan T Buatan
- 2.3 Mechanical Properties Profil
 - 2.3.1 Kekuatan (Strengthness)
 - 2.3.2 Kekerasan (Hardness)
 - 2.3.3 Struktur Mikro (Microstructure)
- 2.4 Peraturan Badan Klasifikasi Indonesia
 - 2.4.1 Peraturan Badan Klasifikasi Tentang Material
 - 2.4.2 Peraturan Badan Klasifikasi Tentang Konstruksi

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

- 3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian
- 3.2 Diagram Alir Penelitian
- 3.3 Objek Penelitian
 - 3.3.1 Benda Uji Yang Digunakan
 - 3.3.2 Alat Uji Yang Digunakan
 - 3.3.3 Proses Pengelasan Benda Uji
 - 3.3.4 Persiapan Benda Uji
 - 3.3.4.1 Benda Uji Pengelasan
 - 3.3.4.2 Benda Uji Tarik

- 3.3.4.3 Benda Uji Struktur Mikro
 - 3.3.4.4 Benda Uji Kekerasan
 - 3.3.5 Pengujian
 - 3.3.5.1 Pengujian Kekerasan
 - 3.3.5.2 Pengujian Struktur Mikro
 - 3.3.5.3 Pengujian Tarik
 - 3.4 Pengumpulan Data
 - 3.4.1 Konstruksi Profil L Dan T Buatan
 - 3.4.2 Midship Dan General Arrangement Catamaran
 - 3.4.3 Lahan Non Galangan
- BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**
- 4.1 Analisis Material Dan Mechanical Properties
 - 4.1.1 Hasil Pengujian Struktur Mikro
 - 4.1.2 Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro
 - 4.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan
 - 4.1.4 Analisis Hasil Pengujian Kekerasan
 - 4.1.5 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik
 - 4.1.6 Analisis Pengujian Kekuatan Tarik
 - 4.2 Perhitungan Pembebanan Dan Kekuatan Profil Konstruksi Buatan Marine Dengan Profil Konstruksi Fabricated Non Marine
 - 4.3 Analisis Perbandingan Profil Konstruksi Buatan Marine dengan Non Marine
 - 4.3.1 Analisis Perbandingan Profil L Siku Fabricated dan Profil L Siku Buatan Marine
 - 4.3.2 Analisis Perbandingan Profil T Fabricated dan T Buatan Marine
 - 4.4 Pencapaian Profil Konstruksi Buatan Marine Optimum
 - 4.5 Aplikasi Profil Konstruksi Pada Kapal Katamaran

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

- 5.1 Kesimpulan
- 5.2 Saran

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Konstruksi Profil Umum

Pada dasarnya berbicara tentang konstruksi kapal baja, tidak lepas dari pembicaraan konstruksi profil, midship section, dan general arrangement kapal. Konstruksi profil merupakan konstruksi penguat baik memanjang maupun melintang pada kapal untuk menguatkan konstruksi kapal. Ada faktor yang sangat berpengaruh dan menentukan kekuatan konstruksi profil tersebut yaitu faktor rasio jarak gading-gading kapal. Gading-gading merupakan kerangka dari lambung kapal, kulit kapal dilekatkan pada gading ini dengan keeling atau las.

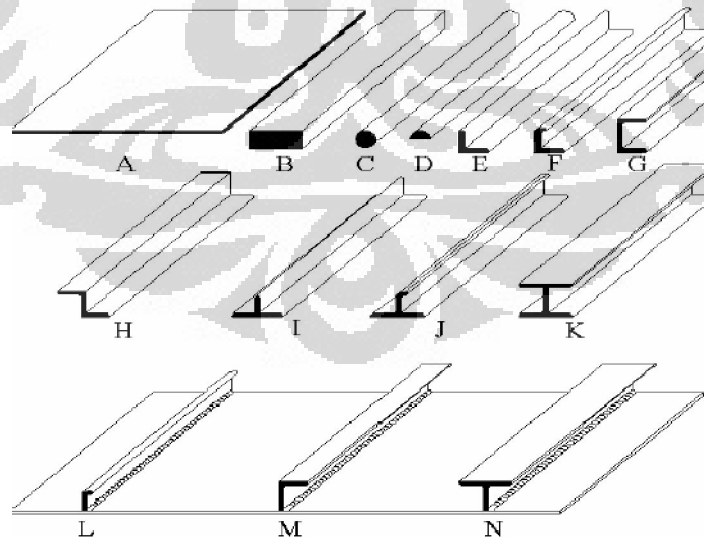
Menurut Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia tahun 2006 vol.2, jarak dari gading ini satu dengan yang lain maksimum adalah 0,5 meter. Gading-gading biasanya dibuat dari profil siku (L) ada juga yang dibuat dari profil siku dengan bulb (L) atau profil T.

Berdasarkan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia tahun 2006 vol.2, tujuan utama pembangunan konstruksi kapal ialah membuat suatu konstruksi kapal yang kokoh dan kuat dengan berat konstruksi yang ringan-ringannya. Karena dengan konstruksi yang kuat tetapi ringan, maka kita akan mendapatkan daya muat yang besar sehingga hal ini akan menguntungkan dari segi finansial. Konstruksi profil harus menopang kekuatan kapal dan material produksinya memenuhi persyaratan. Profil yang digunakan untuk membangun kapal mempunyai bermacam-macam bentuk dan ukuran.

Penggunaan pelat dan profil-profil tersebut adalah sebagai berikut.

- A. Pelat, sebagai material baja untuk membangun kapal
- B. Balok berpenampang bujur sangkar biasanya digunakan untuk balok-balok tinggi, lunas, dan lain-lain.
- C. Profil penampang bulat pada umumnya digunakan untuk topang-topang yang kecil, balok untuk pegangan tangan
- D. Profil setengah bulat pada umumnya dipakai pada tepi-tepi pelat sehingga pelat tersebut tidak tajam ujung tepinya, misalnya, pada tepi ambang palkah

- E. Profil siku sama kaki digunakan penebalan pelat atau penguatan-penguatan
- F. Profil siku gembung (bulb) merupakan profil siku yang salah satu sisinya diperkuat dengan pembesaran tepi sampai menggebu
- G. Profil U adalah profil yang mempunyai kekuatan besar daripada profil siku gebu. Profil ini digunakan untuk kekuatan konstruksi yang lebih besar daripada yang disyaratkan.
- H. Profil berbentuk penampang Z sama dengan profil U dalam hal bentuknya, tetapi salah satu sisi dibalik
- I. Profil H dan I adalah profil yang sangat kuat, tetapi tidak digunakan secara umum, profil ini dipasang pada konstruksi yang memerlukan kekuatan khusus
- J. Profil T adalah yang digunakan untuk keperluan khusus. Misalnya, untuk penumpang geladak dan sebagai lunas pada kapal-kapal kecil.
- K. Profil T gebu adalah profil yang mempunyai kekuatan lebih besar daripada profil T. diperlihatkan
- L. Profil gebu adalah profil yang salah satu ujungnya dibuat gebu dan digunakan untuk penguatan pelat



Gambar 2.0 Profil-Profil Umum Konstruksi Kapal Baja

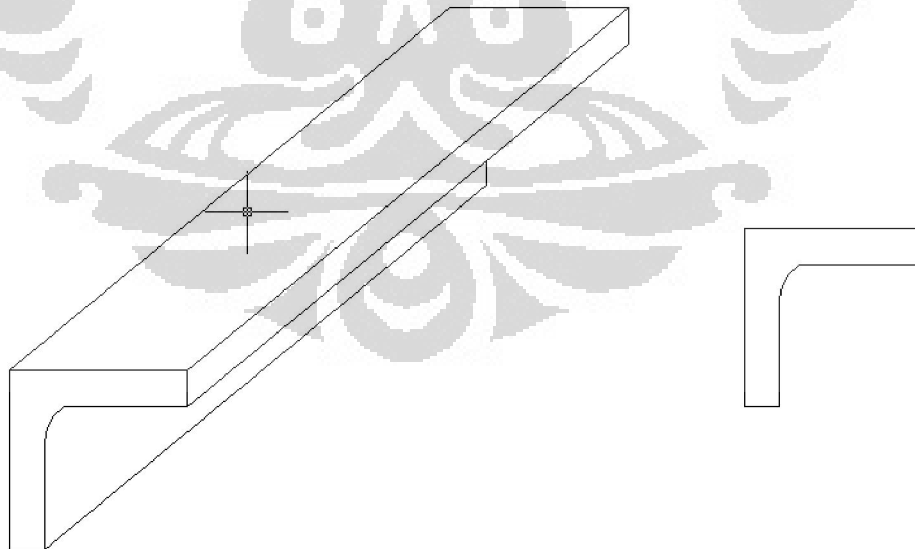
2.2 Konstruksi Profil Tanpa Bending Dan Rolling

2.2.1 Konstruksi Profil L Fabricated Dan Buatan

a. Konstruksi Profil L Fabricated

Berdasarkan buku Teknologi Pengelasan Logam yang ditulis Prof.Dr.Ir. Harsono Wiryosumarto dan Prof.Dr.Ir. Toshie Okumura bahwa profil L fabricated untuk kapal baja merupakan profil jadi yang memang sudah dibentuk oleh pabrikan material baja berbentuk siku L. Prosesnya adalah melalui cetakan baja, tanpa ada sambungan oleh lasan atau proses pembengkokan. Profil jenis ini adalah profil yang diakui oleh BKI karena memiliki kualitas yang baik karena tidak melalui proses bending dan welding.

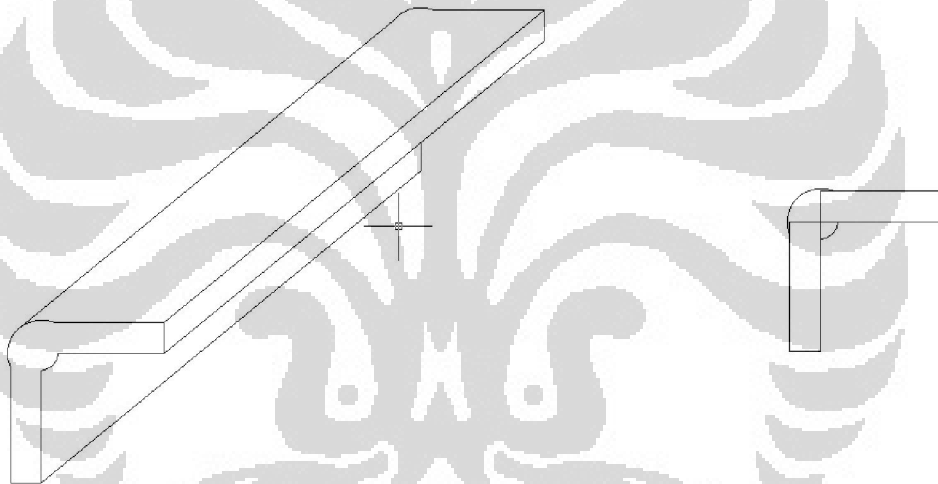
Profil L fabricated dibuat untuk banyak berbagai keperluan, bangunan darat dan bangunan laut. Khusus untuk bangunan laut (marine flat), profil ini memiliki bentuk khusus, yaitu panjang sisi-sisinya yang tidak sama. Dari segi financial, profil jenis ini mahal harganya dibanding dengan profil hasil welding dan hasil bending. Tetapi berdasarkan peraturan BKI tahun 2006 tentang konstruksi kapal baja mewajibkan galangan untuk memakai profil jenis ini. Terkadang ada juga galangan yang semena-mena membuat profil sendiri tanpa persetujuan Class pada saat reparasi kapal.



Gambar 2.1 Profil L fabricated

b. Konstruksi Profil L Buatan

Berdasarkan BKI 2009, profil L hasil welding merupakan profil L konstruksi buatan dengan melakukan penyambungan hasil pengelasan tersendiri. Profil konstruksi ini tidak fabricated dan bukan hasil bending, artinya profil ini dibuat dengan pihak-pihak galangan tanpa persetujuan Class. Profil jenis ini adalah profil yang tidak ada dalam rules Class atau BKI. Profil ini dibuat sedemikian rupa oleh pihak galangan saat reparasi kapal-kapal dalam keadaan darurat jika persediaan profil fabricated telah habis atau memang tindakan pihak galangan sendiri untuk menghemat anggaran belanja material mereka. Terkadang jika diketahui pihak Class pun, mereka menyetujui jika kekuatan material diperhitungkan secara baik.



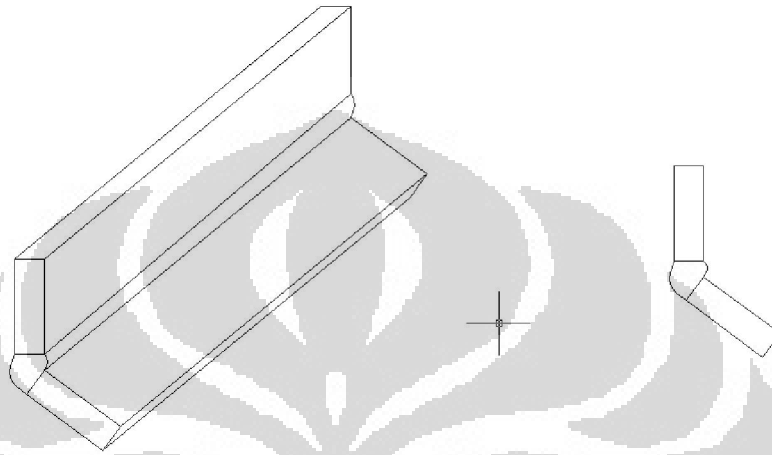
Gambar 2.2 Profil L Buatan Hasil Welding

2.2.2 Konstruksi Knuckle Buatan

a. Konstruksi Knuckle Buatan (Weld)

Berdasarkan buku Ship Construction yang ditulis Butterworth Heinemann, merupakan profil yang dibuat hanya berdasarkan lasan, dan biasanya digunakan bukan untuk profil melainkan untuk penyambungan antar pelat untuk lambung. Konstruksi Knuckle buatan ini membentuk sudut tumpul, berbeda dengan konstruksi antar pelat di lambung 180° , Dari segi mechanical properties kekuatan profil ini lebih kuat dan relatif ringan untuk

menyokong persambungan antar pelat lambung. Tetapi jika dibuat membentuk sudut untuk menyambung sangat tidak cocok untuk dibentuk profil karena menyebabkan lebih cepat korosi, kekuatan profil buatan knuckle menjadi berkurang. Kekuatan patah (Ultimate tensile strength) lebih tinggi dari yang dengan memakai round bar.

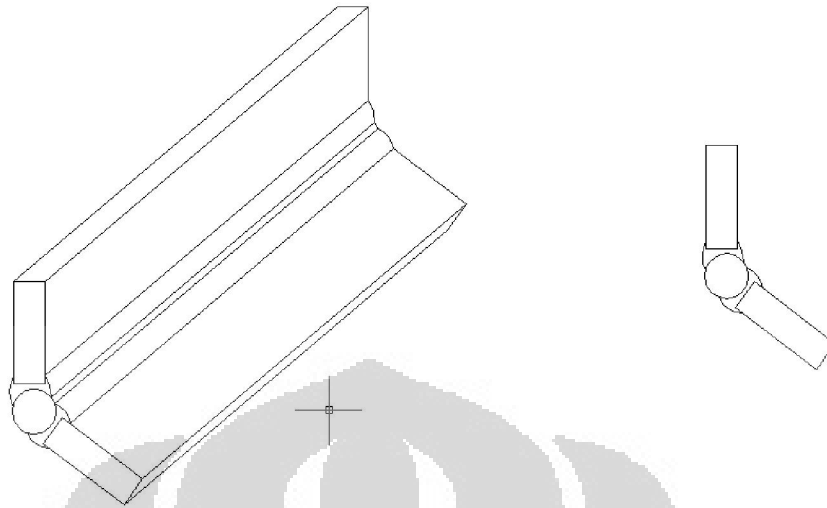


Gambar 2.3 Profil Knuckle Welding

b. Konstruksi Knuckle Buatan Dengan Round Bar

Berdasarkan buku Teknologi Pengelasan Logam yang ditulis Prof.Dr.Ir. Harsono Wiryosumarto dan Prof.Dr.Ir. Toshie Okumura bahwa profil ini dapat dibuat dan umumnya dipakai pada tug boat dan barge karena struktur konstruksi knuckle membentuk sisi lambung menjadi lebih kuat daripada konstruksi pelat welding langsung.

Konstruksi profil knuckle merupakan sejenis profil berbentuk horizontal dengan konstruksi tambahan round bar yang di welding sehingga berbentuk huruf I. Konstruksi ini masih jarang dipakai, karena seumumnya kapal-kapal masih menggunakan profil konstruksi L atau T. Dengan menggunakan profil konstruksi ini diharapkan mampu meminimalisir proses bending dan rolling untuk pembangunan maupun reparasi kapal. Dari segi kekuatan dan mechanical properties juga diharapkan mampu menopang berat kapal menjadi lebih relative ringan daripada menggunakan profil konstruksi yang seumumnya dipakai



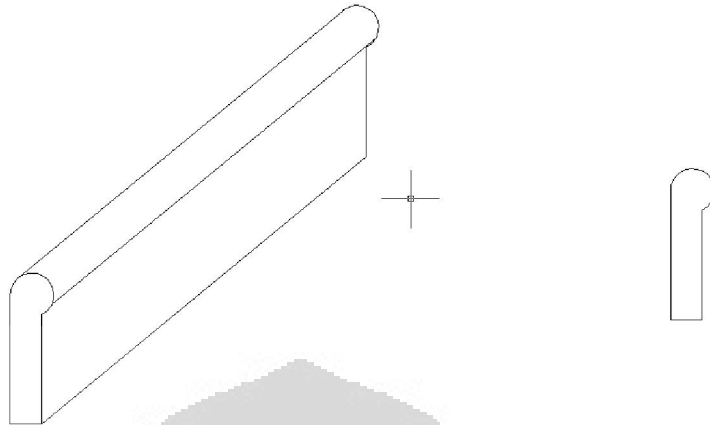
Gambar 2.4 Profil gabungan knuckle dan round bar buatan

2.2.3 *Konstruksi Bulb Fabricated Dan Buatan*

a. *Konstruksi Bulb Fabricated*

Berdasarkan buku Teknologi Pengelasan Kapal yang ditulis Heri Sunaryo bahwa profil Bulb fabricated untuk kapal baja merupakan profil dengan bentuk setengah lingkaran di atasnya. Fungsi profil ini sama dengan profil L siku biasa sebagai penopang kekuatan konstruksi kapal baja. Prosesnya adalah melalui cetakan baja dengan setengah round bar, tanpa ada sambungan oleh lasan atau proses pembengkokan.

Profil jenis ini juga diakui oleh BKI karena memiliki kualitas yang baik karena tidak melalui proses bending dan welding. Dari segi financial, profil jenis ini mahal harganya dibanding dengan profil buatan hasil welding dan hasil bending. Profil jenis ini masih sangat jarang dipakai di kapal baja, karena seumumnya memakai profil L siku. Kekuatan profil ini sama halnya dengan bentuk profil L siku fabricated, hanya berbeda dari segi bentuk.



Gambar 2.5 Profil Bulb Fabricated

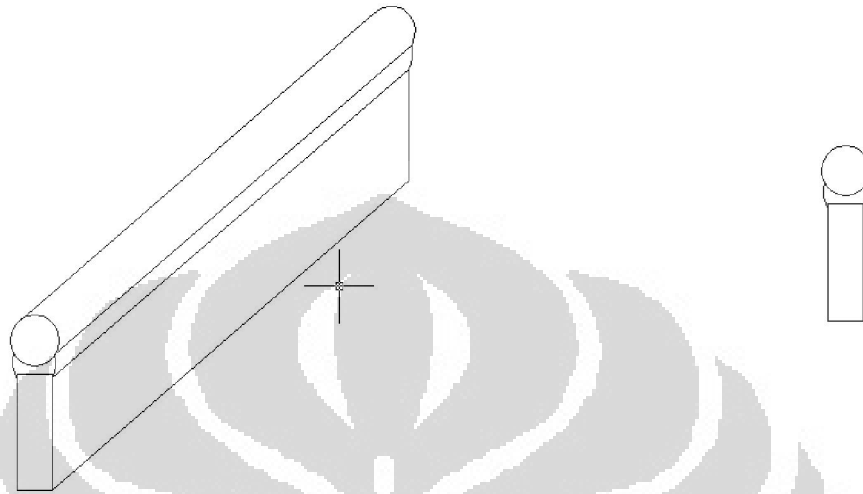
b. Konstruksi Bulb Buatan Dengan Round Bar

Berdasarkan buku Teknologi Pengelasan Kapal yang ditulis Heri Sunaryo kalau untuk profil Bulb fabricated untuk kapal baja merupakan profil dengan bentuk setengah lingkaran di atasnya. Tetapi untuk profil bulb buatan ini pembentukannya dengan pengelasan menggabungkan material round bar. Fungsi profil ini sama dengan profil bulb fabricated sebagai penopang kekuatan konstruksi kapal baja. Prosesnya adalah melalui cetakan baja dengan round bar, dengan adanya sambungan oleh lasan

Profil buatan jenis ini juga memiliki kualitas yang baik karena tidak melalui proses bending dan welding walaupun belum approve oleh pihak Class. Dari segi financial, profil jenis ini sangat simple dan mudah pembuatannya. Tetapi profil jenis ini masih sangat jarang dipakai di kapal baja, karena seumumnya memakai profil L siku. Kekuatan profil ini sama halnya dengan bentuk profil bulb fabricated, hanya berbeda dari segi bentuk penuh round bar dan adanya pengelasan pada penyambungan pelat dan round bar.

Berdasarkan Weight List salah satu perusahaan material PT. Baja Marga Kharisma Utama, round bar dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan, misalnya untuk penggunaan umum (bubut), perbaikan kapal, otomotif, komponen alat berat dan berbagai macam fabrikasi yang lain. Ada berbagai macam grade pada besi As ini,

grade yang paling banyak digunakan masyarakat, yaitu : As S45C, As SCM440, dan berbagai macam As Non-Grade.



Gambar 2.6 Profil Bulb Buatan (Round Bar)

Tabel 1.1 Chemical Requirements

C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	N
0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	18.00-20.00	8.00-10.50	-	0.10

Tabel 1.2 Mechanical Properties

Diameter	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation	Reduction of Area	Hardness
mm	(min) MPa	(min) MPa	(min) %	(min) %	(max) HB
≤12.7	310	620	30	40	
>12.7	205	515	30	40	

Rumus Perhitungan Berat As (Round Bar)

$$\text{Berat} = (\text{diameter} \times \text{diameter} \times \text{panjang} \times 0.00625) / 100$$

SQUARE AND ROUND BARS

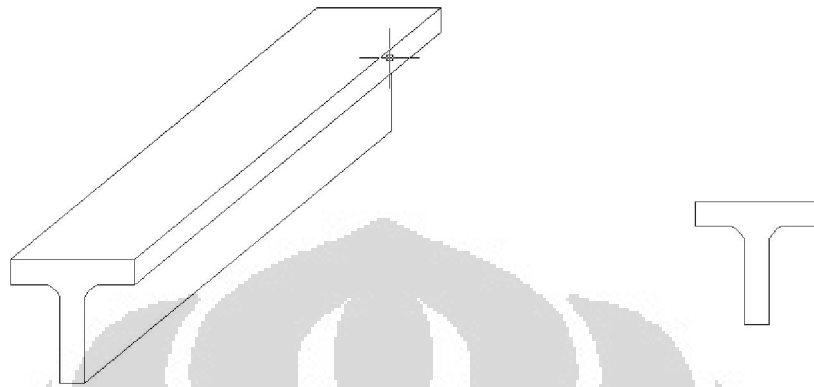
0.7843 kg/cm per meter or | (cft) cubic foot of steel=490 lbs

Diameter or Width (mm)	Weight per meter		Sectional Area		Perimeter	
	Square (kg)	Round (kg)	Square (cm ²)	Round (cm ²)	Square (cm)	Round (cm)
5.0	0.20	0.15	0.25	0.20	2.0	1.57
5.5	0.24	0.19	0.30	0.24	2.2	1.78
6.0	0.28	0.22	0.36	0.28	2.4	1.88
7.0	0.38	0.30	0.49	0.38	2.8	2.20
8.0	0.50	0.39	0.64	0.50	3.2	2.51
9.0	0.64	0.50	0.81	0.64	3.6	2.83
10	0.73	0.63	1.00	0.79	4.0	3.14
11	0.95	0.75	1.21	0.95	4.4	3.46
12	1.13	0.89	1.44	1.13	4.8	3.77
14	1.54	1.21	1.96	1.54	5.6	4.40
16	2.01	1.58	2.56	2.01	6.4	5.03
18	2.54	2.00	3.24	2.54	7.2	5.65
20	3.14	2.47	4.00	3.14	8.0	6.28
22	3.80	2.98	4.84	3.80	8.8	6.91
25	4.91	3.85	6.25	4.91	10.0	7.85
28	6.15	4.83	7.84	6.16	11.2	8.80
32	8.04	6.31	10.24	8.04	12.8	10.05
36	10.17	7.99	12.96	10.18	14.4	11.31
40	12.56	9.86	16.00	12.57	16.0	12.57
45	15.90	12.49	20.25	15.90	18.0	14.14
50	19.62	15.41	25.00	19.64	20.0	15.71
56	24.62	19.34	31.36	24.63	22.4	17.59
63	31.16	24.47	36.69	31.17	25.2	19.79
71	39.57	31.08	50.41	39.59	28.4	22.31
80	50.24	39.46	64.00	50.27	32.0	25.13

Tabel 2.3 Square and round bar

2.2.4 Konstruksi Profil T Fabricated Dan T Buatan

a. Konstruksi Profil T Fabricated



Gambar 2.7 Profil T Fabricated

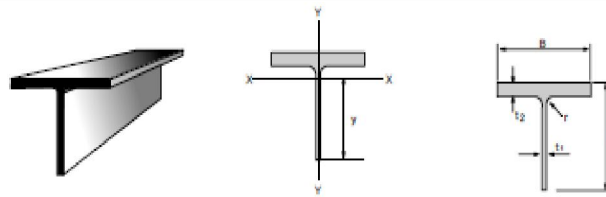
Profil T merupakan penegar-penegar sebagai penguat pelat lambung kapal. Web frame berfungsi sebagai penerus gaya-gaya atau beban yang diterima oleh pelat sisi untuk disalurkan ke konstruksi dasar, terutama pada sistem rangka konstruksi melintang pada kapal baja.

Berdasarkan Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja untuk SMK yang ditulis Indra Kusna Djaya, profil T merupakan profil konstruksi seperti huruf T berbentuk memanjang maupun melintang menopang pola web frame pada lambung kapal. Profil T adalah yang digunakan untuk keperluan khusus dan memiliki kekuatan yang lebih besar. Misalnya, untuk penumpu geladak dan penopang web frame. Bagian-bagian dari profil T ini terdiri dari bagian web plate dan face plate.

Web plate adalah bagian penegak bawah konstruksi profil T bentuk vertikal. Face plate adalah bentuk bagian bawah konstruksi profil T berbentuk horizontal di atas web plate. Di bawah ini merupakan produksi plat T marine salah satu perusahaan baja (web and face plate) PT.Gunung Garuda Steel Group:

T-Beam

Product Specifications



Metric Size

Sectional Index	Standard Sectional Dimension					Sectional Area A	Unit Weight kg/m	Informative Reference						
	Depth of Section	Width of Section	Thickness		Corner Radius			Center of Gravity	Geometrical Moment of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
	H	B	t ₁	t ₂	r			y	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	mm	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³		
T 50 x 100	50	100	6	8	10	10.95	8.6	40	16	67	1.2	2.47	4	13.4
T 62.5 x 125	62.5	125	6.5	9	10	15.16	11.9	50.8	35	147	1.51	3.11	6.9	23.5
T 75 x 75	75	75	5	7	8	8.93	7	57	42	25	2.18	1.67	7.4	6.6
T 75 x 150	75	150	7	10	11	20.07	15.75	61.3	68	282	1.81	3.75	10.8	37.6
T 100 x 100	100	100	5.5	8	11	13.58	10.85	71.7	114	67	2.9	2.22	14.8	13.4
T 99 x 100	99	100	4.5	7	11	11.59	9.1	78.1	94	58	2.84	2.25	12	11.7
T 87.5 x 175	87.5	175	7.5	11	12	25.81	20.1	72	114	492	2.11	4.38	15.8	56.2
T 100 x 200	100	200	8	12	13	31.77	24.95	82.7	184	801	2.41	5.02	22.2	80.1
T 125 x 125	125	125	6	9	12	18.83	14.8	97.2	248	147	3.63	2.79	25.5	23.5
T 124 x 124	124	124	5	8	12	18.34	12.85	97.7	207	127	3.56	2.79	21.2	20.5
T 125 x 250	125	250	9	14	16	48.09	36.2	104.2	411	1825	2.98	6.29	30.4	146
T 150 x 150	150	150	6.5	9	13	23.39	18.35	115.9	463	254	4.45	3.29	30.9	33.8
T 149 x 149	149	149	5.5	8	13	20.4	16	116.4	393	221	4.39	3.29	33.7	29.6
T 150 x 300	150	300	10	15	18	59.9	47	125.3	796	3378	3.84	7.51	63.5	225.2
T 175 x 175	175	175	7	11	14	31.57	24.8	137.5	614	492	5.08	3.95	59.2	56.3
T 173 x 174	173	174	6	9	14	28.34	20.7	138	678	396	5.07	3.88	49.9	45.5
T 175 x 350	175	350	12	19	20	86.95	68.95	146.4	1515	6794	4.17	8.94	103.5	388.2
T 200 x 200	200	200	8	13	16	42.06	33	157.7	1395	868	5.76	4.54	88.5	86.8
T 198 x 199	198	199	7	11	16	38.08	28.3	158.3	1193	723	5.75	4.48	78.3	72.7
T 200 x 400	200	400	13	21	22	109.35	86	167.9	2470	11207	4.75	10.12	147.1	560.4
T 225 x 200	225	200	9	14	18	49.38	38	173.5	2155	936	6.67	4.4	124.2	93.6
T 250 x 200	250	200	10	16	20	57.1	44.8	190.5	3210	1071	7.5	4.33	168.5	107.1
T 300 x 200	300	200	11	17	22	67.2	53	221.6	5786	1139	9.29	4.12	261.9	113.9
T 294 x 300	294	300	12	20	28	98.25	75.5	233.2	6895	4509	8.34	6.84	295.3	300.6
T 350 x 300	350	300	13	24	28	117.75	92.5	274.5	12015	5412	10.1	6.78	447.3	360.8
T 400 x 300	400	300	14	26	28	133.7	105	308.3	18787	5866	11.85	6.62	609.5	391.1

Note :

- Material Specification refer to Wide Flange Shape.

- Tolerance H = ± 2mm.

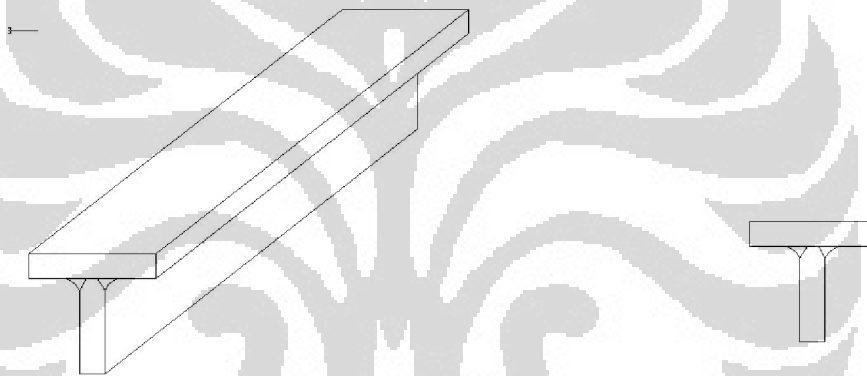
Tabel 2.4 Product specification of T Profile

b. Konstruksi Profil T Buatan (Weld)

Profil T buatan ini mempunyai fungsional sama dengan profil T fabricated untuk penegar-penegar sebagai penguat pelat lambung kapal. Web frame berfungsi sebagai penerus gaya-gaya atau beban yang diterima oleh pelat sisi untuk disalurkan ke konstruksi dasar, terutama pada sistem rangka konstruksi melintang.

Profil buatan jenis ini juga memiliki kualitas yang baik karena tidak melalui proses bending dan welding walaupun belum approve oleh pihak Class. Dari segi financial, profil jenis ini sangat cepat simple dan mudah pembuatannya. Kekuatan profil ini sama halnya dengan bentuk profil T fabricated, hanya berbeda dari segi bentuk adanya pengelasan pada penyambungan web plate dan face plate.

Berdasarkan Buku Teknik Konstruksi Kapal Baja untuk SMK yang ditulis Indra Kusna Djaya, profil T merupakan profil konstruksi seperti huruf T berbentuk memanjang maupun melintang menopang pola web frame pada lambung kapal. Begitupun profil T buatan juga sama secara fungsional,



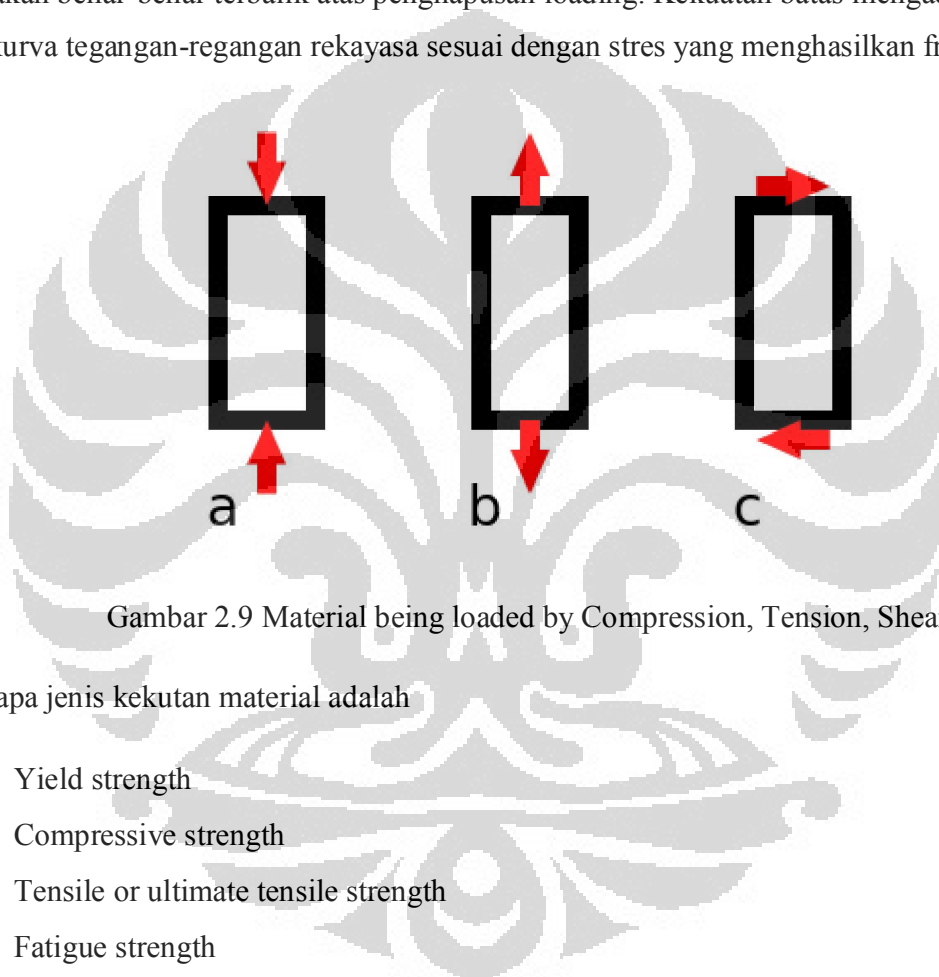
Gambar 2.8 Profil T Buatan (Weld)

2.3 Mechanical Properties Profil

2.3.1 Kekuatan (Strengthness)

Kekuatan material adalah kemampuan sebuah material untuk dapat menahan tekanan yang diberikan tanpa mengalami kegagalan/failure. Bidang kekuatan bahan berkaitan dengan beban, deformasi dan gaya yang bekerja pada suatu material. Sebuah beban yang diterapkan kepada anggota mekanis akan mendorong kekuatan internal di dalam anggota yang disebut stress. Tekanan yang bekerja pada material menyebabkan deformasi pada diri material tersebut. Deformasi dari bahan disebut regangan, sedangkan intensitas dari kekuatan-kekuatan internal yang disebut stres.

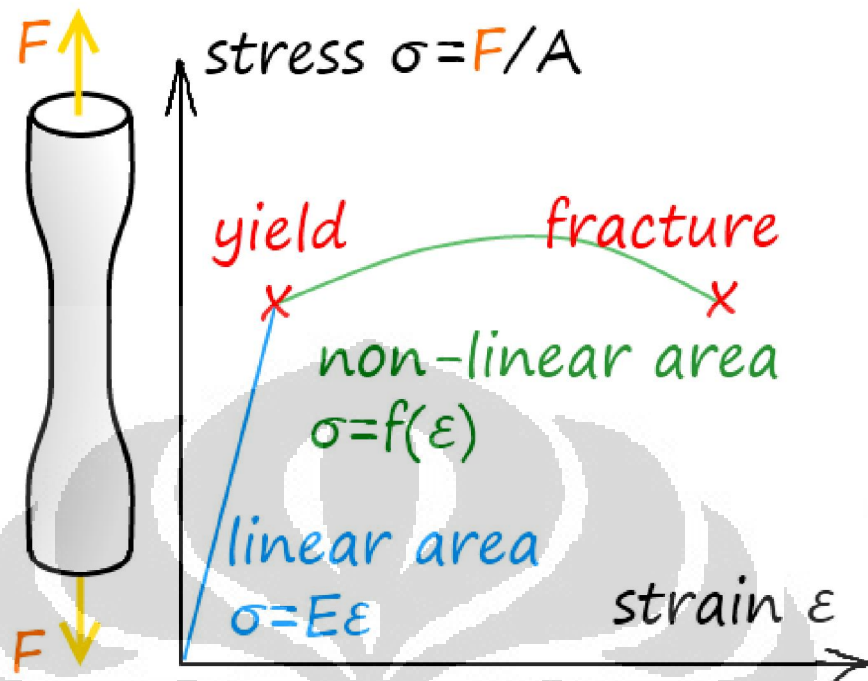
Tegangan yang diterapkan mungkin berupa tarik, tekan, atau geser. Kekuatan bahan bergantung pada tiga jenis metode analisis: kekuatan, kekakuan dan stabilitas, di mana kekuatan mengacu pada beban daya dukung, kekakuan mengacu pada deformasi atau perpanjangan, dan stabilitas mengacu pada kemampuan untuk mempertahankan konfigurasi awal. Yields Strength material mengacu pada titik pada kurva tegangan-regangan teknik (sebagai lawan benar kurva tegangan-regangan) di luar material mengalami deformasi yang tidak akan benar-benar terbalik atas penghapusan loading. Kekuatan batas mengacu pada titik pada kurva tegangan-regangan rekayasa sesuai dengan stres yang menghasilkan fraktur.



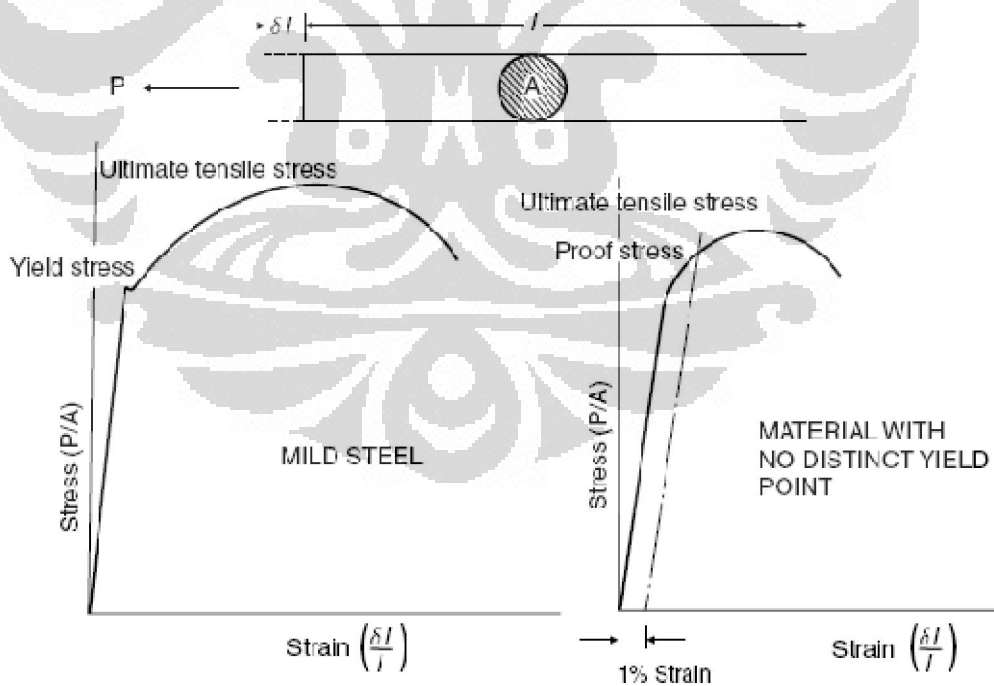
Gambar 2.9 Material being loaded by Compression, Tension, Shear

Beberapa jenis kekuatan material adalah

- Yield strength
- Compressive strength
- Tensile or ultimate tensile strength
- Fatigue strength
- Impact strength

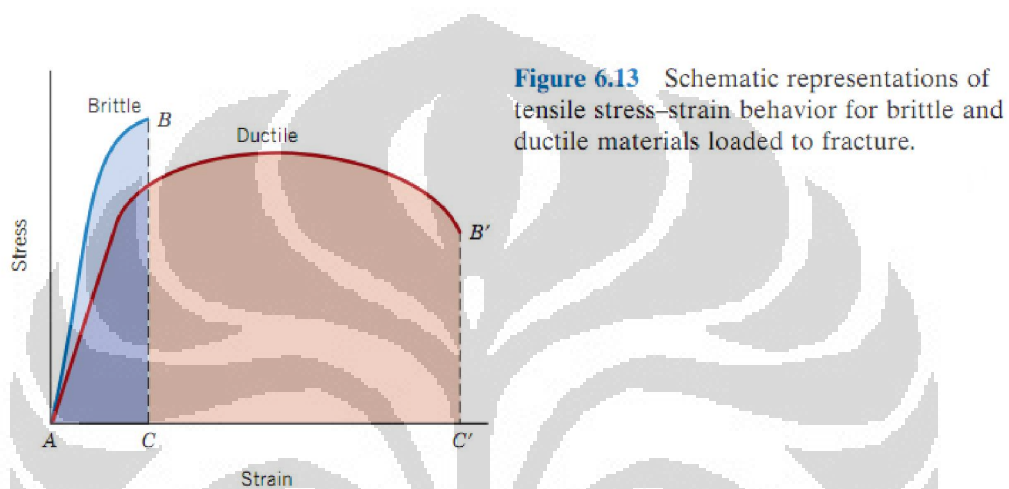


Grafik 2.1 Basic Static Response of a Specimen Under Tension



Grafik 2.2 Mild steel dan material tanpa yield point

Kelenturan adalah salah satu mechanical properties yang penting. Kelenturan tersebut adalah ukuran derajat deformasi plastis yang terjadi secara terus menerus (sustain) pada beba. Material yang mengalami sedikit atau bahkan tidak ada deformasi plastis menjelang patah, disebut getas (brittle). Sifat tensile stress-strain pada kedua jenis material, baik yang getas maupun lentur secara schematic terlihat pada figure 6.13.



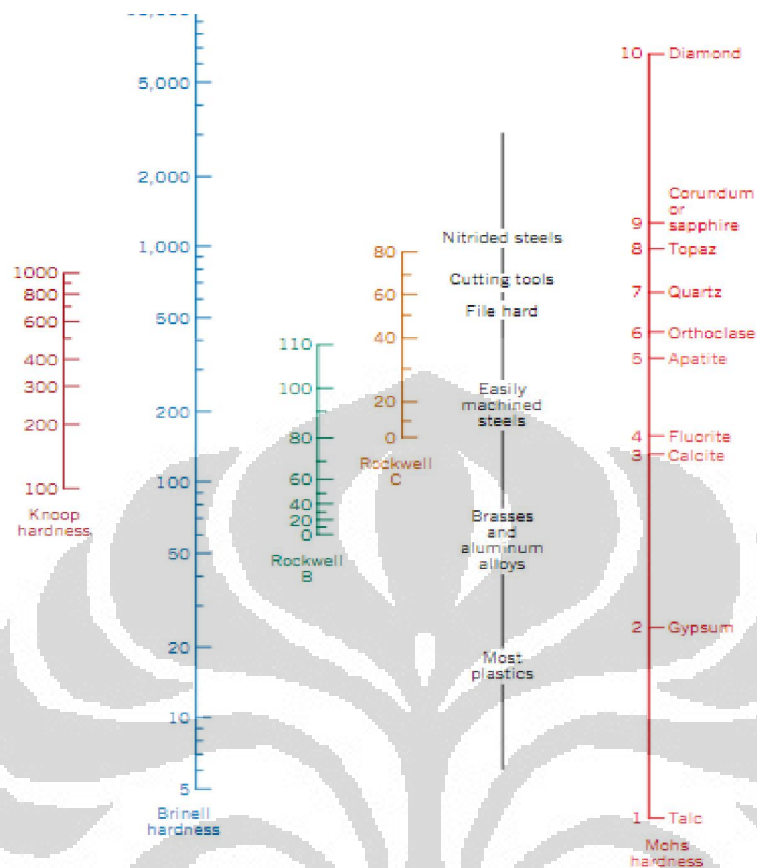
Grafik 2.3 Tensile stress-strain behavior for brittle and ductile material loaded to fracture

Kelenturan (ductility) diformulasikan secara kuantitatif sebagai persentasi elongasi atau persentasi dari area tereduksi. Persentasi elongasi %EL adalah persentasi plastic strain at fracture, atau :

$$\%EL = \left(\frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100 \quad (6.11)$$

2.3.2 Kekerasan (Hardness)

Kekerasan material adalah ukuran ketahanan material terhadap deformasi plastic yang terlokalisasi. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur kekerasan material yaitu Rockwell hardness Tests, brinell hardness tests, dan Knopp and Vickers Microindentation hardness tests.



Gambar 2.10 Comparison of several hardness test scales
(Adapted from G.F. Kinney Engineering Properties and Applications of Plastics)

2.3.3 Struktur Mikro (*Microstructure*)

Tujuan menjalankan uji struktur mikro adalah menganalisa struktur mikro dan sifat-sifatnya, mengenali fasa-fasa dalam struktur mikro, Mengetahui pengambilan foto mikrostruktur. Dalam hal ini metalografi merupakan disiplin ilmu yang mempelajari karakteristik mikrostruktur suatu logam dan paduannya serta hubungannya dengan sifat-sifat logam dan paduannya tersebut. Ada beberapa metode yang dipakai yaitu : mikroskop (optik maupun elektron), difraksi (sinar-X, elektron dan neutron), analisis (X-ray fluoresence, elektron mikroprobe) dan juga stereometric metalografi. Pada praktikum metalografi ini digunakan metode mikroskop, sehingga pemahaman akan cara kerja mikroskop, baik optik maupun elektron perlu diketahui.

Pengamatan metalografi dengan mikroskop dapat dibagi dua, yaitu :

- a. Metalografi makro, yaitu pengamatan struktur pembesaran 10 – 100 kali
- b. Metalografi mikro, yaitu pengamatan struktur pembesaran di atas 100 kali

2.4 Peraturan Badan Klasifikasi Indonesia

Biro Klasifikasi Indonesia merupakan Badan Usaha Milik Negara yang berbentuk Perseroan Terbatas yang didirikan dengan tugas untuk mendukung kemandirian industri perkapalan dan pelayaran nasional melalui pelayaran nasional melalui pelayanan jasa klasifikasi dan jasa-jasa terkait. BKI dalam pelayanan jasanya melakukan riset dan mempublikasikan serta menerapkan standar teknik (Rules & Regulation) dengan melakukan kegiatan desain, konstruksi dan survey maritim terkait dengan fasilitas terapung, termasuk kapal.

Standar ini disusun dan dikeluarkan oleh BKI sebagai publikasi teknik. Rules & Regulation yang dikembangkan tidak hanya struktur konstruksi lambung, namun juga meliputi peralatan keselamatan, instalasi permesinan dan kelistrikan, serta konstruksi yang diterapkan pada suatu kapal termasuk juga profil plat apa saja yang dipasang.

BKI dalam pelayanan jasanya melakukan riset dan mempublikasikan serta menerapkan standar teknik (Rules & Regulation) dengan melakukan kegiatan desain, konstruksi dan survey maritim terkait dengan fasilitas terapung, termasuk kapal. Standar ini disusun dan dikeluarkan oleh BKI sebagai publikasi teknik. Rules & Regulation yang dikembangkan tidak hanya struktur konstruksi lambung, namun juga meliputi peralatan keselamatan, instalasi permesinan dan kelistrikan.

Lingkup kerja dari BKI adalah melaksanakan survey dan sertifikasi untuk menjamin bahwa Rules & Regulation yang telah dikembangkan, diterapkan pada saat pembangunan kapal baru dan kapal yang sudah jadi. Untuk mempertahankan kondisi kapal tersebut, maka dalam prosesnya kapal diharuskan melakukan perawatan dan perbaikan yang terjadwal, dimana pelaksanaan ini akan dimonitor terus oleh BKI dengan melakukan survey periodik dalam mempertahankan klasifikasinya. Penilaian kondisi kapal dilakukan berdasarkan survey yang profesional dan independen oleh surveyor klasifikasi yang memiliki kompetensi dalam melakukan penilaian kondisi kapal. Hasil dari pemeriksaan dan penilaian ini berupa laporan dan sertifikat yang dijadikan acuan oleh pihak-pihak yang berkepentingan, antara lain

Pemilik Kapal, Pihak Asuransi, Pemilik Cargo, Pencharter, Galangan Kapal, Pemerintah / Syahbandar / PSC dll.

Dalam melaksanakan proses klasifikasi, BKI mengimplementasikan Peraturan Teknik, meliputi:

- a. Evaluasi teknis terhadap rencana desain dan dokumen yang berkaitan dengan kapal yang akan dibangun untuk memeriksa pemenuhan terhadap peraturan yang berlaku
- b. Melaksanakan survey dan pemeriksaan proses konstruksi kapal di galangan kapal oleh surveyor klasifikasi dan juga pemeriksaan pada fasilitas produksi yang menghasilkan komponen utama kapal, seperti pelat baja, permesinan, generator, propeler dll untuk menjamin bahwa kapal dan komponennya dibangun sesuai dengan persyaratan klasifikasi
- c. Pada saat selesainya pembangunan tersebut diatas dan berdasarkan laporan hasil pemeriksaan selama pembangunan, bila seluruh persyaratan dipenuhi, maka BKI akan menerbitkan sertifikat klasifikasi
- d. Pada saat kapal tersebut beroperasi / berlayar, pemilik kapal harus mengikuti program survey periodik dan diluar survey periodik untuk memeriksa kondisi kapal tersebut agar tetap sesuai dengan kondisi dan persyaratan untuk mempertahankan klasifikasinya;

Secara keseluruhan BKI telah membagi peraturan secara keseluruhan kedalam 40 jenis spesifik peraturan yang masing-masing telah mempunyai lingkup pengawasannya. Peraturan-peraturan tersebut dilampirkan seperti dibawah ini :

No	Items	Edition
1	Guidelines for The Construction and Classification/Certification of Floating, Production, Storage and Off-Loading (FPSO)	2011
2	Rules for Classification and Surveys (Vol I)	2011
3	Rules for Structures (Vol II)	2011
4	Rules for Specific Type of Units and Equipment (Vol III)	2011
5	Rules for Machinery Installations (Vol IV)	2011
6	Rules for Electrical Installations (Vol V)	2011
7	Rules for Mobile Offshore Units (Vol VI)	2011
8	Rules for Fixed Offshore Installations (Vol VII)	2011
9	Rules for Dynamics System	2011
10	Guidelines for Machinery Conditioning Monitoring	2011
11	Guidelines for The Environmental Service System	2011
12	RULES FOR CLASSIFICATION AND SURVEYS (VOLUME I)	2010
13	RULES FOR WELDING (VOLUME VI)	2010
14	RULES FOR AUTOMATION (VOLUME VII)	2010
15	RULES FOR HULL (VOLUME II)	2009

16	RULES FOR MATERIALS (VOLUME V)	2009
17	RULES FOR MACHINERY INSTALLATIONS (VOLUME III)	2009
18	Rules for Approval of Manufacturers and Service Suppliers	2008
19	RULES FOR ELETRICAL INSTALLATIONS (VOLUME IV)	2007
20	RULES FOR NON METALLIC MATERIALS	2006
21	RULES FOR SHIPS CARRYING LIQUEFIED GASES IN BULK (VOLUME IX)	2005
22	RULES FOR FISHING VESSELS	2003
23	Rules for The Classification and Construction of Offshore Installations (Volume 5 : Rules For Electrical Installations)	2002
24	RULES FOR SHIPS CARRYING DANGEROUS CHEMICALS IN BULK (VOLUME X)	2002
25	Rules for The Classification and Construction of Offshore Installations (Volume 3 : Rules For Specific Type of Units and Equipment)	2002
26	Rules for the Classification and Construction of Offshore Installations (Volume 2 : Rules for Structure)	2002
27	Rules for The Classification and Construction of Offshore Installations (Volume 1 : Rules For Classification and Survey)	2002
28	RULES FOR FLOATING DOCKS	2002
29	RULES FOR MOORING AND LOADING INSTALLATIONS	2002
30	Rules for The Classification and Construction of Offshore Installations (Volume 4 : Rules For Machinery Installations)	2002
31	RULES FOR REFRIGERATING INSTALLATIONS VOLUME(VIII)	2001
32	Rules for The Classification and Construction of High Speed Craft	2000
33	RULES FOR STOWAGE AND LASHING OF CONTAINERS	1999
34	RULES FOR MOBILE OFFSHORE DRILLING UNITS AND SPECIAL PURPOSE UNITS	1999
35	RULES FIBREGLASS REINFORCED PLASTIC VESSELS	1996
36	Rules for Inland Waterway vessels Chapter 3 - Electrical Installation	1996
37	RULES FOR HIGH SPEED VESSELS	1996
38	Rules for Inland Waterway vessels Chapter 1 - Hull Constructions	1996
39	PERATURAN KAPAL KAYU	1996
40	Rules for Inland Waterway vessels Chapter 2 - Machinery Installations	1996

Tabel 1.5 BKI Specific Rules

2.4.1 Peraturan Badan Klasifikasi Tentang Material

Semua material yang digunakan untuk struktur kapal harus sesuai dalam Peraturan Konstruksi dan Aturan untuk Bahan, Volume V BKI. Bahan sifat-sifat yang menyimpang dari persyaratan peraturan hanya dapat digunakan atas persetujuan khusus.

Pemilihan material untuk lambung:

- a) Harga material (*cost*)
- b) Berat (*weight*)
- c) Durabilitas (*durability*)
- d) Baja umum digunakan karena memiliki kekuatan yang baik
- e) Aluminium dan campurannya digunakan karena memiliki kemampuan untuk terhindar dari korosi
- f) Kemudahan dalam pengerjaan

Peraturan mengenai material:

- a) Seluruh material harus dimanufaktur dengan teknik yang telah diakui dan memenuhi karakteristik yang dibutuhkan
- b) *need to be approved by BKI or other classification bureau.*
- c) Komposisi kimia material yang digunakan
- d) Bebas dari cacat karena produksi dan *handling* material
- e) Dapat di-las dengan standar teknik pengelasan yang ada (*weldability*)
- f) Biro klasifikasi dapat meminta hasil pengetesan terhadap material yang akan digunakan

2.4.2 Peraturan Badan Klasifikasi Tentang Konstruksi

Berdasarkan “Rules for the Classification and Construction of Seagoing Steel Ships” BKI Rules for Hull Edition 2006 maka peraturan mengenai konstruksi kapal telah diatur oleh BKI dalam beberapa point penting, diantaranya mengenai konstruksi hull/lambung pada kapal. Dilihat dari kekuatan lambung pada kapal, maka ada 2 pengkategorian disini yaitu :

1. Struktur lambung baja dengan kekuatan normal

Terdapat 4 ketentuan penting mengenai hal ini yaitu :

- Struktur lambung baja dengan kekuatan normal adalah struktural baja dengan titik luluh minimum nominal atas R_{eH} dari 235 N/mm² dan R_m kekuatan tarik 400-520 N/mm²
- Faktor bahan k dalam rumus sebagai berikut Bagian yang akan diambil 1,0 untuk lambung kekuatan normal struktural baja.
- Kekuatan normal pada struktur lambung baja dikelompokkan menjadi nilai KI-A, KI-B, KI-D, KI-E, yang berbeda satu sama lainnya dalam sifat ketangguhan mereka. Untuk penerapan individu nilai bagi anggota struktural lambung

2. Struktur lambung baja dengan kekuatan tinggi

Terdapat 4 ketentuan penting mengenai hal ini yaitu :

- Struktur lambung baja dengan kekuatan tinggi merupakan struktur lambung baja yang memiliki hasil dan sifat tarik yang melebihi struktur lambung baja dengan kekuatan normal. Berdasarkan Rules of Material 2006 oleh BKI maka pengkategorian struktur lambung baja kekuatan tinggi yaitu yang memiliki nilai Yield Stress R_{eH} pada nilai 265, 315, 355 and 390 N/mm².
- Berdasarkan sifat ketangguhannya, struktur baja lambung kapal dengan kekuatan tinggi dibedakan menjadi beberapa kelompok :

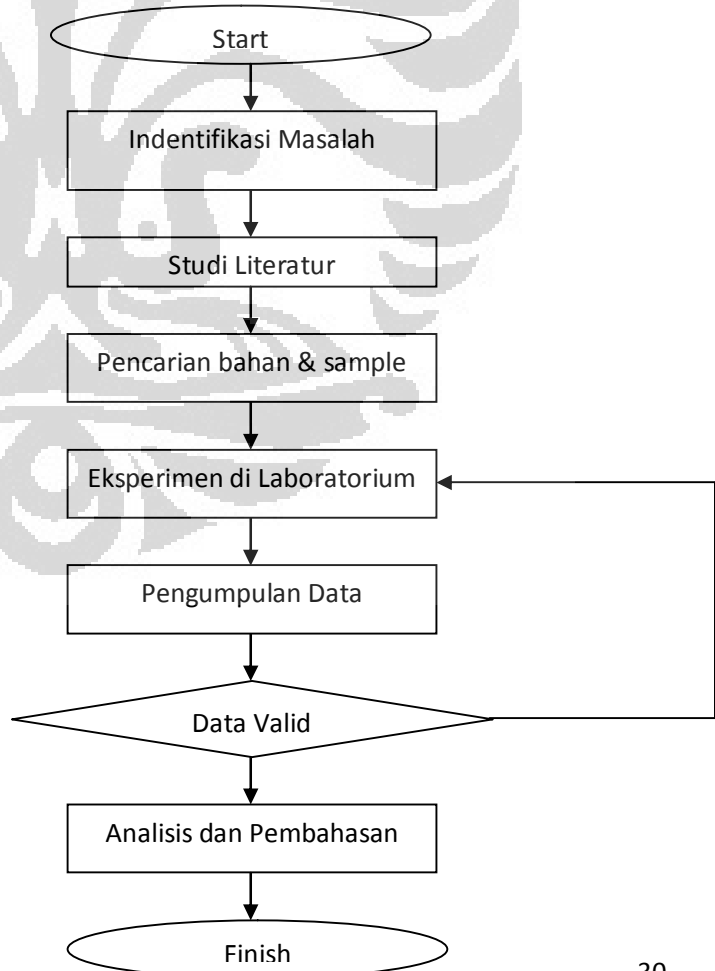
BAB III

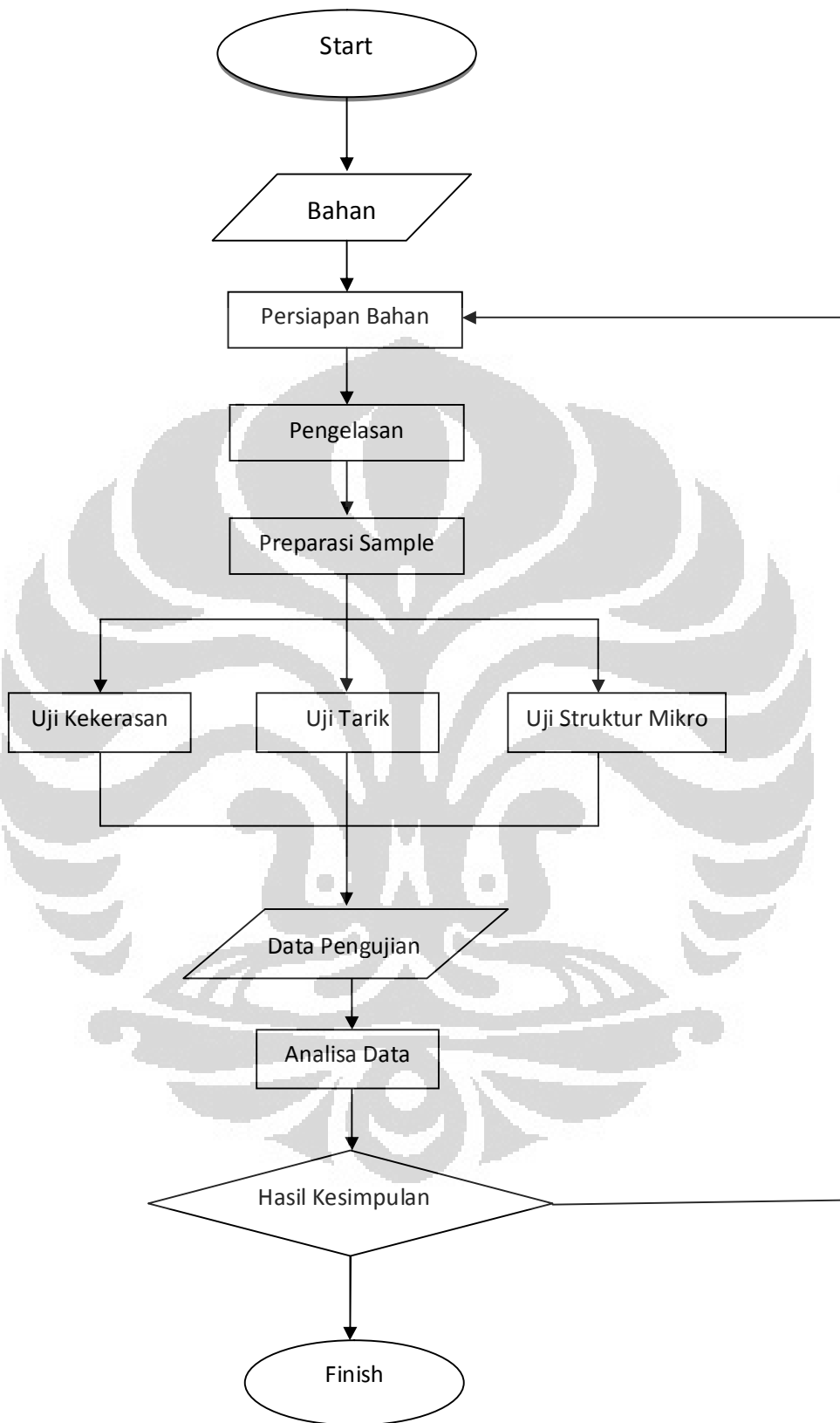
METODOLOGI PENELITIAN

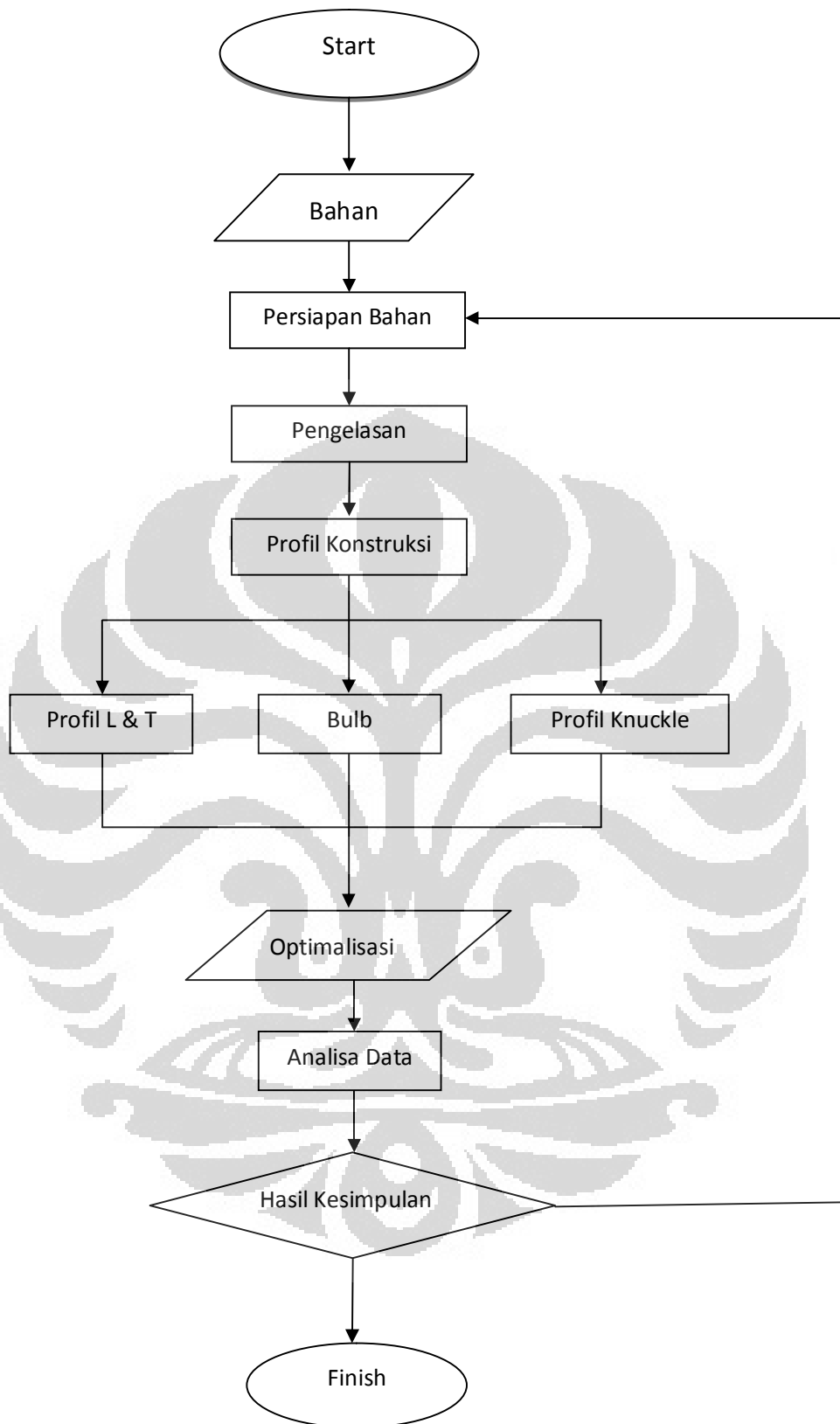
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan antara bulan Mei 2012 dengan menggunakan percobaan eksperimental. Kegiatan penelitian terdiri dari persiapan material dari galangan, pengecekan material, pengawasan standar pembuatan profil konstruksi kapal, pembuatan konstruksi profil L fabricated, profil L hasil welding, profil knuckle, profil T dan pengujian mechanical properties (hardness, strengthness, dan ductility) yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Mekanik Departemen Teknik Mesin dan Laboratorium Metalografi dan NDT Departemen Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Analisis data dilakukan di Laboratorium NDT Departemen Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

3.2 Diagram Alir Penelitian







Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.3 Objek Penelitian

3.3.1 Benda Uji Yang Digunakan

Objek penelitian yang digunakan yaitu Plat 8 mm untuk pembuatan konstruksi profil L fabricated, profil L hasil welding, profil L hasil bending, profil round bar, profil knuckle, dan profil T.

3.3.2 Alat Uji Yang Digunakan

Didalam penelitian ini bahan uji yang digunakan adalah pelat baja ASTM S50 untuk konstruksi profil. Ada 4 buah pelat baja, masing-masing berukuran 35 cm x 20 cm x 8 mm

Beberapa peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a. Amplas, digunakan untuk menghaluskan dan meratakan permukaan benda uji sebelum penelitian (khususnya untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro).
- b. Pasta Poles, digunakan untuk menggosok permukaan benda uji sebelum dilakukan penelitian agar permukaan menjadi bersih. Pasta poles yang digunakan adalah *autosol*.
- c. Bahan Etsa, digunakan untuk membuat struktur permukaan benda tampak jelas. Mengetsas adalah merusak permukaan benda uji dengan cairan tertentu yang sesuai, sehingga strukturnya terlihat dengan jelas. Bahan Etsa yang digunakan adalah Alkohol 96 %, HNO₃ 5 ml (Nital).
- d. Resin dan Hardener, bahan kimia yang digunakan untuk membuat pegangan pada benda uji waktu pengujian kekerasan dan metalografi.
- e. Gergaji, digunakan untuk memotong plat (benda kerja) sesuai dengan ukuran yang diinginkan.
- f. Gerinda, digunakan untuk menghaluskan sisi pada plat setelah dipotong (agar sisi-sisinya tidak tajam).

- g. Mesin Sekrap, yang digunakan untuk pembentukan benda uji tarik
- h. Mesin Las, yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin las asetilin dan mesin las busur listrik dengan arus 60 – 300 A
- i. Alat Uji Kekerasan, Micro Vickers Hardness Tester TH711 (Auto Turrent)



Gambar 3.2 Alat Uji Kekerasan

- j. Alat Uji Struktur Mikro, Olympus Microscope



Gambar 3.3 Mesin poles



Gambar 3.4 Olympus Microscope

- k. Alat Uji Tarik, Servopulser Shimadzu Kapasitas 20 Ton



Gambar 3.5 Alat Uji Tarik Servopulser

3.3.3 Proses Pengelasan Benda Uji

Proses pengelasan pada masing-masing profil konstruksi dilakukan di lahan non galangan di Marunda, Tanjung Priok. Beberapa profil yang dilakukan pengelasan antara lain:

a. Profil L



Gambar 3.6 Cutting Untuk Profil L

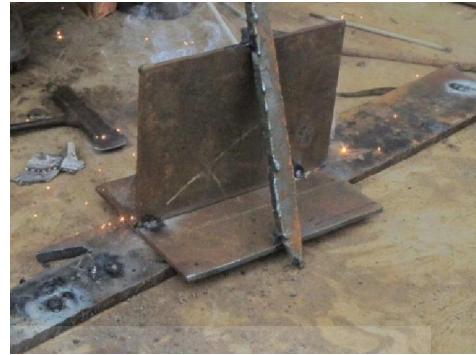


Gambar 3.7 Profil L Finished

b. Profil T

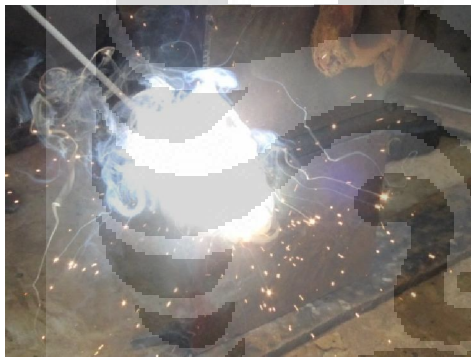


Gambar 3.8 Welding Untuk Profil T



Gambar 3.9 Profil T Finished

c. Profil Knuckle



Gambar 3.10 Welding Profil Knuckle



Gambar 3.11 Profil Knuckle Finished

d. Profil Round Bar



Gambar 3.12 Welding untuk Profil Bulb



Gambar 3.13 Profil Bulb Finished

3.3.4 *Persiapan Benda Uji*

3.3.4.1 *Benda Uji Pengelasan*

Menyiapkan benda uji pelat baja ASTM A50 yaitu sebagai berikut :

- a. Ukuran material yang akan digunakan untuk pengelasan
- b. Pada ujung-ujung specimen yang akan disambung dengan las dibuat kampuh V dengan sudut 60°
- c. Pelaksanaan pengelasan dilakukan dengan 16 benda uji dan menggunakan pengelasan yang berbeda yaitu las listrik dan las asetilin. Las listrik 8 benda uji dan las asetilin 8 benda uji. Setelah dilakukan pengelasan kemudian benda uji didinginkan melalui udara terbuka.

3.3.4.2 *Benda Uji Tarik*

Benda pengujian tarik tahap pembentukannya dibuat dengan mesin. Untuk daerah lasannya digerinda sampai rata dengan logam induk kemudian dibuat ukuran untuk pengujian tarik. Ukuran dari benda uji tarik dapat dilihat dibawah ini.

3.3.4.3 *Benda Uji Struktur Mikro*

Pada pengujian struktur mikro dimensi benda relative kecil, untuk memudahkan dalam proses penghalusan permukaan yang akan diuji tidak mengalami pergeseran pada saat dilakukan pengujian.

Proses pembuatan resin dan catalis, pada benda kerja adalah sebagai berikut :

- a. Memotong benda uji dengan panjang 48 mm dan lebar 6 mm
- b. Memotong bahan yang terbuat dari alumunium yang berbentuk segi empat digunakan sebagai ukuran cetakan, dengan ukuran panjang 10 mm
- c. Mencampurkan resin dan catalis dengan perbandingan 1 (satu) liter resin dibutuhkan 100 cc catalis
- d. Memasukan benda uji kedalam potongan alumunium atur letaknya dan tuang campuran catalis dan resin.
- e. Setelah kering benda uji dikeluarkan dari cetakan selanjutnya permukaan benda uji siap dihaluskan

- a. Daerah Lasan atau Logam las

Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu proses pengelasan akan mencair dan kemudian membeku.

- b. Daerah HAZ

Daerah HAZ adalah logam induk yang pada waktu terjadi proses pengelasan akan mengalami proses pemanasan dan pendinginan dengan cepat.

- c. Daerah Logam Induk

Daerah logam induk adalah daerah yang pada waktu terjadi proses pengelasan tidak mengalami perubahan sifat maupun structurnya.

3.3.4.4 Benda Uji Kekerasan

Pada pengujian kekerasan sama dengan persiapan benda uji metalografi, hanya saja prosedur dan langkah kerjanya yang berbeda. Menyiapkan benda uji plat ST 37 yang telah dikeraskan kedalam campuran catalis dan resin (sebelumnya plat baja dipotong dengan ukuran panjang 48 mm dan lebar 6 mm), kemudian pada benda uji diberi penandaan untuk tempat yang akan ditekan yaitu mencakup daerah las, daerah HAZ dan logam induk.

3.3.5 Pengujian

3.3.5.1 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada benda uji masing-masing daerah yaitu daerah-daerah lasan, HAZ dan logam induk.

- Langkah-langkah pengujian kekerasan :
 - a. Menggosok benda uji dengan menggunakan amplas hingga benda uji benar-benar halus dan rata
 - b. Memasang penetrator kerucut intan pada penjepit Rockwell hardness tester, dan penetratornya.
 - c. Beban penekan yang dipakai adalah 60 memakai skala A (HRA) berwarna hitam
 - d. Menghidupkan power dengan menekan tuas ON.
 - e. Menempatkan benda kerja diatas anvrl dan tegak lurus dengan penetratornya.
 - f. Menaikkan anvrl dengan memutar handle searah jarum jam sampai menyentuh penetrator, kemudian dinaikkan terus sampai jarum kecil pada

dial indikator menyentuh titik merah dan tekan tombol pengujian, tunggu hingga beberapa saat (5 detik) sampai jarum panjang akan menunjuk pada angka kekerasan.

- g. Mencatat hasil pengujian (angka kekerasan)
- h. Menurunkan anvrl dengan jalan memutar handle berlawanan dengan arah jarum jam.
- i. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 (tiga) penekanan untuk tiga daerah pengujian pada setiap benda uji yaitu penekanan pada daerah lasan.

3.3.5.2 Pengujian Struktur Mikro

Tujuan dari pengujian ini adalah lebih mencerminkan perbandingan antara struktur mikro logam yang satu dengan yang lainnya dan mengamati bentuk butiran serta menganalisa setelah mengalami dua proses pengelasan yang berbeda.

- Langkah-langkah Pengujian Struktur Mikro :
 - a. Menyiapkan benda uji dengan menghaluskan pada specimen benda yang akan dilakukan pengujian.
 - b. Benda uji gosok diatas permukaan yang rata dan penggosokan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas tahan air dengan diliri air. Ukuran kertas amplas yang digunakan adalah kekasaran 220, 400, 800, 1000, dan 1500 permukaan yang dihaluskan dengan amplas hanya satu permukaan saja.
 - c. Kemudian dibersihkan dan digosok menggunakan pasta poles sampai mengkilap kemudian menyiapkan alat-alat dan bahan yang dipergunakan.

Alat etsa yang diperlukan :

Tabung reaksi, gelas ukur dan pipet.

Bahan etsa yang diperlukan :

Alcohol 96 % HNO₃ 5 ml.

Larutan bahan etsa tersebut dicampur dan diaduk, lalu teteskan ke benda uji selama \pm 1 menit. Kemudian permukaan benda yang akan diuji dengan etsa dibersihkan dengan cairan alkohol dan cuci benda uji dengan air bersih kemudian keringkan dengan pengering (*hair drayer*).

- d. Benda uji yang telah dietsa diletakkan diatas landasan (anvil) tegak lurus dengan lensa mikroskop.
- e. Pembesaran yang dipakai 200 X.
- f. Menaikkan anvil (landasan) atau digeser sampai benda uji terfokus ke lensa dan mendapatkan hasil gambar yang bagus, setelah fokus kemudian dilakukan pemotretan.
- g. Pemotretan (pengambilan gambar) dilakukan pada tiga lokasi yang berbeda pada satu permukaan saja yaitu daerah logam induk, HAZ, dan daerah lasan.
- h. Setelah selesai pemotretan benda dilepas dari landasan.

3.3.5.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dari logam induk setelah mengalami proses pengelasan. Pengujian tarik dilakukan dengan jalan memberikan beban tarik pada batang uji secara perlahan-lahan sampai benda uji

terputus atau patah. Peralatan yang digunakan untuk pengujian tarik adalah alat uji tarik dan jangka sorong.

- Langkah-langkah Pengujian Tarik
 - a. Menandai benda kerja las asetilin dan las listrik
 - b. Menentukan beban yang digunakan yaitu 10000 N, kemudian menentukan panjang total dan lebar benda
 - c. Nyalakan saklar power utama sehingga lampu indikator menyala
 - d. Pastikan handle load kontrol pada posisi stop
 - e. Letakkan alat bantu pada permukaan alat uji dan plat penahan
 - f. Pastikan jarum penunjuk pada posisi nol.
 - g. Pastikan pencekam pada lower crosshead dan naikkan lower crosshead dengan menekan tombol up crosshead sehingga dapat mencekam benda uji tarik dengan baik.
 - h. Atur kecepatan pembebanan
 - i. Jarum indikator beban akan bergerak terus hingga mencapai titik max load dari benda uji yang diuji kemudian mengalami penurunan dan putusya benda kerja
 - j. Catat pembebanan dan pertambahan panjang
 - k. Kemudian lepaskan benda uji dari tempat pencekam.

3.4 Pengumpulan Data

3.4.1 Konstruksi Profil Knuckle dan Bulb Flat Buatan



Gambar 3.14 Profil Knuckle Marine
Buatan



Gambar 3.15 Profil Round bar Buatan Plat
Marine

Material dan pelat merupakan komponen utama terkait untuk menguji kelayakan dan optimalisasi konstruksi profil mana yang paling optimal setelah terjadi pembentukan tersebut. Material yang digunakan adalah pelat baja kapal ASTM A36 Marine yang memiliki ketebalan 6 mm dan 8 mm. Material ini diambil dari pihak galangan workshop Marunda Tanjung Priok saat melakukan survey langsung lapangan saat pembangunan kapal catamaran 20 meter. Pelat-pelat sisa hasil dari pemotongan plat kapal yang tidak terpakai, sehingga material plat itu diambil untuk diuji di laboratorium.

Pelat yang diambil dari workshop itu berukuran 30 cm x 20 cm sebanyak 4 potongan pelat dari sisa-sisa pemotongan pelat untuk konstruksi catamaran tersebut. Pelat tersebut di cutting dan dibentuk sesuai ukuran untuk percobaan material dan konstruksi profil yang diinginkan. Untuk profil Knuckle berukuran 30 cm x 20 cm dengan diameter roundbar 16mm, sedangkan untuk profil bulb Flat berukuran web plate 15 x 20 cm dengan diameter roundbar 16mm..

BAB IV

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

4.1. Analisis Material dan Mechanical Properties

4.1.1 Hasil Pengujian Struktur Mikro profil knuckle buatan

Berdasarkan pengujian tes material pada tanggal 21 Mei 2012 hasil dari pengujian struktur mikro profil knuckle dianalisis melalui foto-foto atau gambar struktur mikro dari benda uji hasil pemotretan dari mikroskop optic setelah dilakukan pengetesan terlebih dahulu dengan pembesaran 500 X. dengan demikian akan dapat diamati struktur butiran serta perubahan yang terjadi pada logam induk, daerah HAZ, dan daerah lasan. Dari hasil pengujian metalografi optik diperoleh gambar struktur mikro sambungan pelat baja marine yang telah di sambung dengan las SMAW. Hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat pada gambar berikut ini :

1. Hasil pemotretan struktur mikro daerah Base Metal + Pelat, pembesaran 500 X



2. Hasil pemotretan struktur mikro daerah Base Metal, pembesaran 500 X



3. Hasil pemotretan struktur mikro daerah HAZ, pembesaran 500 X



4. Hasil pemotretan struktur mikro daerah HAZ, pembesaran 500 X



5. Hasil pemotretan struktur mikro daerah lasan, pembesaran 500 X



4.1.2 Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro Profil Knuckle Buatan

Setelah diadakan pengamatan dan penelitian dan mengetahui hasil dari pemotretan struktur mikro, maka dapat dianalisa dengan membandingkan foto hasil pengujian benda uji dari dua pengelasan yang berbeda yaitu : Benda uji menggunakan pengelasan listrik dan benda uji menggunakan pengelasan asetilin. Pada pengujian metalografi dengan menggunakan las listrik mempunyai struktur buiran yang lebih kecil dan halus dibandingkan dengan

menggunakan las asetilin. Pada daerah lasan, daerah HAZ dan daerah logam induk menggunakan las listrik mempunyai struktur butiran yang lebih kecil dan halus dibandingkan dengan benda uji pada daerah lasan, daerah HAZ dan daerah logam induk dengan menggunakan las asetilin. Ini dikarenakan pada daerah las dan HAZ pada las listrik mengalami kenaikan temperatur akibat pengelasan. Karena pengelasan merupakan proses penyambungan logam dengan pemanasan yang mempengaruhi susunan kristal-kristal logam tersebut, sehingga mempengaruhi juga pada struktur mikro logam tersebut.

Selain itu, hasil metalografi optik diatas juga menunjukkan adanya struktur mikro *pearlite* dan *ferrite*. *Pearlite* yang dimaksud adalah struktur yang berwarna gelap sementara *ferrite* yang berwarna cerah. *Ferrite* mempunyai sel satuan BCC, mempunyai titik mulur yang baik dan menjadi getas pada temperatur rendah. Stabil pada temperatur rendah, kelarutan padat terbatas, dapat berada bersama Fe₃C (*cementite*) atau yang lainnya. *Ferrite* dipengaruhi oleh unsur C, dalam pelat baja marine kandungan C sekitar 16,8 %. *Ferrite* bersifat ulet dan lunak. Sedangkan *Pearlite* strukturnya terdiri dari lapisan alpha-ferrite dan *cementite* yang terjadi di beberapa logam baja dan besi. *Pearlite* terbentuk oleh eutectoid sebagai reaksi austenite yang mengalami pendinginan lambat di bawah suhu 727oC. Dari gambar diatas terlihat perbedaan antara daerah las dengan daerah logam dasar. Terlihat daerah las lebih gelap dibandingkan daerah logam dasar. Hal ini disebabkan karena logam dasar mengandung lebih banyak *ferrite* dibandingkan logam las. Dalam pelat baja marine mengandung unsur-unsur penstabil, misalnya Si yaitu unsure penstabil *ferrite*. Unsur ini berfungsi meningkatkan tempratur *eutectoid*, transformasi *pearlite* cenderung lebih dini pada temperature tinggi dalam baja.

4.1.3 Hasil Pengujian Struktur Mikro Profil Knuckle Plat Datar

Hasil dari pengujian struktur mikro dianalisis melalui foto-foto atau gambar struktur mikro dari benda uji hasil pemotretan dari mikroskop optic setelah dilakukan pengetesan terlebih dahulu dengan pembesaran 200 X, dengan demikian akan dapat diamati struktur

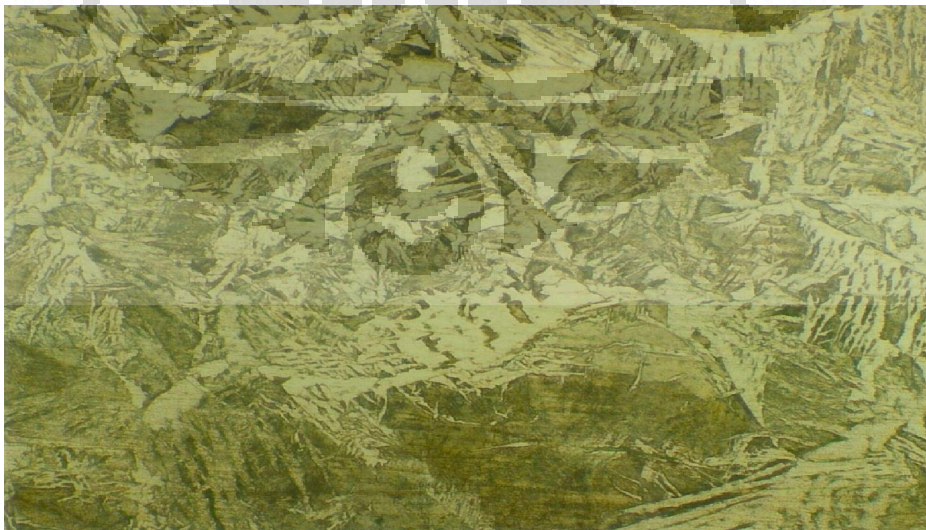
butiran serta perubahan yang terjadi pada logam induk, daerah HAZ, dan daerah lasan. Hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat pada gambar berikut ini :

1. Hasil pemotretan struktur mikro daerah logam induk, pembesaran 200 X



(Struktur mikro daerah logam induk pelat 6 mm)

2. Hasil pemotretan struktur mikro daerah HAZ, pembesaran 200 X



(Struktur mikro daerah HAZ pada pelat 6 mm)

3. Hasil pemotretan struktur mikro daerah transisi, pembesaran 200 X



(Struktur mikro daerah inti las pada pelat 6 mm)

4. Hasil pemotretan struktur mikro daerah inti las, pembesaran 200 X



(Struktur mikro daerah inti las pada pelat 6 mm)

4.1.4 Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro Plat Datar

Setelah diadakan pengamatan dan penelitian dan mengetahui hasil dari pemotretan struktur mikro, maka dapat dianalisa dengan membandingkan foto hasil pengujian benda uji dari dua pengelasan yang berbeda yaitu: Benda uji menggunakan pelat 6 mm . Dari hasil yang di dapat pada pengujian metalografi, pada daerah inti las dan HAZ, terdapat perubahan struktur mikro, dimana terdapat peleburan material sedangkan pada daerah HAZ terdapat daerah *grain growth* atau bagian dari inti HAZ yang berbentuk kasar dan daerah *tempered zone* atau bagian yang terpanasi dimana pada daerah ini terdapat transisi antara logam induk dan daerah HAZ yang nantinya akan digunakan sebagai batas awal pada perhitungan diameter HAZ.

Perubahan struktur mikro pada material bisa terjadi dikarenakan proses pengelasan yang dilakukan, karena pengelasan merupakan proses penyambungan logam dengan pemanasan yang mempengaruhi susunan kristal-kristal logam tersebut, sehingga mempengaruhi juga pada struktur mikro logam tersebut.

4.1.5 Hasil Pengujian Struktur Mikro Profil Bulb Flat buatan (dengan Round Bar)

Pada saat melakukan test uji specimen di Lab Departemen Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, material yang kami ujikan untuk specimen Round bar buatan dan Knuckle buatan adalah sama yaitu steel marine ASTM A36. Maka, hasil dari struktur mikronya tidak ada hasil yang terlalu berbeda antara 2 spesimen tersebut.

Dari hasil pengujian metalografi optik diperoleh gambar struktur mikro sambungan pelat baja marine yang telah di sambung dengan las SMAW. Hasil pengujian struktur mikro dapat dilihat pada gambar berikut ini :

6. Hasil pemotretan struktur mikro daerah Base Metal + Pelat, pembesaran 500 X



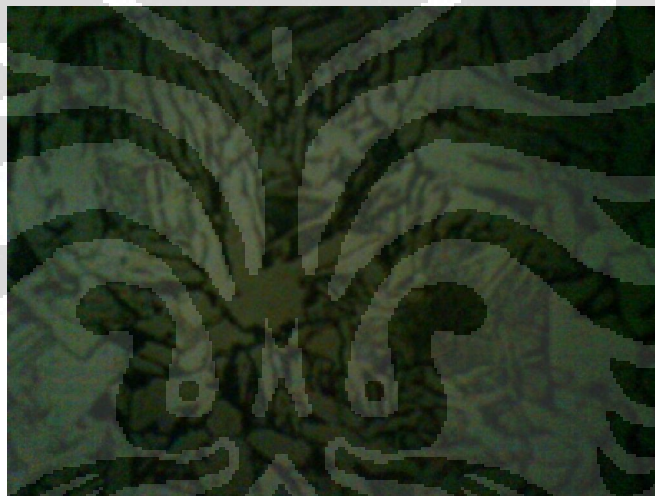
7. Hasil pemotretan struktur mikro daerah Base Metal, pembesaran 500 X



8. Hasil pemotretan struktur mikro daerah HAZ, pembesaran 500 X



9. Hasil pemotretan struktur mikro daerah HAZ, pembesaran 500 X



10. Hasil pemotretan struktur mikro daerah lasan, pembesaran 500 X



0

4.1.6 Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro Profil Bulb Flat (Round Bar)

Setelah diadakan pengamatan dan penelitian dan mengetahui hasil dari pemotretan struktur mikro, maka dapat dianalisa dengan membandingkan foto hasil pengujian benda uji dari dua pengelasan yang berbeda yaitu : Benda uji menggunakan pengelasan listrik dan benda uji menggunakan pengelasan asetilin. Pada pengujian metalografi dengan menggunakan las listrik mempunyai struktur butiran yang lebih kecil dan halus dibandingkan dengan menggunakan las asetilin. Pada daerah lasan, daerah HAZ dan daerah logam induk menggunakan las listrik mempunyai struktur butiran yang lebih kecil dan halus dibandingkan dengan benda uji pada daerah lasan, daerah HAZ dan daerah logam induk dengan menggunakan las asetilin. Ini dikarenakan pada daerah las dan HAZ pada las listrik mengalami kenaikan temperatur akibat pengelasan. Karena pengelasan merupakan proses penyambungan logam dengan pemanasan yang mempengaruhi susunan kristal-kristal logam tersebut, sehingga mempengaruhi juga pada struktur mikro logam tersebut.

Selain itu, hasil metalografi optik diatas juga menunjukkan adanya struktur mikro *pearlite* dan *ferrite*. *Pearlite* yang dimaksud adalah struktur yang berwarna gelap sementara *ferrite* yang berwarna cerah. *Ferrite* mempunyai sel satuan BCC, mempunyai titik mulur yang baik dan menjadi getas pada temperatur rendah. Stabil pada temperatur rendah, kelarutan padat terbatas, dapat berada bersama Fe₃C (*cementite*) atau yang lainnya. *Ferrite* dipengaruhi oleh unsur C, dalam pelat baja marine kandungan C sekitar 0,168 %. *Ferrite* bersifat ulet dan lunak. Sedangkan *Pearlite* strukturnya terdiri dari lapisan alpha-ferrite dan *cementite* yang terjadi di beberapa logam baja dan besi. *Pearlite* terbentuk oleh eutectoid sebagai reaksi austenite yang mengalami pendinginan lambat di bawah suhu 727oC. Dari gambar diatas terlihat perbedaan antara daerah las dengan daerah logam dasar. Terlihat daerah las lebih gelap dibandingkan daerah logam dasar. Hal ini disebabkan karena logam dasar mengandung lebih banyak *ferrite* dibandingkan logam las. Dalam pelat baja marine

mengandung unsur-unsur penstabil, misalnya Si yaitu unsure penstabil *ferrite*. Unsur ini berfungsi meningkatkan tempratur *eutectoid*, transformasi *pearlite* cenderung lebih dini pada temperature tinggi dalam baja.

4.2 Analisis hasil pengujian test uji keras

4.2.1 Hasil Pengujian Kekerasan Profil Knukcle (dengan round)

Hasil uji kekerasan diambil tiga dari daerah pengerasan yaitu daerah lasan (Weld), daerah HAZ, daerah logam induk (base metal). Dan masing-masing pengelasan yang berbeda diambil lima titik pada daerah uji kekerasan.

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata-rata (HV)	Keterangan
Baja ASTM A36 t= 6mm + Round Bar (AS S45C) Base 1	I	133	136	Vickers load: 300gf
	II	138		
	III	146		
	IV	141		
	V	121		

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata-rata (HV)	Keterangan
Baja ASTM A36 t= 6mm + Round Bar (AS S45C) Base 2	I	124	129	Vickers load: 300gf
	II	127		
	III	130		
	IV	127		
	V	137		

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata-rata (HV)	Keterangan
Baja ASTM A36 t= 6mm + Round Bar (AS S45C) HAZ	I	160	153	Vickers load: 300gf
	II	149		
	III	152		
	IV	146		
	V	158		

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata-rata (HV)	Keterangan
Baja ASTM A36 t= 6mm + Round Bar (AS S45C) Weld	I	158	172	Vickers load: 300gf
	II	179		
	III	176		
	IV	179		
	V	167		

4.2.2 Analisis Hasil Pengujian Kekerasan Profil Knuckle

Dari data hasil pengujian logam induk kekerasan pada benda uji sebelum proses pengelasan mempunyai nilai kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan benda uji setelah proses pengelasan. Pada daerah lasan dengan menggunakan las listrik didapat angka rata-rata kekerasan lebih besar dari daerah HAZ dan logam induk, sedangkan menggunakan las asetilin juga lebih besar pada daerah lasan dibanding daerah HAZ dan logam induk, karena pada daerah lasan mengalami perubahan temperatur yang tinggi akibat panas yang ditimbulkan dari pengelasan itu sendiri serta mengalami pendinginan yang relative cepat, sedangkan pada daerah HAZ tidak mengalami kekerasan yang tinggi, karena daerah tersebut hanya mengalami perambatan panas dari daerah lasan.

Hal ini dapat disebabkan karena pada daerah logam las paling sedikit mengandung struktur mikro *ferrite*, dimana *ferrite* mempunyai sifat ulet dan lunak. Sedangkan pada logam dasar mengandung struktur mikro *ferrite* paling banyak diantara ke tiga daerah tersebut, pada daerah transisi tersebut pada (bagian bawah) logam dasar dekat dengan *fusion line* terlihat mengandung banyak struktur mikro *ferrite*.

Pada logam induk mempunyai kekerasan yang rendah karena daerah ini sedikit mengalami perubahan struktur dan sifat-sifat seiring dengan perambatan panas dari daerah lasan relative berkurang. Dari kedua sistem pengelasan yaitu dengan menggunakan las asetilin dan las listrik dapat diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata yang paling tinggi adalah pada alas asetilin.

4.2.3 Hasil Pengujian Kekerasan Profil Plat Datar (tanpa round)

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata-rata (HV)	Keterangan
Baja ASTM A131 t= 6mm (Base Metal)	I	131,4	134,5	Vickers load: 300gf
	II	143,2		
	III	131,67		
	IV	134,23		
	V	132		

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata-rata (HV)	Keterangan
Baja ASTM A131 t= 6mm HAZ	I	162	165	Vickers load: 300gf
	II	168		
	III	162		
	IV	165		
	V	168		

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata-rata (HV)	Keterangan
Baja ASTM A131 t= 6mm) Weld	I	172	176	Vickers load: 300gf
	II	179		
	III	176		
	IV	179		
	V	174		

4.2.4 Analisis Hasil Pengujian Kekerasan Profil Plat Datar (tanpa round)

Untuk mengetahui distribusi kekerasan pada plat baja ASTM A131 yang dilas dengan menggunakan variasi pengelasan / repair dilakukan uji hardness vickers. Dari percobaan ini akan di peroleh data berupa nilai kekerasan pada masing-masing posisi weld metal 5 titik, HAZ 5 titik , dan base metal 5 titik. Pengujian kekerasan dilakukan pada posisi top, bottom, dan centre. Jumlah total pengujian kekerasan untuk masing-masing specimen adalah 15 titik.

Dari hasil nilai kekerasan diatas dapat diamati bahwa untuk nilai kekerasan pada base metal cenderung sama. Pada base metal tidak terjadi perubahan kekerasan karena base metal tidak terkena pengaruh panas saat pengelasan berlangsung. Walaupun dari hasil pengujian

terlihat harga kekerasan base metal mengalami penurunan, tapi penurunan yang terjadi tidak signifikan. Proses pengelasan pada plat baja ASTM A131 menyebabkan terjadinya presipitasi silicon pada daerah yang menerima input panas besar melampaui suhu kritis dari baja yaitu pada daerah HAZ dan *weld metal*. Oleh karena itu nilai kekerasan pada HAZ cenderung naik.

Dari table diatas pun dapat diketahui bahwa nilai kekerasan pada daerah lasan (welding) meningkat / jauh lebih tinggi daripada daerah base metal dan HAZ, hal ini terjadi karena daerah logam las paling sedikit mengandung struktur mikro *ferrite*, dimana *ferrite* mempunyai sifat ulet dan lunak. Sedangkan pada logam dasar mengandung struktur mikro *ferrite* paling banyak diantara ke tiga daerah tersebut, pada daerah transisi tersebut pada (bagian bawah) logam dasar dekat dengan *fusion line* terlihat mengandung banyak struktur mikro *ferrite*.

Pada logam induk mempunyai kekerasan yang rendah karena daerah ini sedikit mengalami perubahan struktur dan sifat-sifat seiring dengan perambatan panas dari daerah lasan relative berkurang.

4.2.5 Hasil Pengujian Kekerasan Profil Bulb Flat buatan (Round Bar)

Pada saat melakukan test uji specimen di Lab Departemen Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, material yang kami ujikan untuk specimen Round bar buatan dan Knuckle buatan adalah sama yaitu steel marine ASTM A36. Maka, hasil dari uji kekerasan pada material dan profilnya tidak ada hasil yang terlalu berbeda antara 2 spesimen tersebut.

Hasil uji kekerasan diambil tiga dari daerah pengerasan yaitu daerah lasan (Weld), daerah HAZ, daerah logam induk (base metal). Dan masing-masing pengelasan yang berbeda diambil lima titik pada daerah uji kekerasan.

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata-rata (HV)	Keterangan
Baja ASTM A36 t= 6mm + Round Bar (AS S45C) Base 1	I	133	136	Vickers load: 300gf
	II	138		
	III	146		
	IV	141		
	V	121		

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata-rata (HV)	Keterangan
Baja ASTM A36 t= 6mm + Round Bar (AS S45C) Base 2	I	124	129	Vickers load: 300gf
	II	127		
	III	130		
	IV	127		
	V	137		

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata-rata (HV)	Keterangan
Baja ASTM A36 t= 6mm + Round Bar (AS S45C) HAZ	I	160	153	Vickers load: 300gf
	II	149		
	III	152		
	IV	146		
	V	158		

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata-rata (HV)	Keterangan
Baja ASTM A36 t= 6mm + Round Bar (AS S45C) Weld	I	158	172	Vickers load: 300gf
	II	179		
	III	176		
	IV	179		
	V	167		

4.2.6 Analisis Hasil Pengujian Kekerasan Profil Bulb Flat buatan (Round Bar)

Dari data hasil pengujian logam induk kekerasan pada benda uji sebelum proses pengelasan mempunyai nilai kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan benda uji setelah proses pengelasan. Pada daerah lasan dengan menggunakan las listrik didapat angka rata-rata kekerasan lebih besar dari daerah HAZ dan logam induk, sedangkan menggunakan las asetilin juga lebih besar pada daerah lasan dibanding daerah HAZ dan logam induk, karena pada daerah lasan mengalami perubahan temperatur yang tinggi akibat panas yang ditimbulkan dari pengelasan itu sendiri serta mengalami pendinginan yang relative cepat,

sedangkan pada daerah HAZ tidak mengalami kekerasan yang tinggi, karena daerah tersebut hanya mengalami perambatan panas dari daerah lasan.

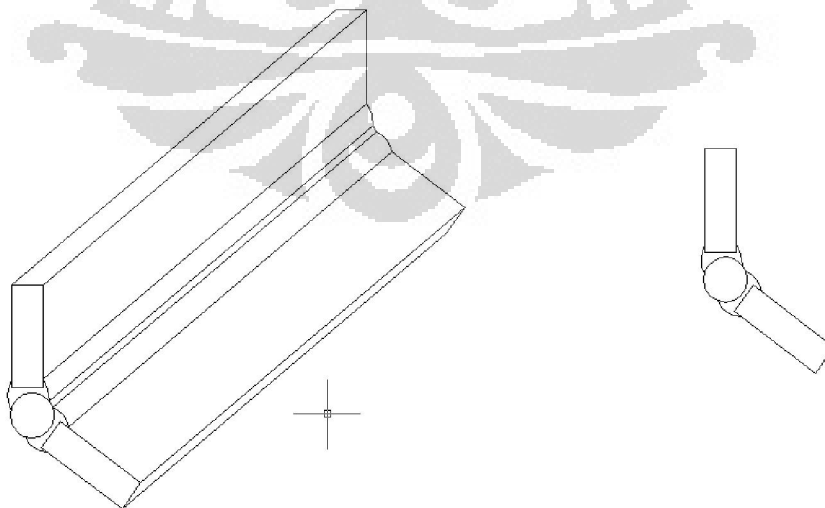
Hal ini dapat disebabkan karena pada daerah logam las paling sedikit mengandung struktur mikro *ferrite*, dimana *ferrite* mempunyai sifat ulet dan lunak. Sedangkan pada logam dasar mengandung struktur mikro *ferrite* paling banyak diantara ke tiga daerah tersebut, pada daerah transisi tersebut pada (bagian bawah) logam dasar dekat dengan *fusion line* terlihat mengandung banyak struktur mikro *ferrite*.

Pada logam induk mempunyai kekerasan yang rendah karena daerah ini sedikit mengalami perubahan struktur dan sifat-sifat seiring dengan perambatan panas dari daerah lasan relative berkurang. Dari kedua sistem pengelasan yaitu dengan menggunakan las asetilin dan las listrik dapat diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata yang paling tinggi adalah pada alas asetilin.

4.3. Analisis Hasil Pengujian Uji Tarik

4.3.1 Hasil Pengujian Uji Tarik pada Profil Knuckle Buatan (dengan round)

Dari hasil pengujian tarik yang dilaksanakan didapat data-data sebagai berikut :



Spesifikasi Material

Diameter (mm)	Sectional Area (mm ²)	Unit Weight (kg / m)
12,97	77,8	0,97

Benda Uji Tarik t = 6 (mm)	Gaya Tarik = F (kg)
ASTM A36 = 6mm + Round Bar (AS S45C)	2723,7 kg

Tabel Batas Luluh (*Yield Strength*)

Benda Uji Tarik t = 6 (mm)	Gaya Tarik = F (kg)
ASTM A36 = 6mm + Round Bar (AS S45C)	3657,54 kg

Tabel Gaya Tarik Maksimal

4.3.2 Analisis Hasil Pengujian Tarik Profil Knukle (dengan round)

Berdasarkan data pengujian dan grafik tegangan tarik (σ) regangan (ϵ), dan modulus elastisitas (E) dapat diketahui bahwa benda uji menggunakan las listrik mempunyai tegangan tarik dan regangan yang lebih tinggi dari pada pengelasan dengan las asetilin, sedangkan modulus elastisitasnya lebih rendah.

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat bahan yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik bahan sewaktu mengalami pembebanan. Kekuatan suatu bahan dapat dilihat dari nilai kekuatan tariknya, semakin tinggi kekuatan tariknya maka bahan tersebut semakin kuat.

Setelah melakukan pengujian dan mengetahui hasil pengujian tarik, maka dapat ditentukan kekuatan tarik (σ) dan batas luluh dengan rumus :

- **Batas Luluh**

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana : σ = Batas Luluh dalam kg/mm^2

F = Beban maximum pada waktu pengujian dalam kg

A_0 = Luas penampang dalam mm^2

- **Tegangan Tarik**

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana : σ = Tegangan tarik dalam kg/mm^2

F = Beban maximum pada waktu pengujian dalam kg

A_0 = Luas penampang dalam mm^2

Didalam perhitungan batas luluh dan kekuatan tarik diambil nilai dari hasil benda uji tarik pada pelat 6 mm.

1. **Pelat 6 mm**

Batas Luluh

Benda I $\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{2723,7}{77,82} = 35 \text{kg/mm}^2$

Tegangan Tarik

Benda I $\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{3657,54}{77,82} = 47 \text{kg/mm}^2$

Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tarik – Nilai Batas Luluh

Sampel				Kekuatan tarik σ_t (kg/mm ²)	Batas Luluh σ_l (kg/mm ²)	Regangan	Keterangan
Specification	Dimensi Ukur (mm)	Luas (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Kg/mm ² [N/mm ²]	Kg/mm ² [N/mm ²]	%	
ASTM A36 = 6mm + Round Bar (AS S45C)	t= 6 mm; w=12,97	77,82	-	47[461]	35[343]	-	Putus di las

4.3.3 Hasil Pengujian Uji Tarik pada Profil Plat Datar (tanpa round)

Hasil pengujian tarik yang dilaksanakan didapat data-data sebagai berikut :

Benda Uji tarik Plat 6mm	Hasil Gaya Tarik dalam (Kg)
benda 1	4408,95
benda 2	4261,70

Tabel Batas Luluh (*Yield Strength*)

Benda Uji tarik Plat 6mm	Hasil Gaya Tarik dalam (Kg)
benda 1	5539,45
benda 2	5383,20

Tabel Gaya Tarik Maksimal

4.3.4 Analisis Hasil Pengujian Tarik Profil Plat Datar (tanpa round)

Setelah melakukan pengujian dan mengetahui hasil pengujian tarik, maka dapat ditentukan kekuatan tarik (σ) dan batas luluh dengan rumus :

- **Batas Luluh**

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana : σ = Batas Luluh dalam kg/mm^2

F = Beban maximum pada waktu pengujian dalam kg

A_0 = Luas penampang dalam mm^2

- **Tegangan Tarik**

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana : σ = Tegangan tarik dalam kg/mm^2

F = Beban maximum pada waktu pengujian dalam kg

A_0 = Luas penampang dalam mm^2

Didalam perhitungan batas luluh dan kekuatan tarik ini hanya diambil nilai rata-rata dari hasil benda uji tarik pada pelat 6 mm.

2. Pelat 6 mm

Batas Luluh

$$\text{Benda I} \quad \sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{4408,95}{113,05} = 39 \text{kg/mm}^2$$

$$\text{Benda II} \quad \sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{4261,70}{112,15} = 38 \text{kg/mm}^2$$

Tegangan Tarik

$$\text{Benda I} \quad \sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{5539,45}{113,05} = 49 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Benda II} \quad \sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{5383,20}{112,15} = 48 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tarik – Nilai Batas Luluh

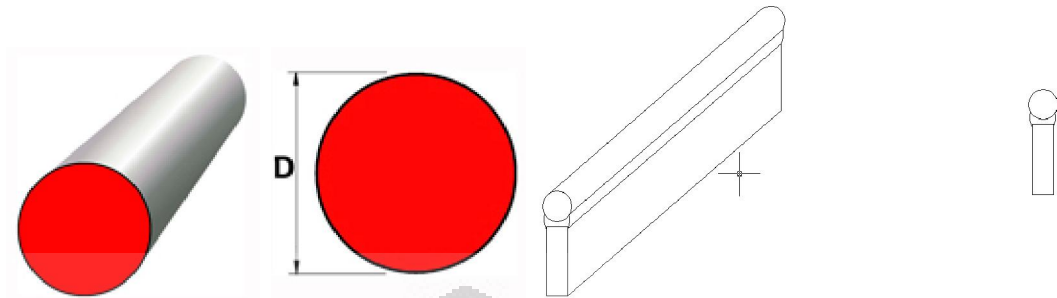
Tebal Plat	Benda Uji	Beban Maksimal F (kg)	Luas Penampang Ao (mm ²)	Batas Luluh σ_t (kg/mm ²)	Rata-rata σ (kg/mm ²)
6 mm	1	4408,95	113,05	39	38,5
6 mm	2	4261,70	112,15	38	38,5

Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tarik

Tebal Plat	Benda Uji	Beban Maksimal F (kg)	Luas Penampang Ao (mm ²)	Tegangan Tarik σ (kg/mm ²)	Rata-rata σ (kg/mm ²)
6 mm	1	5539,45	113,05	49	48,5
6 mm	2	5383,20	112,15	48	48,5

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat bahan yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik bahan sewaktu mengalami pembebanan. Kekuatan suatu bahan dapat dilihat dari nilai kekuatan tariknya, semakin tinggi kekuatan tariknya maka bahan tersebut semakin kuat.

4.3.5 Hasil Pengujian Uji Tarik Profil Round Bar



Spesifikasi Material

Diameter (mm)	Sectional Area (mm ²)	Unit Weight (kg / m)
12	113,14	1,13

Dari hasil pengujian tarik yang dilaksanakan didapat data-data sebagai berikut :

Benda Uji Tarik t = 6 (mm)	Gaya Tarik = F (kg)
ASTM A36 = 6mm + Round Bar (AS S45C)	2885,07 kg

Tabel Batas Luluh (*Yield Strength*)

Benda Uji Tarik t = 6 (mm)	Gaya Tarik = F (kg)
ASTM A36 = 6mm + Round Bar (AS S45C)	4616,112 kg

Tabel Gaya Tarik Maksimal

4.3.6 Analisis Hasil Pengujian Uji Tarik Profil Round Bar

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat bahan yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik bahan sewaktu mengalami pembebanan. Kekuatan suatu bahan dapat dilihat dari nilai kekuatan tariknya, semakin tinggi kekuatan tariknya maka bahan tersebut semakin kuat.

Setelah melakukan pengujian dan mengetahui hasil pengujian tarik, maka dapat ditentukan kekuatan tarik (σ) dan batas luluh dengan rumus :

- **Batas Luluh**

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana : σ = Batas Luluh dalam kg/mm^2

F = Beban maximum pada waktu pengujian dalam kg

A_0 = Luas penampang dalam mm^2

- **Tegangan Tarik**

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana : σ = Tegangan tarik dalam kg/mm^2

F = Beban maximum pada waktu pengujian dalam kg

A_0 = Luas penampang dalam mm^2

Didalam perhitungan batas luluh dan kekuatan tarik diambil nilai dari hasil benda uji tarik pada pelat 6 mm.

3. Pelat 6 mm

Batas Luluh

Benda I $\sigma = \frac{F}{A_o} = \frac{2885,07}{113,14} = 25,5 \text{ kg/mm}^2$

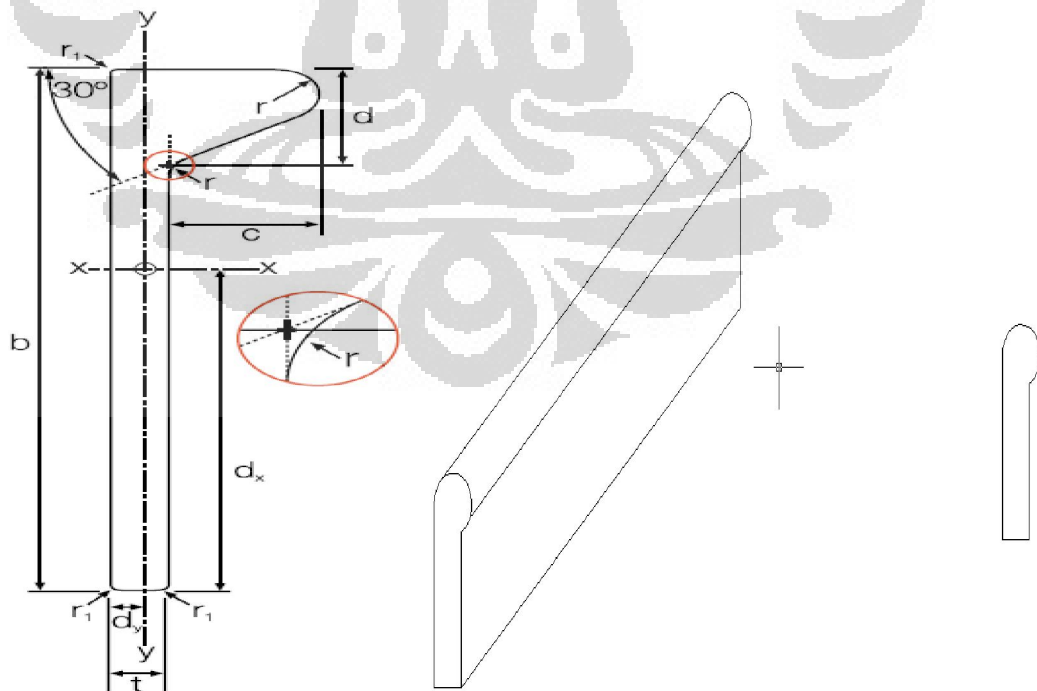
Tegangan Tarik

Benda I $\sigma = \frac{F}{A_o} = \frac{4616,112}{113,14} = 40,8 \text{ kg/mm}^2$

Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tarik – Nilai Batas Luluh

Specification	Sampel			Kekuatan tarik	Batas Luluh	Regangan	Keterangan
	Dimensi Ukur (mm)	Luas (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Kg/mm ² [N/mm ²]	Kg/mm ² [N/mm ²]	%	
ASTM A36 = 6mm + Round Bar (AS S45C)	t= 6 mm; w=12	113,14	-	40,8[400]	25,5[250]	-	Putus di las

4.3.7 Hasil Pengujian Uji Tarik Profil Bulb Flate



Spesifikasi Material :

Width	Thickness	Mass per Unit Length	Bulb Height	Bub width	Bulb radius	Area of Cross Section	Surface Area U
b (mm)	t (mm)	G (kg/m)	c (mm)	d (mm)	r (mm)	F (cm ²)	U (m ² /m)
120	6	7,31	17	17,7	5	9,31	0,276

Dari hasil pengujian tarik yang dilaksanakan didapat data-data sebagai berikut :

Benda Uji Tarik t = 6 (mm)	Gaya Tarik = F (kg)
ASTM A131 = 6mm	33236,7 kg

Tabel Batas Luluh (*Yield Strength*)

Benda Uji Tarik t = 6 (mm)	Gaya Tarik = F (kg)
ASTM A131 = 6mm	46550 kg

Tabel Gaya Tarik Maksimal

4.3.8 Analisis Hasil Pengujian Uji Tarik Struktur Mikro Profil Bulb Flate

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat bahan yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik bahan sewaktu mengalami pembebanan. Kekuatan suatu bahan dapat dilihat dari nilai kekuatan tariknya, semakin tinggi kekuatan tariknya maka bahan tersebut semakin kuat.

Setelah melakukan pengujian dan mengetahui hasil pengujian tarik, maka dapat ditentukan kekuatan tarik (σ) dan batas luluh dengan rumus :

- **Batas Luluh**

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana : σ = Batas Luluh dalam kg/mm^2

F = Beban maximum pada waktu pengujian dalam kg

A_0 = Luas penampang dalam mm^2

- **Tegangan Tarik**

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana : σ = Tegangan tarik dalam kg/mm^2

F = Beban maximum pada waktu pengujian dalam kg

A_0 = Luas penampang dalam mm^2

Didalam perhitungan batas luluh dan kekuatan tarik diambil nilai dari hasil benda uji tarik pada pelat 6 mm.

4. Pelat 6 mm

Batas Luluh

$$\text{Benda I} \quad \sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{33236,7}{931} = 35,7 \text{ kg/mm}^2$$

Tegangan Tarik

$$\text{Benda I} \quad \sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{46550}{931} = 50 \text{ kg/mm}^2$$

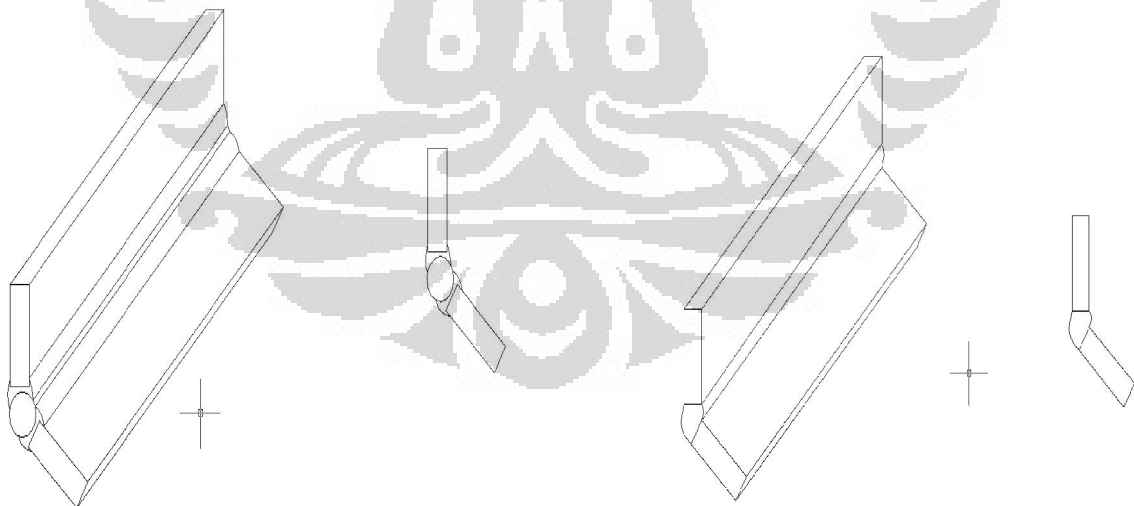
Tabel Hasil Pengujian Tegangan Tarik – Nilai Batas Luluh

Sampel				Kekuatan tarik	Batas Luluh	Regangan	Keterangan
Specification	Dimensi Ukur (mm)	Luas (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Kg/mm ² [N/mm ²]	Kg/mm ² [N/mm ²]	%	
ASTM A131 = 6mm	t= 6 mm; w=120	931	-	35,7[350]	50[490]	-	

4.4 Pencapaian Profil Buatan Marine Optimum

4.4.1 Analisa Perbandingan Profil Knuckle Buatan dengan Plat Datar

Berdasarkan data-data yang telah terlampir diatas, maka bisa dibandingkan antara profil knuckle buatan (dengan roundbar) dengan profil knuckle sambungan (welding) plat datar biasa :



Profil Knuckle (dengan RoundBar)

Profil Knuckle Welding (tanpa

roundbar)

Bila dilihat dari segi material dasar, maka baja yang digunakan di kedua profil tersebut berbeda, bagi profile knuckle dengan menggunakan round bar berbahan dasar baja marine ASTM A36 sedangkan bagi profil knuckle plat datar tanpa roundbar berbahan dasar ASTM A131 Non Marine (fabricated).

Selain itu yang membedakan dari kedua profil diatas adalah adanya penggunaan round bar pada profil knuckle pada profil pertama, sedangkan pada profil knuckle kedua tidak menggunakan round bar (sambungan antar plat hanya disambung oleh welding / lasan).

Pengujian yang telah dilakukan guna membandingkan kedua profil diatas yaitu pengujian mikrostruktur. Karena material baja yang digunakan sebagai bahan dasar kedua profil tersebut adalah sama maka secara struktur mikro tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua profil tersebut. Dari hasil metalografi optik diatas menunjukkan bahwa adanya struktur mikro *pearlite* dan *ferrite* pada kedua profil tersebut.

Pearlite yang dimaksud adalah struktur yang berwarna gelap sementara *ferrite* yang berwarna cerah. *Ferrite* mempunyai sel satuan BCC, mempunyai titik mulur yang baik dan menjadi getas pada temperatur rendah. Stabil pada temperatur rendah, kelarutan padat terbatas, dapat berada bersama Fe_3C (*cementite*) atau yang lainnya. *Ferrite* dipengaruhi oleh unsur C, dalam pelat baja marine kandungan C sekitar 16,8 %. *Ferrite* besifat ulet dan lunak. Sedangkan *Pearlite* strukturnya terdiri dari lapisan alpha-ferrite dan cementite yang terjadi di beberapa logam baja dan besi. Pearlite terbentuk oleh eutectoid sebagai reaksi austenite yang mengalami pendinginan lambat di bawah suhu 727oC.

Dari gambar mikrostruktur pada sub-bab sebelumnya diatas terlihat perbedaan antara daerah las dengan daerah logam dasar. Terlihat daerah las lebih gelap dibandingkan daerah

logam dasar. Hal ini disebabkan karena logam dasar mengandung lebih banyak *ferrite* dibandingkan logam las. Dalam pelat baja marine mengandung unsur-unsur penstabil, misalnya Si yaitu unsure penstabil *ferrite*. Unsur ini berfungsi meningkatkan tempratur *eutectoid*, transformasi *pearlite* cenderung lebih dini pada temperature tinggi dalam baja.

Hal yang paling membedakan disini, yakni bila profil knuckle tanpa round bar sambungan antar plat-nya langsung disambung welding/ lasan, sedangkan profil knuckle yang satunya menggunakan roundbar sehingga tentunya memiliki base metal 2 jenis (di plat datar dan plat round nya).

Berdasarkan mikrostruktur diatas, maka didapat chemical properties dari bahan baja yang digunakan oleh masing-masing profil tersebut.

Component Elements Properties	%
C	≤0,21
Si	≤0,50
Mn	0,75
S	≤0,05
P	≤0,04

(Plat Baja Non Marine ASTM A131)

Component Elements Properties	%
C	0,26
Si	≤0,50
Mn	≥2,5C
S	≤0,035
P	≤0,035

(Plat Baja Marine ASTM A36)

Selain uji mikrostruktur maka dilakukan pula uji tarik / tensile strength, maka berdasarkan data dari uji tarik material yang telah dilakukan bisa didapat nilai kekuatan dari kedua profile tersebut.

Profil Knuckle Plat Datar tanpa Round Bar ASTM A36 t= 6 mm	
Yield Strength / Batas Luluh σ_t (kg/mm ²)	38,5
Ultimate Strength / Tegangan Tarik σ_t (kg/mm ²)	48,5

(Plat Baja Non Marine ASTM A131)

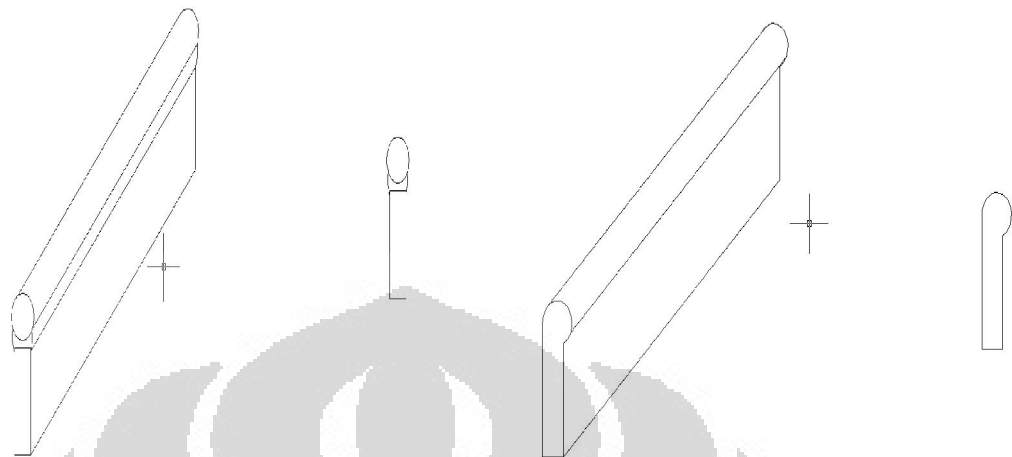
Profil Knuckle dengan Round Bar ASTM A36 t= 6 mm	
Yield Strength / Batas Luluh σ_t (kg/mm ²)	35
Ultimate Strength / Tegangan Tarik σ_t (kg/mm ²)	47

(Plat Baja Marine ASTM A36)

Dari mechanical properties diatas maka dapat diketahui bahwa plat baja non marine (fabricated) memiliki kekuatan tarik dan batas luluh pada material yang lebih tinggi sedikit dibanding nilai kekuatan tarik dan batas luluh pada baja marine. Walaupun demikian, baja marine tersebut sudah mendekati kekuatan optimal yang mana mendekati nilai kekuatan baja fabricated dengan persentase optimal yield strength 90% dan ultimate strength 96%.

Secara keseluruhan profil knuckle buatan dengan menggunakan round bar ini sudah memenuhi syarat untuk digunakan pada konstruksi kapal baja. Selain itu tentunya profil ini lebih efisien dari cara pembuatannya dan tentunya lebih bisa diklasifikasi karena menggunakan plat baja marine tentunya.

4.4.2 Analisa Perbandingan Konstruksi Bulb Flat buatan dengan Bulb Flat fabricated



Profil Bulb Buatan (Round Bar)

Profil Bulb Fabricated

Untuk membedakan antara kekuatan tarik dan batas luluh antara kedua profil diatas, maka berdasarkan pengujian tarik kepada 2 spesimen tersebut untuk mendapatkan data mechanical propertiesnya.

Profil Bulb Flat dengan Round Bar ASTM A36 t= 6 mm	
Yield Strength / Batas Luluh σ_t (kg/mm ²)	25,5
Ultimate Strength / Tegangan Tarik σ_t (kg/mm ²	40,8

(Plat Baja profil Bulb Flat buatan dengan Round Bar Plat Marine ASTM 36)

Profil bulb Flat Fabricated tanpa Round Bar ASTM A36 t= 6 mm	
Yield Strength / Batas Luluh σ_t (kg/mm ²)	35,7
Ultimate Strength / Tegangan Tarik σ_t (kg/mm ²	50

(Plat Baja profil Bulb Flat Fabricated Non Marine ASTM A131)

Profil Bulb Flate Fabricated plat baja non marine memiliki kekuatan tarik dan batas luluh pada material yang lebih tinggi sedikit dibanding nilai kekuatan tarik dan batas luluh pada profil bulb flat buatan (menggunakan roundbar) baja marine. Walaupun demikian, profil bulb flate buatan tersebut sudah mendekati kekuatan optimal yang mana mendekati nilai kekuatan baja fabricated dengan persentase optimal yield strength 71,5% dan ultimate strength 81,6%.

Secara keseluruhan profil bulb flat buatan dengan menggunakan round bar ini sudah memenuhi syarat untuk digunakan pada konstruksi kapal baja. Selain itu tentunya profil ini lebih efisien dari cara pembuatannya dan tentunya lebih bisa diklasifikasi karena menggunakan plat baja marine tentunya.

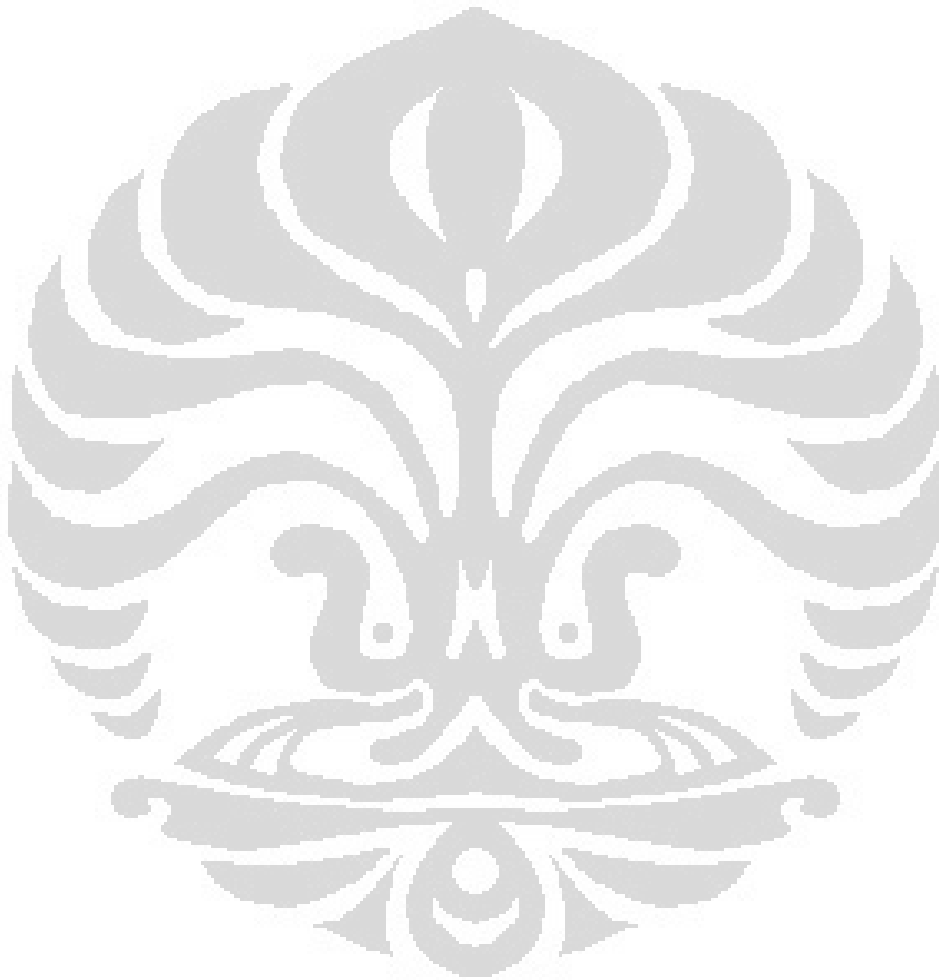
4.5 Keuntungan menggunakan profil Knuckle dan Bulb Flat buatan

Dari penjelasan diatas tentunya profil knuckle dan bulb flat buatan ini (non fabricated) sudah memenuhi standar profil baja pada kapal karena dari mechanical properties sudah dibuktikan berdasarkan pengujian lapangan bahwa profil tersebut memiliki ketahanan dan kekuatan yang hamper sama dengan profile fabricated yang sering digunakan di lapangan.

Pada dasarnya ada 2 keuntungan dari penggunaan profil buatan ini, yaitu :

1. Plat baja yang digunakan adalah plat baja marine (missal dalam penelitian ini jenis yang digunakan plat baja marine ASTM A36) sehingga kapal yang menggunakan profil ini bisa diklasifikasi dengan mudah dan memenuhi standar BKI tentunya, karena di lapangan masih banyak kapal-kapal baja yang menggunakan profil fabricated yang berbahan dasar plat baja non marine

2. Proses pembentukan profile ini lebih mudah dan efisien karena hanya menggunakan peralatan sederhana berupa plat marine yang disambungkan dengan lasan ditambah material roundbar, sehingga memungkinkan pembuatan profilnya lebih cepat, murah efisien dan bisa dilakukan di workshop (non galangan) tidak perlu dilakukan di galangan proses pembuatannya



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan di atas maka ada beberapa point penting yang dapat disimpulkan yaitu :

1. Pembuatan konstruksi kapal baja dapat dibuat tanpa mesti di galangan yaitu pada lahan non galangan (workshop)
2. Kapal-kapal baja menggunakan material agar seluruhnya difabrikasi dengan memanfaatkan pelat marine
3. Adanya perbandingan mencolok dari segi mechanical properties dan kekuatan material antara profil konstruksi dengan dan tanpa proses bending dan rolling serta marine dan non marine
4. Konstruksi dengan dan tanpa proses rolling dan bending yang paling optimal adalah dengan profil fabricated
5. Proses produksi pembuatan konstruksi kapal baja sangat cepat, simpel dan tetap memenuhi Class BKI

5.2 Saran

- a. Sebaiknya ada peraturan BKI (Class) yang menyetujui tentang profil buatan dan disahkan sesuai dengan prosedur klasifikasi yang ada dengan persyaratan tertentu;
- b. Sebaiknya memperhatikan lahan-lahan non galangan yang berpotensi untuk digunakan proyek pembangunan kapal dengan konstruksi dan profil yang kami teliti;
- c. Sebaiknya segala aktifitas produksi yang menggunakan material non marine/ industrial untuk lebih mengarah penggunaannya ke material marine;

DAFTAR PUSTAKA

- Wiryosumarto, Prof.Dr.Ir Harsono Dan Okumura, Prof.Dr.Ir. Toshie.1995. Teknik Pengelasan Logam. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- Sjahrun, Tasrun. 1987. Membangun Kapal Penunjang Secara Praktis. Jakarta: Ikhwan
- Sjahrun, Tasrun. 1988. Membangun Kapal Ikan Secara Praktis. Jakarta: Ikhwan
- Albert Talahatu M.T, Ir Marcus. 1985. Teori Merancang Kapal. Jakarta: Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia
- Albert Talahatu M.T , Ir Marcus. 1985. Teori Bangunan Kapal 1 & 2. Jakarta: Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia
- Handbook Surveyor. 2003. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia
- Oediargo Ir. 1976. Kekuatan Kapal. Surabaya: Fakultas Teknik Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh November
- Butterworth Dan Heinemann. 2001. Ship Construction. Oxford: Plant A Tree
- Djaya Indra Kusna.2008. Teknik Konstruksi Kapal Baja. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional
- Sunaryo, Heri. 2008. Teknik Pengelasan Kapal Baja. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional