



SKRIPSI – ME-141502

**ANALISA PENGGUNAAN “HIGH-DENSITY
POLYETHYLENE” (HDPE) PIPE *LINER* PADA PIPA
UTAMA *SEACHEST* DI KAPAL**

BRAMA STRA C. WILOGO

NRP 4213 100 096

Dosen Pembimbing 1:

Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

Dosen Pembimbing 2:

Dr. I. Made Ariana, ST., MT.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisa Penggunaan “High-Density Polyethylene” (HDPE) Pipe Liner Pada Pipa
Utama Seachest Di Kapal**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

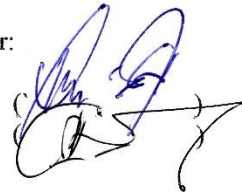
Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Bramastra C. Wilogo
NRP 4213 100 096

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Dr. I. Made Ariana, ST., MT.



SURABAYA
Juli, 2017

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGGUNAAN “HIGH-DENSITY POLYETHYLENE” (HDPE) PIPE LINER PADA PIPA UTAMA SEACHEST DI KAPAL

TUGAS AKHIR

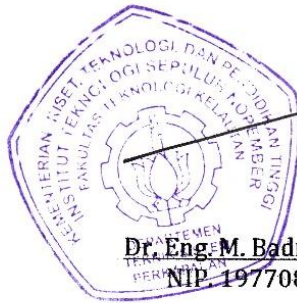
Diajukan Untuk Memenuhi Salah satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Bramastra C. Wilogo
NRP 4213 100 096

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 197708022008011007

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LEMBAR DEKLARASI

Saya yang bertanda tanda dibawah ini dengan hormat mendeklarasikan bahwa:
Tugas Akhir ini ditulis tanpa adanya tindakan plagiat. Semua konten dan gagasan diambil langsung dari sumber internal dan eksternal dan ditunjukkan dalam sumber yang dikutip, literatur dan sumber profesional lainnya.

Nama : Bramastra C. Wilogo
NRP : 42 13 100 096
Judul Tugas Akhir : Analisa Penggunaan “High-Density Polyethylene” (Hdpe) Pipe
Liner Pada Pipa Utama *Seachest* Di Kapal
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan Program Reguler

Apabila terdapat tindakan plagiat yang ditemukan, saya akan bertanggung jawab penuh dan siap menerima konsekuensi yang diberikan oleh ITS sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2017

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ANALISA PENGGUNAAN “HIGH-DENSITY POLYETHYLENE” (HDPE) PIPE LINER PADA PIPA UTAMA SEACHEST DI KAPAL

Nama Mahasiswa : Bramastra C. Wilogo
NRP : 4213 100 096
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Dr. I. Made Ariana, ST., MT.

ABSTRAK

Seachest merupakan tempat dimana masuknya air laut untuk kepentingan sistem-sistem di kapal seperti sistem pendinginan, sistem fire fighting, dan lainnya melewati satu pipa yaitu pipa utama *Seachest*. Oleh karena itu pipa tersebut harus tahan terhadap kemungkinan korosi yang disebabkan oleh kandungan garam dari air laut, dan juga harus mempunyai kekuatan dan kelenturan yang baik dalam menerima benturan sehingga berpengaruh terhadap biaya investasi dalam perawatan. Mengetahui kekuatan dari suatu material dapat dilakukan pengujian *impact*. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa data secara deskriptif mengenai penggunaan pipa HDPE *Liner* pada pipa utama *Seachest* dengan cara eksperimental menggunakan spesimen dari pipa besi yang bagian dalam diselubungi pipa HDPE dalam berupa plat dan di uji dengan pengujian uji *impact*. Data dari hasil pengujian ini kemudian dibandingkan dengan hasil uji tanpa lapisan HDPE, sehingga diperoleh kesimpulan antara perbandingan kekuatan dari hasil pengujian.

Menurut analisa yang telah dilakukan, penambahan ketebalan dari spesimen mempengaruhi nilai energi *impact* dan nilai ketangguhan *impact* pada pengujian. Spesimen dengan menggunakan plat baja 4 mm dengan penambahan lapisan plat HDPE sebesar 13 mm memiliki nilai energi *impact* sebesar 122,5373 Joule dan memiliki nilai ketangguhan sebesar 0,728429 Joule/ mm² dibandingkan dengan spesimen yang menggunakan 11 mm baja sebesar 121.8206 Joule dan 1.136001 Joule/ mm².

Keyword: Pipa *seachest*, pipa HDPE *liner*, uji *impact charpy*, energi *impact*, ketangguhan *impact*.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ANALYSIS OF THE USE OF "HIGH-DENSITY POLYETHYLENE" (HDPE) MAIN PIPE *LINER* IN *SEACHEST* ON SHIPS

Student name : Bramastra C. Wilogo
NRP : 4213 100 096
Department : Marine Engineering
Supervisor : Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Dr. I. Made Ariana, ST., MT.

ABSTRACT

Seachest is the place where the entry of sea water for the benefit of those systems on ships such as the cooling system, fire fighting system, and the other passing through the pipe that the main pipe Seachest. Therefore, these pipes must be resistant to the possibility of corrosion caused by the salt content of sea water, and also must have a good strength and flexibility in receiving the collision and therefore contributes to the cost of investment in care. Knowing the strength of a material can be tested impact. In this study will be analyzed descriptive data regarding the use of HDPE pipe liners in the main pipe by means of an experimental Seachest using specimens of iron pipe in a sheathed part of HDPE pipe in the form of plates and tested by the test impact test. The data from this test results are then compared with the test results without HDPE coating, so that obtained the conclusion between the strength ratio of the test results.

According to the analysis that has been done, the addition of the thickness of the specimen affects the value of impact energy and impact toughness value in testing. Specimens using a 4 mm steel plate by adding layers of HDPE plate by 13 mm has a value of 122.5373 Joule impact energy and has a toughness value of 0.728429 Joules / mm² compared to a specimen using a 11 mm steel amounted to 121.8206 1.136001 Joule and Joule / mm².

Keyword: Pipe seachest, HDPE pipe liner, charpy impact testing, impact energy, impact toughness.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisa Penggunaan “High-Density Polyethylene” (Hdpe) Pipe *Liner* Pada Pipa Utama *Seachest* Di Kapal”. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk kelulusan tahap pendidikan strata-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan Program Reguler, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Apresiasi juga diberikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dan membantu dalam penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih dan syukur diberikan kepada:

1. Budi Cahyono Wilogo dan Nepsi Sari Rezeki selaku orang tua penulis yang telah memberikan dukungan moral dan finansial, serta Damarsasi C. Wilogo, Danandityo C. Wilogo, dan Kartika Yulianti yang selalu mendoakan dan mendukung penulis.
2. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc. dan Bapak Dr. I. Made Ariana, ST., MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing penulis dan memberikan saran selama pengerjaan tugas akhir.
3. Om Ahman Saifudin, Tante Mantuh, Mr. Fahad, Pak Didik dan Balai Riset dan Standarisasi Nasional (Baristand) Surabaya,
4. Teman-teman warper society dan Barakuda 13 selaku keluarga baru bagi penulis selama di Surabaya.

Penulis berharap skripsi ini mampu memberikan kontribusi terhadap pengetahuan, pengalaman bagi para pembaca.

Penulis mengakui bahwa ada kekurangan dalam penulisan skripsi ini yang disebabkan oleh kurangnya pengalaman dan keterbatasan pengetahuan. Oleh karena itu penulis mengharapakan pembaca untuk memberikan masukan yang mungkin bermanfaat bagi tulisan ini.

Surabaya, April 2017

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR DEKLARASI	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACK	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	2
I.3. Batasan Masalah	2
I.4. Tujuan Penelitian	2
I.5. Manfaat Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
II.1. 1. <i>Seachest</i>	3
II.1. 2. Kosori Pipa Utama <i>Seachest</i>	3
II.1. 3. Pipa HDPE <i>Liner</i>	4
II.1. 4. Pengujian <i>Impact</i>	8
BAB III	11
BAB IV	17
IV.1. Desain Penelitian	17
IV.2. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	17
IV.3. Alat dan Bahan	17
IV.4. Spesimen.....	19
IV.4.3. Proses Pengujian.....	24
IV.4.4. Perhitungan Uji <i>Impact</i>	25
IV.4.5. Perbandingan Antar Spesimen.....	39
IV.4.5. Perbandingan pipa HDPE <i>Liner</i> dengan pipa baja	42
BAB V	45
V.1. Kesimpulan	45
V.2. Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	49
BIODATA PENULIS	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Menarik tali baja.	5
Gambar II.2. Pulling Machine.....	5
Gambar II.3. Menyiapkan penutup pipa besi.	6
Gambar II.4. Pelumasan pig.	6
Gambar II.5. Pig dimasukkan kedalam pipa besi.	6
Gambar II.6. Penutup pipa besi dipasang.	7
Gambar II.7. Udara bertekanan dimasukkan.....	7
Gambar II.8. Katikan tali baja dengan HDPE <i>Liner</i>	7
Gambar II.9. HDPE <i>Liner</i> ditarik kedalam pipa besi.....	8
Gambar II.10. Ilustrasi pengujian <i>impact charpy</i>	9
Gambar III.1. Ilustrasi Spesimen	11
Gambar III.2. Ilustrasi Spesimen	12
Gambar III.3 Bagan alur metodologi penelitian.....	14
Gambar III.4 Bagan Pengujian Spesimen Tanpa Penambahan HDPE	15
Gambar III.5 Bagan Pengujian Spesimen Dengan Penambahan HDPE.....	16
Gambar IV.1. Alat Uji <i>Impact</i>	17
Gambar IV.2. Mesin Sekrap.	18
Gambar IV.3. Jangka Sorong.	18
Gambar IV.4. Plat Baja.	18
Gambar IV.5. Plat HDPE.	19
Gambar IV.6. <i>Resin epoxy</i>	19
Gambar IV.7. P&ID <i>Seachest</i>	19
Gambar IV.8. Spesifikasi Berdasarkan Standar ASTM A370.	20
Gambar IV.9. Pemotongan plat menggunakan <i>cutting torch</i>	21
Gambar IV.10. Sekrap plat HDPE.	21
Gambar IV.11. Spesimen A	22
Gambar IV.12. Spesimen B.....	22

Gambar IV.13. Spesimen C.....	22
Gambar IV.14. Spesimen D	23
Gambar IV.15. Spesimen E.....	23
Gambar IV.16. Spesimen F.....	23
Gambar IV.17. Spesimen siap diujikan.....	23
Gambar IV.18. Alat uji <i>impact charpy</i> Baristand.....	24
Gambar IV.19. Pengukuran spesimen.....	25
Gambar IV.21. Grafik perbandingan <i>Mean energi impact</i>	38
Gambar IV.22. Grafik perbandingan <i>Mean nilai ketangguhan impact</i>	39
Gambar IV.23. Grafik perbandingan spesimen D dan F.....	40
Gambar IV.24. Grafik perbandingan spesimen C dan F.	41
Gambar IV.25. Grafik perbandingan spesimen A dan F.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Sifat mekanis dan teknis dari pipa baja.	10
Tabel III.1. Pengamatan Nilai Uji <i>Impact</i>	12
Tabel IV.1. ASTM A53 <i>Type A</i>	20
Tabel IV.2. Tabel sudut ayun hasil uji <i>impact</i>	24
Tabel IV.3. Spesifikasi alat uji <i>impact</i>	25
Tabel IV.4. Dimensi Spesimen.	25
Tabel IV.5. Data Hasil Pengujian.	36
Tabel IV.6. <i>Mean</i> nilai energi terserap.	37
Tabel IV.7. <i>Mean</i> nilai ketangguhan.	38
Tabel IV.8. Perbandingan spesimen D dan F.	39
Tabel IV.9. Perbandingan spesimen C dan F.	40
Tabel IV.9. Perbandingan spesimen A dan F.	41
Tabel IV.10. Spesifikasi pipa baja <i>schedule 40 6"</i>	43
Tabel IV.11. Spesifikasi pipa HDPE SDR 26 (PN6).	43
Tabel IV.12. Spesifikasi pipa baja <i>schedule 80 6"</i>	44

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Pipa galvanis yang digunakan sebagai pipa utama pada konstruksi *Seachest* pada umumnya merupakan pipa baja yang dialpisi zinc sebagai pelapis anti korosinya, sedangkan tingginya laju aliran fluida air laut pada *Seachest* dapat menyebabkan tinggi pula laju korosi yang terjadi. (Dwisetiono, 2013) *Seachest* pada kapal berfungsi untuk tempat masuknya air laut kedalam kapal dan air laut tersebut dibutuhkan untuk sistem-sistem yang menggunakan air laut sebagai media utamanya, seperti sistem ballast, sistem fire fighting, sistem pendinginan, sistem sanitary.

Salah satu komponen terpenting pada konstruksi *Seachest* adalah pipa utamanya karena melalui pipa ini air laut masuk kedalam kapal sebelum di alirkan ke sistem-sistem yang membutuhkannya. (Budi Utomo, 2007) operasi suatu sistem perpipaan di kapal dapat menyebabkan penurunan mutu awal dari suatu pipa. Terjadinya penurunan mutu tergantung dari: Fungsi sistem, Jenis, Standar dan spesifikasi pipa, dan Tingkat pemeliharaan pipa. Penurunan mutu sistem pipa di dalam kapal khususnya di dalam kamar mesin disebabkan oleh: Pengkaratan (korosi), Retak dan Robek, Pengikisan dan deformasi. Akibat dari korosi yang terjadi di pipa selain kerugian biaya yang disebabkan korosi juga menyebabkan kerugian hilangnya efisiensi karena produk korosi tersebut misalnya akan menyumbat saringan dan jadi isolator panas. Selain dari itu material produk yang dihasilkan sistem akan terkontaminasi oleh produk korosi, juga bisa menyebabkan terjadinya penurunan dimensi dan kekuatan konstruksi akibat penipisan oleh korosi.

Oleh karena itu pipa utama *Seachest* harus lah tahan terhadap tingkat keasaman air laut agar tidak mengalami korosi, pada *Seachest* secara umum sudah menggunakan zinc anode untuk mencegah korosi, tetapi hal itu masih dianggap kurang efficient dan effective dalam pencegahan korosi pada pipa utama *Seachest*. Penggunaan HDPE Liner, atau pipa baja yang diberikan lapisan pipa HDPE pada sisi dalamnya sudah diterapkan pada pipa yang digunakan untuk mengalirkan minyak di perusahaan minyak di timur tengah. Pada umumnya penerapan pipa HDPE Liner hanya sebagai bahan pencegah korosi, padahal partikel pada bahan HDPE juga dapat digunakan sebagai penguat dari pipa besi tersebut. (Johannes de Bruin, 2016) Untuk mendapatkan nilai kekuatan dari suatu material dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai yang dibutuhkan sebagai dasaran pemilihan. Pengujian yang dapat dilakukan adalah pengujian impact, dimana pengujian impact adalah pengujian untuk mendapatkan nilai energi terserap dari material dan juga nilai ketangguhannya, pengujian impact merupakan pengujian merusak bahan/*destructive test* yang berguna untuk mengetahui kualitas dari suatu bahan dan berkaitan dengan dasaran pertimbangan pemilihan suatu bahan.(Umam,2015)

Dalam penelitian ini akan diangkat masalah tentang kekuatan dari pipa HDPE liner yang akan digunakan sebagai pengganti pipa baja pada seachest. Kekuatan dari pipa HDPE Liner didapatkan melalui pengujian, dimana pengujian mengukana pengujian impact chapry dengan spesimen pipa yang dibentuk plat, kemudian pada pasca pengujian akan dilakukan analisa dan kalkulasi hasil pengujian material pipa HDPE yang dibentuk menjadi spesimen plat dan diuji menggunakan pengujian impact charpy.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah penulis uraikan sebelumnya, maka rumusan permasalahan yang timbul adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh penggunaan *HDPE Liner* pada pipa utama *seachest*?
2. Bagaimana hasil uji *impact* dari pipa yang menggunakan spesimen *HDPE Liner*?
3. Seberapa besarkah Komposisi *HDPE Liner* yang sesuai sebagai pengganti untuk pipa *seachest*?

I.3. Batasan Masalah

Batasan permasalahan pada penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Batasan masalah hanya pada pipa *Seachest* dengan spesifikasi *schedule 80* dengan diameter dalam 6 inchi.
2. Penelitian hanya dilakukan pada spesimen terkait kekuatan dan ketangguhan menerima pengujian *impact*, bukan laju korosi yang terjadi pada *HDPE Liner*.

I.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan dari penyusunan Tugas Akhir ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh penggunaan *HDPE Liner* pada pipa utama *Seachest*
2. Mengkalkulasi hasil uji material mekanik pipa yang menggunakan *HDPE Liner*
3. Memilih komposisi *HDPE Liner* yang sesuai dengan pipa baja sebagai pengganti untuk pipa *seachest*.

I.5. Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini antara lain :

1. Mengetahui efektifitas penggunaan pipa *HDPE Liner* pada pipa utama *Seachest* dengan menguji material dari pipa tersebut sehingga mendapatkan hasil yang dapat diterima untuk diaplikasikan sebagai pipa utama *Seachest*.
2. Membantu pihak owner kapal dan juga galangan kapal sebagai opsi pemilihan material pipa *seachest* untuk mendapatkan bahan yang lebih reliable.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. 1. *Seachest*

Seachest adalah suatu perangkat yang dipasang pada sisi dalam plat kulit kapal yang berada dibawah permukaan air di sekitar kamar mesin dan berperan sebagai lubang pengisapan untuk mensuplai kebutuhan system air laut pada eksploitasi kapal. Misalnya suplai air laut untuk pendinginan mesin, untuk sistem ballast, untuk sistem pemadam kebakaran dan lain sebagainya.

Pada umumnya *Seachest* dipasang pada dua (2) tempat yang berbeda ketinggiannya, mengingat bervariasinya kedalaman perairan yang dilewati. Dan harus dipertimbangkan bahwa *Seachest* masih dapat menghisap air laut dengan baik dan tidak menghisap udara, walaupun kondisi kapal miring sampai 22,5 derajat dari keadaan vertikal.

Kelengkapan dari *Seachest* sebagai lubang pengisapan secara garis besar adalah terdiri dari plat dinding *Seachest*, pipa-pipa isap untuk bermacam-macam pemakaiannya, pipa peniup udara, pipa pembuangan udara, pipa-pipa by pass, strainer, sea grating, valve, packing, baut pengikat dan lain-lain yang didalam perencanaannya telah diatur oleh peraturan Biro Klasifikasi.

II.1. 2. Kosori Pipa Utama *Seachest*

Pada umumnya pipa utama *Seachest* yang digunakan pada kapal adalah pipa galvanis, pipa galvanis merupakan pipa baja yang telah dilapisi zinc pada bagian luarnya, lapisan zinc tersebut bertujuan untuk menghindarkan dari korosi, tetapi pada beberapa kondisi lapisan tersebut akan mudah terkikis dan akhirnya pipa baja tidak terselubungi lapisan zinc seutuhnya sehingga kemungkinan korosi akan tetap terjadi.

Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi dengan lingkungan yang korosif. Korosi dapat juga diartikan sebagai serangan yang merusak logam karena logam bereaksi secara kimia atau elektrokimia dengan lingkungan. Korosi atau secara awam lebih dikenal dengan istilah pengkaratan merupakan fenomena kimia pada bahan-bahan logam diberbagai macam kondisi lingkungan. Penyelidikan tentang sistim elektrokimia telah banyak membantu menjelaskan mengenai korosi ini, yaitu reaksi kimia antara logam dengan zat-zat yang ada di sekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam matrik logam itu sendiri. Jadi dilihat dari sudut pandang kimia, korosi pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang berkontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen. Bila ditinjau dari interaksi yang terjadi, korosi adalah proses transfer elektron dari logam ke lingkungannya.

Logam bertindak sebagai sel yang memberikan elektron (anoda) dan lingkungan bertindak sebagai penerima elektron (katoda). Sedangkan penurunan mutu yang diakibatkan interaksi secara fisik bukan disebut korosi, namun biasa dikenal sebagai erosi dan keausan. Dengan reaksi ini sebagian logam akan “hilang”, menjadi suatu senyawa yang lebih stabil. Di alam, logam pada umumnya berupa senyawa, karena itu peristiwa korosi juga dapat dianggap sebagai peristiwa kembalinya logam menuju bentuknya sebagaimana ia terdapat di alam. Dan ini merupakan kebalikan dari proses

extractive metallurgy, yang memurnikan logam dari senyawanya. Dilihat dari penyebabnya, pada dasarnya korosi terjadi karena banyak faktor, diantaranya :

a. Pencemaran Udara

Umumnya pencemaran udara terjadi dalam konsentrasi tinggi dan konstan. Dimana terlalu banyak zat seperti debu dan gas, juga butiran arang serta oksida metal. Semua zat tersebut sering menjadi kendala tersendiri dan meningkatkan risiko munculnya masalah karat.

b. Suhu

Terlalu dingin dan lembab, adalah faktor yang dapat mempercepat munculnya masalah perkaratan pada pipa besi atau barang lain yang terbuat dari metal. Maka dari itu, saat berada di cuaca lembab, sebaiknya pipa dilapisi bahan khusus agar tidak mudah berkarat.

c. Tingkat Kelembaban

Selain suhu, tingkat kelembaban juga sering berdampak pada peningkatan masalah korosi pada pipa besi. Dan biasanya, tak terikat musim, bagian disudut rumah paling sering memiliki tingkat kelembaban tinggi, seperti daerah kamar mandi dan bawah tanah. Untuk itu, sebaiknya untuk saluran air digunakan jenis pipa pvc, seperti pipa hdpe dan sebagainya.

d. Kandungan Air

Dan yang terakhir, faktor utama dalam kemunculan korosi adalah air. Biasanya hal ini akan muncul saat pipa terpapar dengan curah hujan yang terlalu tinggi. Tanpaantisipasi dan penggunaan pipa besi yang terekspose setiap saat, maka korosi hanya tinggal menunggu waktu.

Banyak cara yang dapat dihindari dari kerugian munculnya pipa korosi dari penggunaan pipa besi. Seperti pertimbangan untuk daerah tertentu, perawatan rutin yang baik, penggunaan bahan lain pencegah karat dan sebagainya. Selain itu, menggunakan jenis pipa lain yang tak kalah kuat tapi dengan karakter lebih baik, seperti jenis pipa PE adalah cara tepat untuk menghindari kerugian akibat korosi.

Karakteristik umum pipa yaitu tidak boleh terdapat retakan, perbaikan menggunakan pengelasan tidak diperbolehkan, kemudian permukaan luar maupun dalam dari pipa harus halus dengan depresi ringan atau alur yang tidak rata akibat proses manufaktur dapat ditoleransi. (BKI Vol V, 2014)

II.1.3. Pipa HDPE Liner

HDPE (High Density Polyethylene) adalah material polietilena termoplastik berdensitas tinggi ($0,941 \leq \text{densitas} < 0,965$) yang merupakan gabungan dari carbon dengan hydrogen atom dan membentuk suatu produk dengan berat molekul tinggi.

(Lester H)

Bahan HDPE sudah umum digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pipa yang digunakan untuk mengalirkan fluida. Pipa HDPE memiliki kelebihan yaitu tahan terhadap korosi karena materialnya yang berupa plastik. Penggunaan pipa HDPE sekarang umumnya hanya sebagai bahan pencegah korosi pada bagian dalam pipa besi, padahal partikel pada bahan HDPE juga dapat digunakan sebagai penguat dari pipa besi tersebut. (Johannes de Bruin, 2016)

HDPE Liner merupakan penyelubungan lapisan dalam dari pipa besi menggunakan pipa HDPE, HDPE Liner sudah digunakan sejak sedekade terakhir sebagai penyelubung lapisan dalam pipa besi sebagai anti korosi dan anti abrasi. Dalam pembuatannya HDPE Liner membutuhkan biaya yang murah dan bahan yang mudah tersedia.

Pada instalasinya, sebelum instalasi lapangan dapat mulai, pipa baja host baru atau yang sudah ada yang dipotong untuk memungkinkan penyisipan *Liner* HDPE. Setelah HDPE *Liner* diproduksi dan dikirim ke lapangan untuk instalasi, *Liner* yang pendek (12 m atau lebih) di gabung dengan cara "thermal fusion" jika dibutuhkan *Liner* yang panjang. Blow-down pig dan pengukur plat kemudian dilekatkan pada kabel baja dan dikirim melalui bagian dari pipa masukan. Setelah kabel baja ditarik mencapai ujung pipa keluaran, bagian pipa telah dibersihkan untuk instalasi HDPE *Liner*. (Jim Schmitz, 2015)

Langkah-langkah instalasi :

1. Menyiapkan alat penarik (pulling machine).

Tujuan dari alat penarik ini adalah untuk memasukan tali baja dari ujung ke ujung berikutnya pipa besi dan menarik HDPE *Liner* kedalam pipa besi.



Gambar II.1. Menarik tali baja.
(dokumentasi pribadi; Oman,2016)



Gambar II.2. Pulling Machine.
(dokumentasi pribadi; Oman,2016)

2. Menyiapkan alat *pigging* (*pigging device*).

Pigging disini digunakan untuk mengirim tali baja dari satu ujung pipa besi ke ujung lainnya, selain itu *pigging* digunakan untuk membersihkan bagian dalam pipa besi sebelum HDPE *Liner* dimasukkan. diameter dari pig harus lebih kecil dari diameter dalam pipa besi supaya dapat didorong ketika udara bertekanan dimasukkan kedalam pipa besi.

- a. Langkah pertama penutup pipa besi disiapkan, tujuan dari tutupan pipa besi ini adalah untuk menyambungkan nozzle sebagai pemberi udara bertekanan.

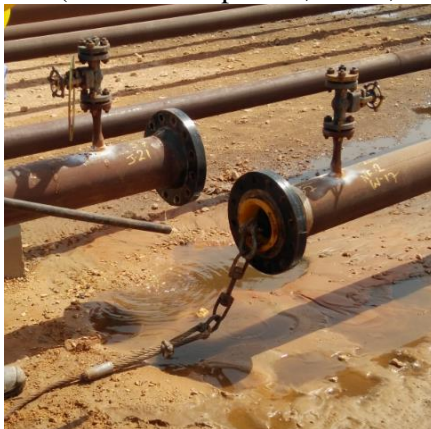


Gambar II.3. Menyiapkan penutup pipa besi.
(dokumentasi pribadi; Oman,2016)

b. Langkah kedua adalah menyiapkan pig, pig yang digunakan harus lah yang berjenis hard pig supaya tidak hancur ketika di dorong menggunakan udara bertekanan. Sebelum dimasukkan pig harus diberi pelumas supaya dapat masuk kedalam pipa besi dengan mudah.



Gambar II.4. Pelumasan pig.
(dokumentasi pribadi; Oman,2016)



Gambar II.5. Pig dimasukkan kedalam pipa besi.
(dokumentasi pribadi; Oman,2016)

c. Tutup pipa besi menggunakan penutup yang sudah disiapkan.



Gambar II.6. Penutup pipa besi dipasang.
(dokumentasi pribadi; Oman,2016)

3. Menghubungkan dengan sumber udara bertekanan.
Udara bertekanan dihasilkan dari *compressor* yang dihubungkan kedalam pipa besi melalui penutup yang sudah dipasang sebelumnya.



Gambar II.7. Udara bertekanan dimasukkan.
(dokumentasi pribadi; Oman,2016)

4. Sambungkan tali baja dengan HDPE *Liner*.
Ketika pig sudah di dorong menggunakan udara bertekanan ke ujung lainnya dari pipa besi, pig dilepas kemudian tali baja dikaitkan dengan HDPE *Liner*.



Gambar II.8. Katikan tali baja dengan HDPE *Liner*.
(dokumentasi pribadi; Oman,2016)

5. Tarik HDPE *Liner* menggunakan mesin penarik yang sudah disiapkan sebelumnya.



Gambar II.9. HDPE *Liner* ditarik ke dalam pipa besi.
(dokumentasi pribadi; Oman,2016)

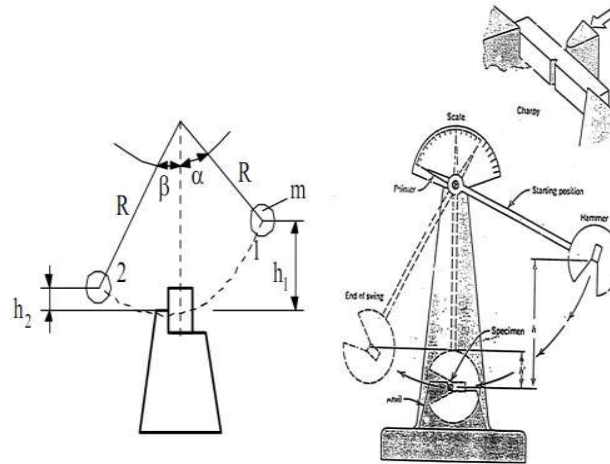
II.1. 4. Pengujian *Impact*

Pengujian *impact* adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu, yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan spesimen menyerap energi yang diberikan.

Pengujian *impact* merupakan salah satu proses pengukuran terhadap sifat kerapuhan bahan. Sifat keuletan atau toughness dari suatu bahan yang tidak dapat terdeteksi oleh pengujian lain, jika dua buah bahan akan memiliki sifat yang mirip sama namun jika diuji dengan *impact* test itu akan berbeda. Pengujian *impact* dilakukan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap pembebanan kejut (*shock resistance*), seperti kerapuhan yang disebabkan oleh perlakuan panas atau sifat kerapuhan dari produk tuangan (*Casting*) serta pengaruh bentuk dari produk tersebut. (Umam, 2015)

Pengujian *impact* merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba. Pengujian ini dilakukan pada mesin uji yang dirancang dengan memiliki sebuah pendulum dengan berat tertentu yang mengayun dari suatu ketinggian untuk memberikan beban kejut, dalam pengujian ini terdapat dua macam cara pengujian yakni cara “*Izod*” dan cara “*Charpy*” yang berbeda menurut arah pembebanan terhadap bahan uji serta kedudukan bahan uji (Sudjana, 2008). Pada pengujian standar *Charpy* dan *Izod*, dirancang dan digunakan untuk mengukur energi impak yang dikenal dengan ketangguhan takik. Spesimen *charpy* berbentuk batang dengan penampang lintang bujur sangkar dengan takikan V oleh proses permesinan.

Pembebanan dalam proses pengujian pukul takik (*impact test*), diberikan oleh ayunan pendulum dengan berat G dan jarak terhadap sumbu putar R yang bergerak dari ketinggian h_1 pada sudut awal α .



Gambar II.10. Ilustrasi pengujian *impact charpy*
(Umam,2015)

Pada uji *impact*, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji harus diukur. Setelah bandul dilepas maka benda uji akan patah, setelah itu bandul akan berayun kembali, semakin besar energi yang terserap, semakin rendah ayunan kembali dari bandul. Energi terserap biasanya dapat dibaca langsung pada skala penunjuk yang telah dikalibrasi yang terdapat pada mesin pengujian. Energi terserap juga dapat dituliskan dalam bentuk rumus :

$$E = m \cdot g (h_1 - h_2) = \text{gaya} \times \text{jarak} \quad (\text{Wibowo, 2013})$$

dimana :

E = energi terserap = tenaga untuk mematahkan benda uji (Joule)

m = massa pendulum (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2) = 10 m/s^2

h_1 = tinggi jatuh palu godam (m) = $R - R \cos(\alpha)$

h_2 = tinggi ayunan palu godam (m) = $R - R \cos(\beta)$

R = jarak titik putar ke titik berat palu godam (m)

α = sudut jatuh ($^\circ$)

β = sudut ayun ($^\circ$)

Sehingga :

Besar *impact* (Joule/mm^2) = Energi terserap (Joule) / Luas penampang benda uji atau spesimen (mm^2).

Untuk pengujian yang menghasilkan nilai rata-rata, dibutuhkan paling minimal sebanyak 3 spesimen, kemudian dicari nilai rata-rata menggunakan rumus;

Besar *Impact* rata-rata (Joule/mm^2) = Besar *Impact* / Jumlah benda uji atau spesimen

Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia terhadap pengujian impact pipa

Peraturan BKI mengenai pipa baja terdapat pada BKI volume 5 section 5. Pada section ini dijelaskan peraturan mengenai spesifikasi standar dari pipa yang digunakan di kapal seperti karakteristik, porses manufaktur dan pengujian material.

Peraturan mengenai ketebalan minimum pipa sesuai dengan BKI volume 5 ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel II.1. Sifat mekanis dan teknis dari pipa baja.

Strength category or pipe grade	Tensile strength R_m [N/mm ²]	Yield strength R_{eH} [N/mm ²] min.	Elongation A_5 [%] min.		Impact energy KV ¹⁾ at 0°C [J] min.	
			long.	transv.	long.	transv.
KI-R 360	360 – 500	235	25	23	41	27
KI-R 410	410 – 570	255	21	19		
KI-R 490	490 – 650	310	19	17		

1) For pipes with wall thickness > 10 mm.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

1. Rumusan masalah

Menentukan terlebih dahulu permasalahan yang akan menjadi bahan analisa sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian. Untuk lebih memfokuskan pada tujuan penelitian, maka dalam identifikasi perumusan masalah ini ditentukan batasan – batasan permasalahan. Semua yang dituliskan disini masih berupa dugaan sementara dan perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang maksimal sebelum penelitian dilakukan.

2. Studi literatur

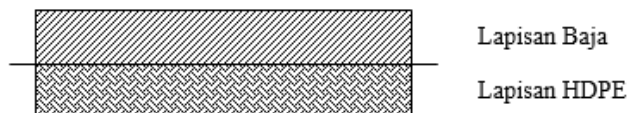
Berdasarkan permasalahan yang telah ditentukan sebelumnya, tahapan selanjutnya adalah mencari literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti. Literatur bisa bersumber dari buku, jurnal, artikel atau penelitian sebelumnya yang masih berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur ini bertujuan untuk membantu dalam menyelesaikan permasalahan yang ada berdasarkan teori maupun cara yang seharusnya dilakukan. Studi literatur ini juga digunakan untuk mencari tahu apakah penelitian serupa sudah pernah dilakukan atau belum. Dari sini bisa diketahui apakah penelitian yang akan dilakukan bisa dikerjakan atau tidak sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

3. Pengumpulan literatur

Setelah dilakukan studi literatur, penelitian bisa dilanjutkan jika terdapat data yang sesuai dengan keinginan untuk pembuatan spesimen dan juga mencari info melalui internet.

4. Perancangan Spesimen

Specimen pipa yang digunakan untuk pengujian, material besinya disesuaikan dengan pipa yang biasa digunakan pada pipa utama *seachest* dan dimasukkan HDPE *Liner* kedalamnya. Untuk pengujian specimen dibentuk menjadi lempengan dengan bahan material dan ketebalan yang disamakan dengan yang biasa digunakan pada pipa utama *Seachest*.

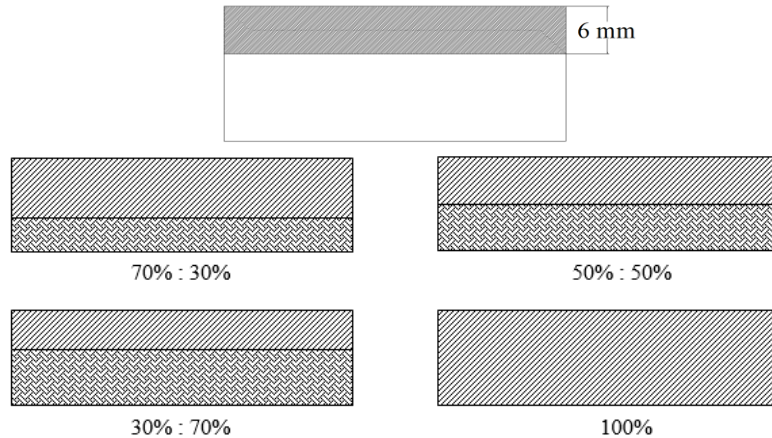


Gambar III.1. Ilustrasi Spesimen

5. Pengujian pada Spesimen

Setelah spesimen dibuat dan ditentukan batasan beserta variasi yang akan diberikan, tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian pada model. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah eksperimental, dan dengan pengujian material mekanik yaitu uji *impact*. Batasan dan variasi pada pengujian ini adalah pemberian lapisan HDPE pada lempengan baja dengan variasi ketebalan 70% baja banding 30% HDPE, 50 % HDPE dan baja, 30% baja banding 70% HDPE, dan baja tanpa dilapisi HDPE, dan variasi dengan ketebalan lebih tebal dari ketebalan pipa acuan dengan pertimbangan penambahan ketebalan pada diameter luar pipa, ketebalan bertambah 6 mm dari ketebalan awal. Setiap variasi komposisi dibentuk memiliki

ketebalan yang sama sebagai batasannya, karena untuk memilih spesifikasi dari pipa salah satu aspek yang diperhatikan adalah diameter dalam sehingga pada penelitian ini tidak menganalisa pengaruh penambahan ketebalan dari diameter dalam pipa utama *Seachest* terhadap laju aliran.



Gambar III.2. Ilustrasi Spesimen

6. Analisa Data dan Pembahasan

Pada akhir proses ini hasil dari pengujian spesimen sudah didapatkan. Dengan data yang didapat masih belum bisa menjawab permasalahan yang ada, untuk itu perlu dilakukan analisa data dan pembahasan pada hasil pengujian model berdasarkan teori dan penyelesaian masalah yang didapat pada saat studi literatur. Analisa data dan pembahasan ini bertujuan untuk menentukan proses pengambilan keputusan demi mendapatkan jawaban dari permasalahan yang ada sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian.

Tabel III.1. Pengamatan Nilai Uji *Impact*.

Eksperi men	Uji <i>Impact</i>				<i>Mean</i>
	Ketangguhan <i>Impact Charpy</i>				
	(Joule/mm ²)				
	1	2	3	4	
70% :					
30%					
50% :					
50%					

30% :
70%

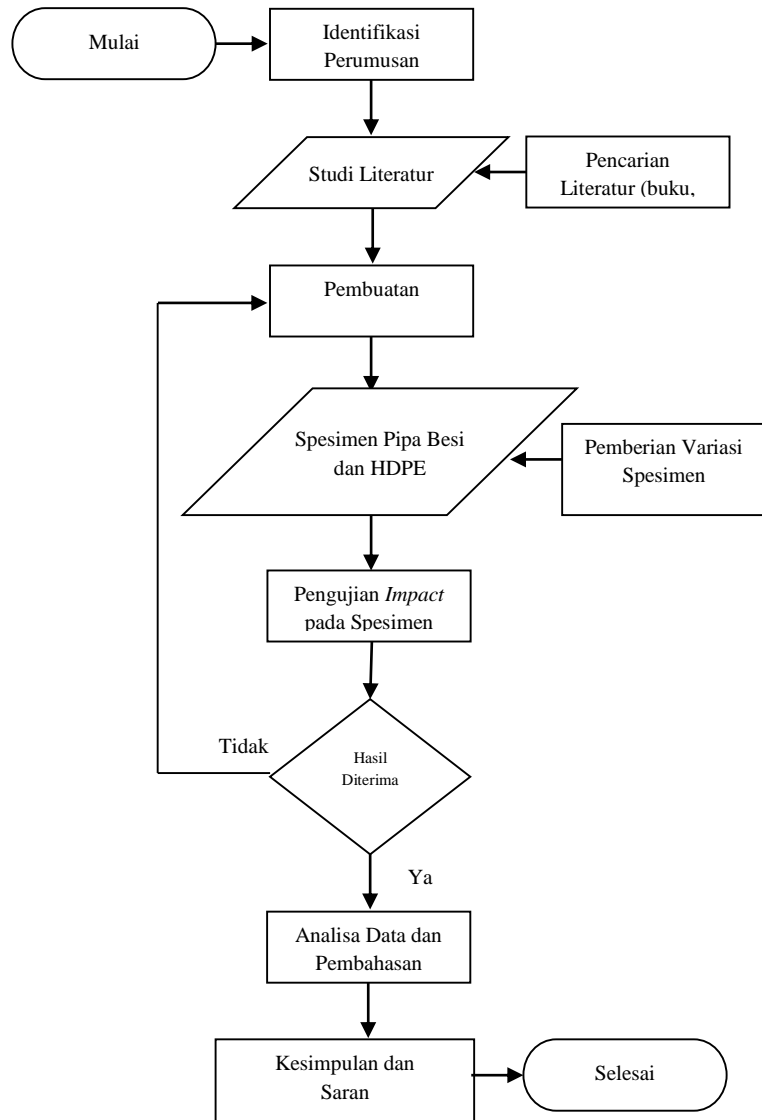
100%

7. Kesimpulan dan Saran

Dengan memperhatikan beberapa pertimbangan, dari analisa data dan pembahasan selanjutnya bisa dilakukan pengambilan keputusan untuk menarik kesimpulan dari seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan. Kesimpulan yang didapat merupakan jawaban dari permasalahan dalam penelitian ini. Kesimpulan ini merupakan hasil akhir dari penelitian yang dilakukan.

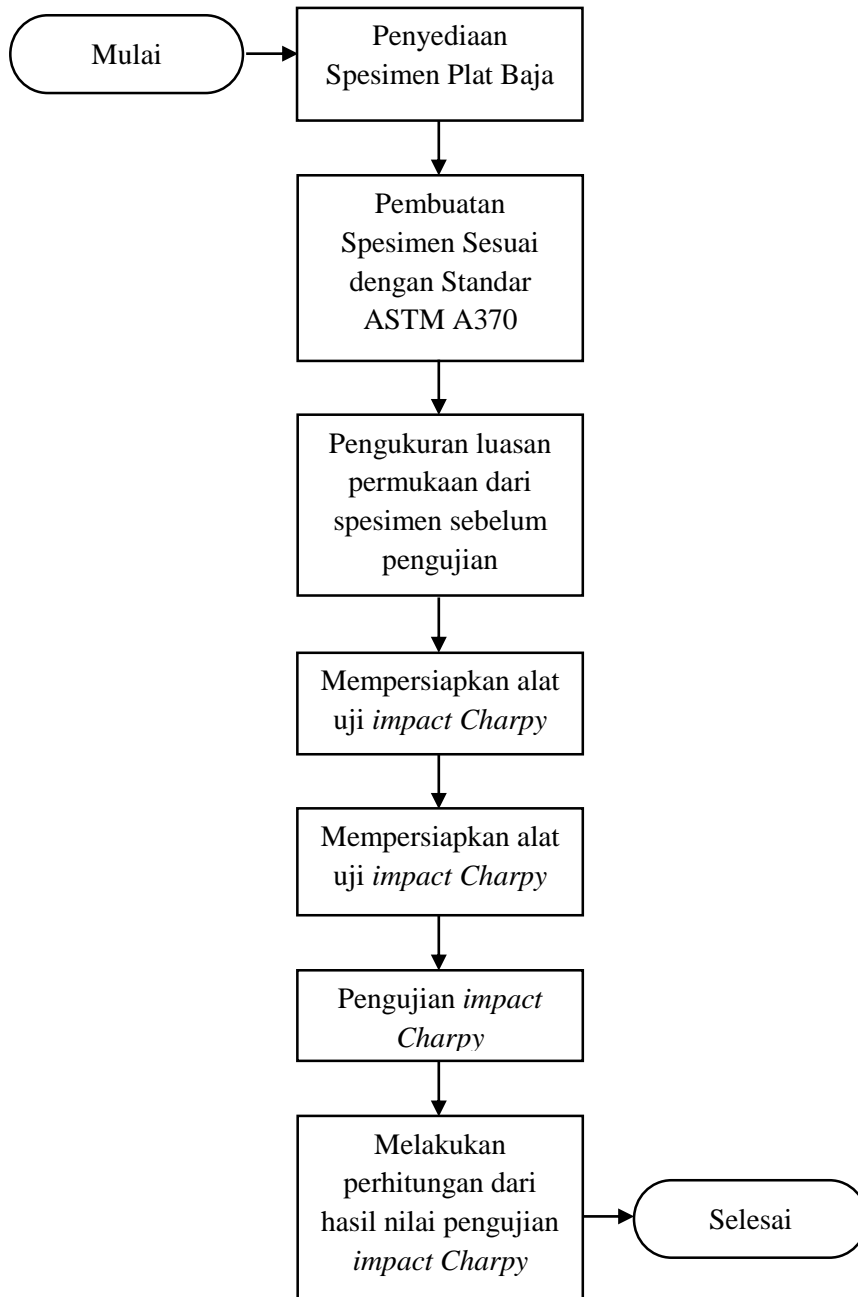
Dalam proses pengerjaan penelitian ini, kemungkinan ada kendala ataupun sesuatu yang belum bisa dikerjakan dalam penelitian karena suatu keterbatasan. Sehingga diperlukan saran – saran mengenai proses dan hasil yang didapat dari penelitian ini untuk pengembangan penelitian selanjutnya agar lebih baik lagi.

Berikut adalah bagan alur dari mulai hingga selesai untuk metodologi penelitian.



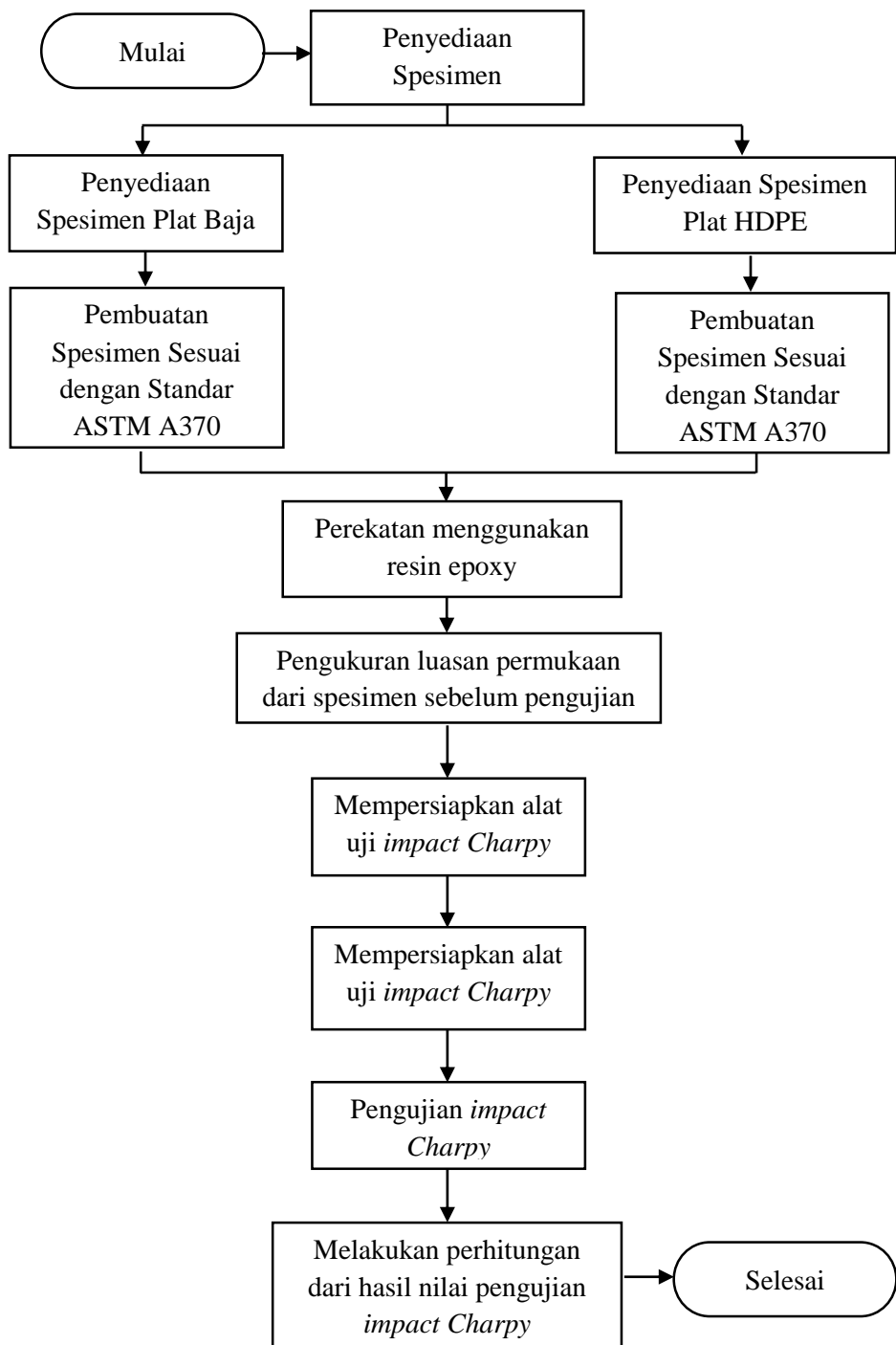
Gambar III.3 Bagan alur metodologi penelitian.

Berikut adalah bagan alur dari mulai hingga selesai untuk pembuatan spesimen pengujian yang tidak menggunakan penambahan HDPE.



Gambar III.4 Bagan Pengujian Spesimen Tanpa Penambahan HDPE

Berikut adalah bagan alur dari mulai hingga selesai untuk pembuatan spesimen pengujian dengan menggunakan penambahan HDPE.



Gambar III.5 Bagan Pengujian Spesimen Dengan Penambahan HDPE

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

IV.1. Desain Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu suatu metode untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan dengan cara pengujian. Penelitian ini akan menghasilkan data-data yang objektif sesuai dengan permasalahan metode eksperimen. Metode eksperimen yang dilakukan adalah meneliti pengaruh variasi ketebalan lapisan HDPE pada variasi ketebalan 4 mm, 5 mm, 7 mm dan 17 mm terhadap ketangguhan pelat baja karbon ST60 yang memiliki ketebalan variasi 4 mm, 6 mm dan 7 mm dibandingkan dengan plat baja dengan ketebalan 11 mm didapat dengan pengujian *impact charpy* dengan menggunakan *impact testing machine*.

IV.2. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2017. Tempat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan spesimen dilaksanakan di Lab. Ilmu Bahan Teknik Sistem Perkapalan ITS, Surabaya.
2. Pengujian *impact* dilakukan di Balai Riset dan Standarisasi Nasional (Baristand) Kementerian Perindustrian, Surabaya.

IV.3. Alat dan Bahan

1. Alat.

Ada beberapa alat yang dibutuhkan agar penelitian ini berjalan dengan baik, namun alat yang terpenting yaitu:

- a) Alat Uji *Impact*.



Gambar IV.1. Alat Uji *Impact*.

b) Mesin Sekrap.



Gambar IV.2. Mesin Sekrap.

c) Jangka Sorong.



Gambar IV.3. Jangka Sorong.

d) *Cutting torch*/las potong.

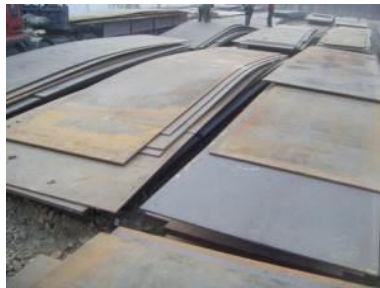
e) Kuas.

f) Amplas.

2. Bahan.

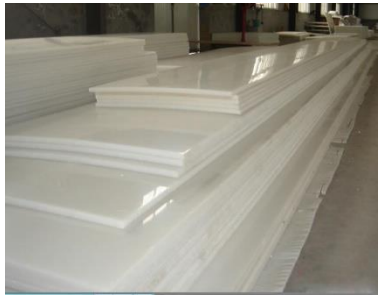
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a) Plat baja ST60.



Gambar IV.4. Plat Baja.

b) Plat HDPE.



Gambar IV.5. Plat HDPE.

c) Resin epoxy.



Gambar IV.6. Resin epoxy.

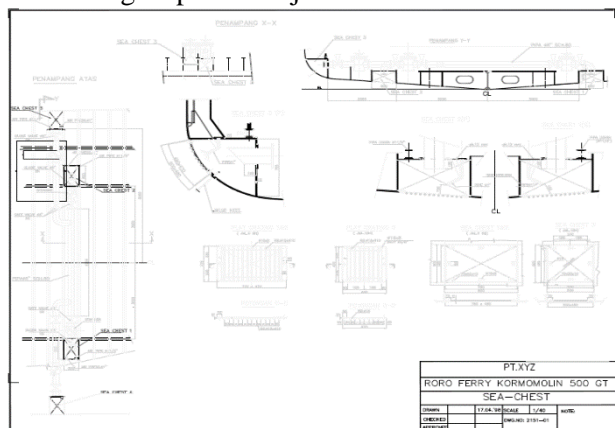
IV.4. Spesimen

IV.4.1. Data Pipa Utama *Seachest*

Ukuran dari tebalnya spesimen diambil dari data P&ID sistem *seachest* dari kapal yang ada. Pada penelitian ini kapal yang digunakan sebagai acuan adalah KMP. BOBOT MASIWANG, yang merupakan kapal ro-ro 500GT. Pipa *seachest* yang digunakan adalah pipa dengan diameter 6" *Schedule 80*.

Kemudian dilihat dari ASTM A53 dari data pipa tersebut, didapatkan diameter luar 6,625" atau 168,3 mm, diameter dalam 5,761" atau 146,3 mm dan tebal dinding 0,432" atau 10,97 mm.

Tebal dinding tersebut yang dijadikan sebagai tebal dari spesimen yang dibuat. Tebal spesimen yang diambil digenapkan menjadi 11 mm.



Gambar IV.7. P&ID *Seachest*.

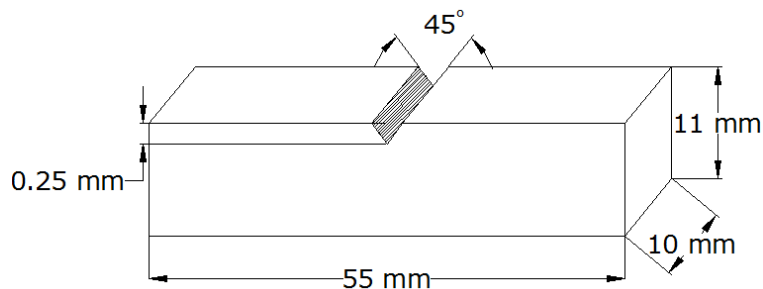
Tabel IV.1. ASTM A53 Type A.

Extra Heavy Pipe Schedule 80 - ASTM A53 Type A

NPS Designator	DN Designator	Outside Diameter		Inside Diameter		Wall Thickness		Nominal Weight (Mass) per unit Length			
		(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	Plain End (lb/ft)	Plain End (kg/m)	Threads & Couplings (lb/ft)	Threads & Couplings (kg/m)
1/8"	6	0.405	10.3	0.215	5.5	0.095	2.41	0.31	0.47	0.32	0.46
1/4"	8	0.540	13.7	0.302	7.7	0.119	3.02	0.54	0.80	0.54	0.80
3/8"	10	0.675	17.1	0.423	10.7	0.126	3.20	0.74	1.10	0.74	1.10
1/2"	15	0.840	21.3	0.549	13.9	0.147	3.73	1.09	1.62	1.09	1.62
3/4"	20	1.050	26.7	0.742	18.8	0.154	3.91	1.48	2.20	1.48	2.21
1"	25	1.315	33.4	0.957	24.3	0.179	4.55	2.17	3.24	2.19	3.25
1-1/4"	32	1.660	42.2	1.278	32.5	0.191	4.85	3.00	4.47	3.03	4.49
1-1/2"	40	1.900	48.3	1.500	38.1	0.200	5.08	3.63	5.41	3.65	5.39
2"	50	2.375	60.3	1.939	49.3	0.218	5.54	5.03	7.48	5.08	7.55
2-1/2"	65	2.875	73.0	2.323	59.0	0.276	7.01	7.67	11.41	7.75	11.52
3"	80	3.500	88.9	2.900	73.7	0.300	7.62	10.26	15.27	10.35	15.39
3-1/2"	90	4.000	101.6	3.364	85.4	0.318	8.08	12.52	18.63	12.67	18.82
4"	100	4.500	114.3	3.826	97.2	0.337	8.56	15.00	22.32	15.20	22.60
5"	125	5.563	141.3	4.813	122.3	0.375	9.52	20.80	30.94	21.04	31.42
6"	150	6.625	168.3	5.761	146.3	0.432	10.97	28.60	42.56	28.88	43.05
8"	200	8.625	219.1	7.625	193.7	0.500	12.70	43.43	64.64	44.00	65.41

IV.4.2. Pembuatan Spesimen

Setelah ketebalan ditentukan, pembuatan spesimen uji *impact* dilakukan. Pengujian dan bentuk dari spesimen berdasarkan ASTM A370. Pada ASTM A370 dituliskan jumlah minimal spesimen pengujian *impact* untuk mencari nilai rata-rata adalah 3 buah spesimen, pada pengujian ini menggunakan 4 buah spesimen, dan ukuran spesimen untuk ketebalan 11 mm keatas menggunakan ukuran *full size charpy V-notch*, yang berarti memiliki panjang 55 mm, lebar 10 mm dan *notch* berbentuk V dengan kedalaman 0,25 mm.



Gambar IV.8. Spesifikasi Berdasarkan Standar ASTM A370.

Berdasarkan standar tersebut kemudian pembuatan spesimen baru dapat dilaksanakan. Pada penelitian ini terdapat variasi terhadap ketebalan dengan penambahan lapisan HDPE.

Variasi meliputi, 70% baja : 30% HDPE, 50% HDPE dan baja, 30% baja : 70% HDPE, 3 mm baja : 14 mm HDPE, 100% HDPE, dan 100% baja.

Plat baja yang didapatkan untuk penelitian ini adalah dengan ketebalan 3 mm, 5 mm, 8 mm dan 11 mm. Setelah didapatkan plat baja yang diperlukan, pemotongan baja dapat dilakukan dengan menggunakan *cutting torch* atau las potong, sesuai dengan Standar ASTM A370 yang diacu.



Gambar IV.9. Pemotongan plat menggunakan *cutting torch*.

Untuk plat HDPE didapatkan ketebalan 11 mm, kemudian untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan, dipotong dan disekrap menggunakan alat sekrap. Ketebalan plat HDPE setelah disekrap adalah 3 mm, 6 mm, dan 8 mm.



Gambar IV.10. Sekrap plat HDPE.

Setelah didapatkan ukuran yang sesuai dengan standar yang diacu, penggabungan antara plat baja dengan plat HDPE menggunakan perekat *resin epoxy*. Perekatan ini dilakukan karena aplikasinya pada pipa baja dengan HDPE *Liner*, pipa HDPE yang memiliki diameter luar sama persis dengan diameter dalam pipa baja dan dimasukkan secara paksa menggunakan udara bertekanan sehingga kedua bahan tersebut berhimpit satu sama lain tanpa terdapat sedikit pun celah/gap diantaranya. Setelah perekatan, pemberian *V notch* pada spesimen, *notch* tersebut terletak pada sisi bagian belakang dari sisi yang diberikan *impact* pendulum pada alat uji *impact charpy*. Karena pada aplikasinya di pipa baja dengan HDPE *Liner* yang umumnya benturan terhadap sisi luar pipa, dan mengenai baja secara langsung. Oleh karena itu, pada penelitian ini pembuatan *V notch* dilakukan pada semua spesimen yang terdapat plat HDPE dan juga 1 variasi spesimen pada 100% baja.

Hasil spesimen setelah direkatkan :

- Spesimen A = 4 mm baja + 13 mm HDPE
- Spesimen B = 4 mm baja + 7 mm HDPE
- Spesimen C = 6 mm baja + 5 mm HDPE

- Spesimen D = 7 mm baja + 4 mm HDPE
- Spesimen E = 11 mm HDPE
- Spesimen F = 11 mm baja

Untuk mencari nilai rata-rata dari perhitungan kekuatan *impact* setelah pengujian, spesimen dibuat sebanyak 4 buah.

Berikut adalah gambar dari masing-masing spesimen yang disiapkan untuk pengujian;



Gambar IV.11. Spesimen A



Gambar IV.12. Spesimen B



Gambar IV.13. Spesimen C



Gambar IV.14. Spesimen D

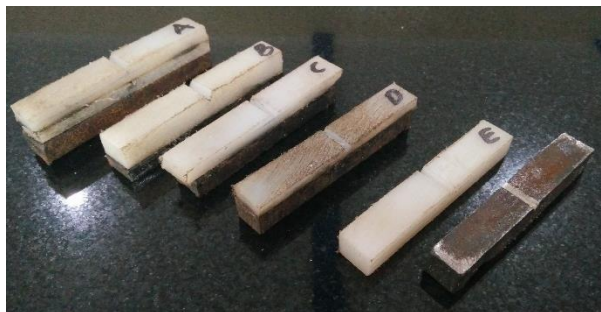


Gambar IV.15. Spesimen E



Gambar IV.16. Spesimen F

Pada setiap variasi spesimen disiapkan 4 buah untuk mencari nilai rata-rata hasil pengujian. Jumlah tersebut sesuai dengan standar ASTM A370 dimana untuk mencari nilai rata-rata hasil pengujian jumlah spesimen minimal 3 buah.



Gambar IV.17. Spesimen siap diujikan.

IV.4.3. Proses Pengujian

Setelah semua spesimen dipersiapkan, kemudian spesimen dilakukan pengujian . Pelaksanaan pengujian *impact* dilakukan di Balai Riset dan Standarisasi Nasional (Baristand) Kementerian Perindustrian.



Gambar IV.18. Alat uji *impact charpy* Baristand.

Sebelum pengujian dilaksanakan pada spesimen, alat uji dipersiapkan dan juga dikalibrasi dengan cara, yang pertama menentukan sudut jatuh dari pendulum (pengujian ini menggunakan sudut 120°) pada neraca yang terdapat pada alat uji, kemudian pendulum dinaikan sesuai sudut yang telah ditentukan menggunakan tuas engkol yang terdapat pada sisi kanan dari neraca, setelah itu lepas pendulum menggunakan tuas pengunci pendulum yang terdapat disisi kiri dari neraca, setelah itu perhatikan nilai sudut ayun dari pendulum yang ditampilkan pada neraca, jika sama dengan sudut jatuh yang sudah ditentukan sebelumnya maka alat uji sudah siap untuk digunakan.

Pada pengujian *impact* data yang ambil pada saat pengujian adalah sudut ayun dari pendulum.

Tabel IV.2. Tabel sudut ayun hasil uji *impact*.

Nama Spesimen	Sudut Ayun ($^\circ$)
A1	99.5
A2	98
A3	87
A4	93
B1	106
B2	100.5
B3	99
B4	102
C1	83
C2	85
C3	81.5
C4	83.5
D1	71
D2	78.5
D3	80.5
D4	77
E1	118

Nama Spesimen	Sudut Ayun (°)
E2	119.5
E3	119
E4	117.5
F1	102
F2	78
F3	73
F4	72

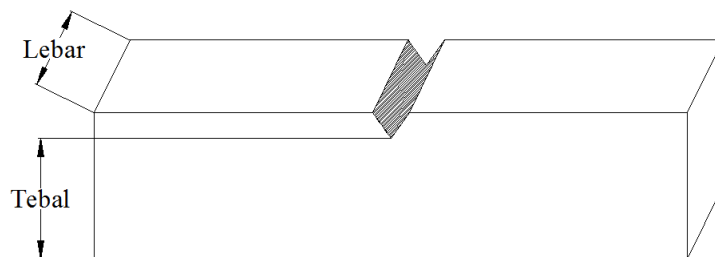
Setelah Hasil dari pengujian akan diperoleh nilai ketangguhan *impact*, yang setelah dihitung berdasarkan spesifikasi dari alat uji *impact* tersebut.

Tabel IV.3. Spesifikasi alat uji *impact*.

	Nilai	Satuan
α (Sudut Jatuh) maks	142	°
R(Jarak titik putar-bandul)	0,65	m
m (Massa pendulum)	25,72	Kg

IV.4.4. Perhitungan Uji *Impact*

Perhitungan dimensi spesimen didapatkan dengan cara mengukur lebar dan tebal dibawah *notch* pada spesimen, dari hasil pengukuran tersebut didapatkan luasan penampang dari spesimen yang telah diukur.



Gambar IV.19. Pengukuran spesimen.

Dimensi Spesimen

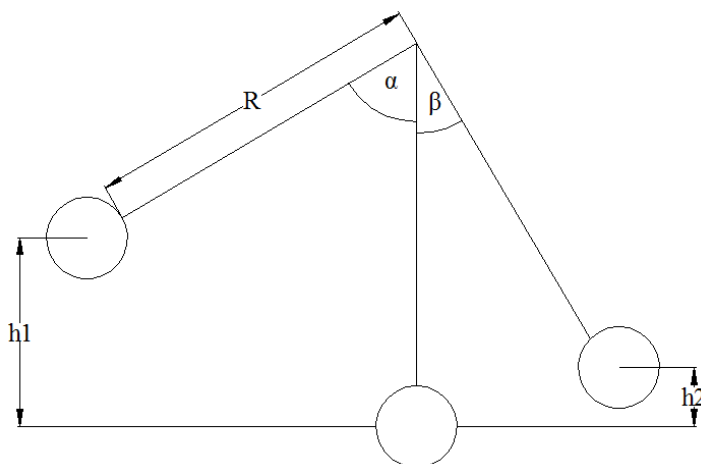
Tabel IV.4. Dimensi Spesimen.

Nama Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luasan (mm ²)
A1	10	16.8	168
A2	10	16.8	168
A3	10	16.7	167
A4	10,1	16.8	169.68
B1	10	10.7	107
B2	10,1	10.8	109.08
B3	10,1	10.7	108.07
B4	10	10.7	107

Nama Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luasan (mm ²)
C1	10,1	10.7	108.07
C2	10,1	10.8	109.08
C3	10,1	10.7	108.07
C4	10	10.7	107
D1	10	10.7	107
D2	10	10.8	108
D3	10,1	10.7	108.07
D4	10	10.8	108
E1	10	10.7	107
E2	10	10.8	108
E3	10,1	10.7	108.07
E4	10,1	10.7	108.07
F1	10	10.7	107
F2	10	10.8	108
F3	10	10.7	107
F4	10	10.7	107

Pada tabel diatas didapat nilai setelah pengukuran menggunakan jangka sorong pada sisi lebar dan tebal spesimen, terdapat perbedaan ukuran pada nilai pengukuran disebabkan oleh pemotongan spesimen yang tidak lurus untuk lebar spesimen, juga adanya penambahan *resin epoxy* pada tebal spesimen yang terdapat gabungan dengan HDPE (Spesimen A, B, C, D) dan juga mata pahat sekrup yang tidak rata.

Berdasarkan luasan dari spesimen yang telah dihitung dari dimensinya, spesifikasi dari alat uji *impact* dan juga nilai hasil pengujian, dapat didapatkan nilai ketangguhan dari spesimen tersebut.



Gambar IV.20.Sketsa Perhitungan Energi *Impact*.

Besarnya energy *impact* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$E1 \text{ (Joule)} = m \cdot g \cdot h1$$

$$E2 = m \cdot g \cdot h2$$

$$\Delta E = E1 - E2$$

$$= m \cdot g (h1 - h2)$$

.....(1)

Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui nilai h_1 dan h_2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h_1 \text{ (m)} &= R - R \cos(\alpha) \\ h_2 &= R - R \cos(\beta) \end{aligned} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan substitusi persamaan (1) dan (2) maka didapatkan:

$$\Delta E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

Untuk mengetahui kekuatan *impact* maka energy *impact* yang sudah didapatkan dibagi dengan luas penampang spesimen (L)

$$\text{Kekuatan Impact/Is (Joule/mm}^2\text{)} = E : L$$

- Spesimen A1

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 76^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(76^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,7419)$$

$$E = 121,55 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$Is = E : L$$

$$Is = 121,55 : 168$$

$$Is = 0,7235 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen A merupakan 3 mm baja + 14 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 168 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 121,55 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0.7235 J/mm².

- Spesimen A2

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 77,5^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(77,5^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,7164)$$

$$E = 117,37 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$Is = E : L$$

$$Is = 117,37 : 168$$

$$Is = 0,6986 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen A2 merupakan 3 mm baja + 14 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 168 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 117,37 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0,6986 J/mm².

- Spesimen A3

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 78^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(78^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,7079)$$

$$E = 115,97 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 115,97 : 167$$

$$I_s = 0,6945 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen A3 merupakan 3 mm baja + 14 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 167 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 115,97 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0,6945 J/mm².

- Spesimen A4

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 71^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(71^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,8255)$$

$$E = 135,246 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 135,246 : 169,68$$

$$I_s = 0,7971 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen A4 merupakan 3 mm baja + 14 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 169,68 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 135,246 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0,7971 J/mm².

- Spesimen B1

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 106^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(106^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,2244)$$

$$E = 36,764 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 36,764 : 107$$

$$I_s = 0,3436 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen B1 merupakan 3 mm baja + 8 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 168 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 36,764 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0,3436 J/mm².

- Spesimen B2

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 100,5^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(100,5^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,3178)$$

$$E = 52,067 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 52,067 : 109,08$$

$$I_s = 0,4773 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen B2 merupakan 3 mm baja + 8 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 109,08 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 52,067 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0,4773 J/mm².

- Spesimen B3

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 99^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(99^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,3436)$$

$$E = 56,2942 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 56,2942 : 108,07$$

$$I_s = 0,5209 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen B3 merupakan 3 mm baja + 8 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 108,07 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 56,2942 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0,5209 J/mm².

- Spesimen B4

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 102^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(102^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,2921)$$

$$E = 47,8566 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 47,8566 : 107$$

$$I_s = 0,4473 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen B4 merupakan 3 mm baja + 8 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 107 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 47,8566 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0,4473J/mm².

- Spesimen C1

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 83^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(83^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,6218)$$

$$E = 101,8735 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 101,8735 : 108,07$$

$$I_s = 0,9427 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen A merupakan 6 mm baja + 5 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 108,07 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 101,8735 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0,9427 J/mm².

- Spesimen C2

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 85^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(85^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,5871)$$

$$E = 96,1884\text{J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 96,1884 : 109,08$$

$$I_s = 0,8818 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen A merupakan 6 mm baja + 5 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar $109,08 \text{ mm}^2$. Energi *impact* yang diterima sebesar $96,1884 \text{ Joule}$ dan nilai kekuatan *impact* sebesar $0,8818 \text{ J/mm}^2$.

- Spesimen C3

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 81,5^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(81,5^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,6478)$$

$$E = 106,133 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 106,133 : 108,07$$

$$I_s = 0,9821 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen C3 merupakan 6 mm baja + 5 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar $108,07 \text{ mm}^2$. Energi *impact* yang diterima sebesar $106,133 \text{ Joule}$ dan nilai kekuatan *impact* sebesar $0,9821 \text{ J/mm}^2$.

- Spesimen C4

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 83,5^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(83,5^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,6132)$$

$$E = 100,4645 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 100,4645 : 107$$

$$I_s = 0,9389 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen C4 merupakan 6 mm baja + 5 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 107 mm^2 . Energi *impact* yang diterima sebesar $100,4645 \text{ Joule}$ dan nilai kekuatan *impact* sebesar $0,9389 \text{ J/mm}^2$.

- Spesimen D1

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 71^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(71^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,8255)$$

$$E = 135,2469 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 135,2469 : 107$$

$$I_s = 1,264 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen D1 merupakan 7 mm baja + 4 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 107 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 135,2469 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 1,264 J/mm².

- Spesimen D2

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 78,5^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(78,5^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,6993)$$

$$E = 114,5708 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 114,5708 : 108$$

$$I_s = 1,060841 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen D2 merupakan 7 mm baja + 4 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 108 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 114,5708 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 1,060841 J/mm².

- Spesimen D3

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 80,5^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(80,5^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,665)$$

$$E = 108,9512 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 108,9512 : 108,07$$

$$I_s = 1,00815 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen D3 merupakan 7 mm baja + 4 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar $108,07 \text{ mm}^2$. Energi *impact* yang diterima sebesar 108,9512 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar $1,00815 \text{ J/mm}^2$.

- Spesimen D4

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 77^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(77^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,7249)$$

$$E = 118,765 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 118,765 : 108$$

$$I_s = 1,0996 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen D4 merupakan 7 mm baja + 4 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 108 mm^2 . Energi *impact* yang diterima sebesar 118,765 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar $1,0996 \text{ J/mm}^2$.

- Spesimen E1

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 118^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(118^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,0306)$$

$$E = 5,0134 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 5,0134 : 107$$

$$I_s = 0,0468 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen E1 merupakan 11 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 107 mm^2 . Energi *impact* yang diterima sebesar 5,0134 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar $0,0468 \text{ J/mm}^2$.

- Spesimen E2

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 119,5^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(119,5^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,0076)$$

$$E = 1,2452 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 1,2452 : 108$$

$$I_s = 0,0115 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen E2 merupakan 11 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 108 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 1,2452 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0,0115 J/mm².

- Spesimen E3

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 119^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(119^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,0152)$$

$$E = 2,4903 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 2,4903 : 108,07$$

$$I_s = 0,02304 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen E3 merupakan 11 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 108,07mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 2,4903 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0,02304 J/mm².

- Spesimen E4

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 117,5^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(117,5^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,0383)$$

$$E = 6,2749 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$Is = E : L$$

$$Is = 6,2749 : 108,7$$

$$Is = 0,05806 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen E4 merupakan 11 mm HDPE, dengan nilai luas penampang sebesar 108,7 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 6,2749 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 0,05806J/mm².

- Spesimen F1

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 80,5^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\text{Cos}(\alpha) - \text{Cos}(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\text{Cos}(120^\circ) - \text{Cos}(80,5^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,665)$$

$$E = 108,9512 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$Is = E : L$$

$$Is = 108,9512 : 107$$

$$Is = 1,0182 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen F1 merupakan 11 mm baja, dengan nilai luas penampang sebesar 107 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 108,9512 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 1,0182 J/mm².

- Spesimen F2

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 78^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\text{Cos}(\alpha) - \text{Cos}(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\text{Cos}(120^\circ) - \text{Cos}(78^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,7079)$$

$$E = 115,9798 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$Is = E : L$$

$$Is = 115,9798 : 108$$

$$Is = 1,073887 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen F2 merupakan 11 mm baja, dengan nilai luas penampang sebesar 108 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 115,9798 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 1,073887 J/mm².

- Spesimen F3

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 73^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(73^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,7923)$$

$$E = 129,8076 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 129,8076 : 107$$

$$I_s = 1,2131 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen F3 merupakan 11 mm baja, dengan nilai luas penampang sebesar 107 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 129,8076 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 1,2131 J/mm².

- Spesimen F4

Diketahui :

$$\alpha = 120^\circ$$

$$R = 0,65 \text{ m}$$

$$m = 25,72 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\beta = 72^\circ$$

Energi *Impact*;

$$E = m \cdot g (\cos(\alpha) - \cos(\beta))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (\cos(120^\circ) - \cos(72^\circ))$$

$$E = 25,72 \cdot 9,8 (0,809)$$

$$E = 132,5436 \text{ J}$$

Kekuatan *Impact*;

$$I_s = E : L$$

$$I_s = 1,2131 : 107$$

$$I_s = 1,2387 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen F1 merupakan 11 mm baja, dengan nilai luas penampang sebesar 107 mm². Energi *impact* yang diterima sebesar 1,2131 Joule dan nilai kekuatan *impact* sebesar 1,2387J/mm².

Berikut data energy terserap dan ketangguhan *impact* pada setiap spesimen setelah dilakukan perhitungan pasca pengujian

Tabel IV.5. Data Hasil Pengujian.

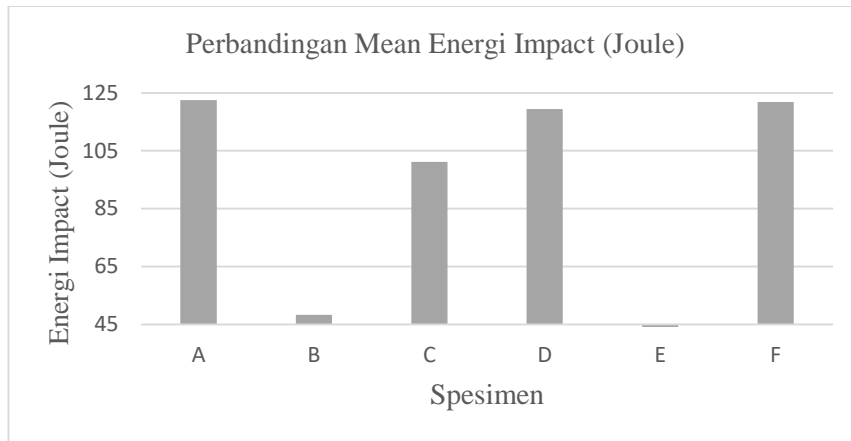
Nama Spesimen	Energi Terserap (Joule)	Luas Penampang (mm ²)	Ketangguhan <i>Impact</i> (Joule/ mm ²)
A1	121.5502	168	0.7235
A2	117.3724	168	0.6986

Nama Spesimen	Energi Terserap (Joule)	Luas Penampang (mm ²)	Ketangguhan <i>Impact</i> (Joule/ mm ²)
A3	115.9798	167	0.6945
A4	135.2469	169.68	0.7971
B1	36.7649	107	0.3436
B2	52.0672	109.08	0.4773
B3	56.2942	108.07	0.5209
B4	47.8566	107	0.4473
C1	101.8735	108.07	0.9427
C2	96.1884	109.08	0.8818
C3	106.1332	108.07	0.9821
C4	100.4645	107	0.9389
D1	135.2469	107	1.2640
D2	114.5708	108	1.0608
D3	108.9512	108.07	1.0082
D4	118.7650	108	1.0997
E1	5.0134	107	0.0469
E2	1.2452	108	0.0115
E3	2.4903	108.07	0.0230
E4	6.2749	108.07	0.0581
F1	108.9512	107	1.0182
F2	115.9798	108	1.0739
F3	129.8076	107	1.2132
F4	132.5436	107	1.2387

Dengan menjumlahkan setiap nilai energi terserap pada masing-masing spesimen dan dibagi dengan 4 atau jumlah dari masing-masing spesimen, berikut adalah nilai rata-rata dari energi terserap yang diterima oleh setiap spesimen;

Tabel IV.6. *Mean* nilai energi terserap.

Nama Spesimen	Energi terserap (Joule)				<i>Mean</i> (Joule)
	1	2	3	4	
A	121.5502	117.3724	115.9798	135.2469	122.5373
B	36.7649	52.0672	56.2942	47.8566	48.2457
C	101.8735	96.1884	106.1332	100.4645	101.1649
D	135.2469	114.5708	108.9512	118.7650	119.3835
E	5.0134	1.2452	2.4903	6.2749	3.7559
F	108.9512	115.9798	129.8076	132.5436	121.8206



Gambar IV.21. Grafik perbandingan *Mean* energi *impact*.

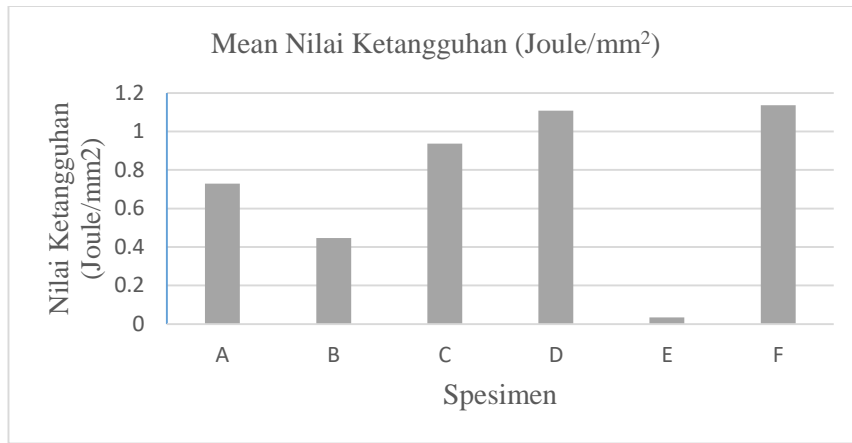
Grafik diatas merupakan perbandingan nilai rata-rata energi *impact* yang terserap pada masing-masing spesimen. Nilai rata-rata *energy impact* yang diperoleh adalah A bernilai 122,5373 Joule, B bernilai 48,2457 Joule, C bernilai 101,1649 Joule, D bernilai 119,3835 Joule, E bernilai 3,7559 Joule, dan F bernilai 121,8206 Joule.

Grafik menunjukkan spesimen A yaitu 4 mm baja + 13 mm HDPE yang merupakan spesimen dengan total ketebalan 17 mm, memperoleh nilai tertinggi diatas spesimen F yang merupakan 11mm baja. Namun pada spesimen dengan ketebalan yang sama, spesimen F tetap lebih besar nilainya, walaupun berselisih 2,43 Joule dari spesimen D yang merupakan 7 mm baja + 4 mm HDPE.

Dengan menjumlahkan setiap nilai ketangguhan pada masing-masing spesimen dan dibagi dengan 4 atau jumlah dari masing-masing spesimen, berikut adalah nilai rata-rata dari nilai ketangguhan *energy impact* terserap yang diterima oleh setiap spesimen;

Tabel IV.7. *Mean* nilai ketangguhan.

Nama Spesimen	Nilai Ketangguhan (Joule/ mm ²)				<i>Mean</i> (Joule/ mm ²)
	1	2	3	4	
A	0.7235	0.7235	0.7235	0.7235	0.72843
B	0.3436	0.3436	0.3436	0.3436	0.447273
C	0.9427	0.9427	0.9427	0.9427	0.936369
D	1.2640	1.2640	1.2640	1.2640	1.108165
E	0.0469	0.0469	0.0469	0.0469	0.034873
F	1.0182	1.0182	1.0182	1.0182	1.136001



Gambar IV.22. Grafik perbandingan *Mean* nilai ketangguhan *impact*.

Grafik diatas merupakan perbandingan nilai rata-rata ketangguhan *impact* yang terserap pada masing-masing spesimen. Nilai rata-rata ketangguhan *impact* yang diperoleh adalah A bernilai 0,72843 Joule/ mm², B bernilai 0,447273 Joule/ mm², C bernilai 0,936369 Joule/ mm², D bernilai 1,108165 Joule/ mm², E bernilai 0,034873 Joule/ mm², dan F bernilai 1,136001 Joule/ mm².

Grafik menunjukkan spesimen F yaitu 11 mm baja memiliki nilai lebih tinggi terhadap spesimen D yang merupakan 7 mm baja + 4 mm HDPE.

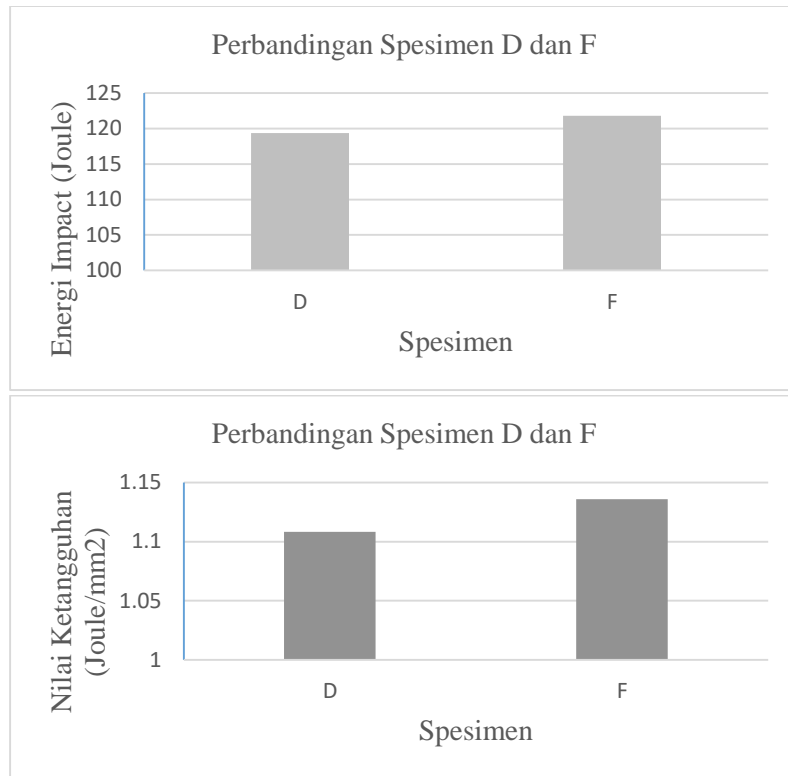
IV.4.5. Perbandingan Antar Spesimen

Berdasarkan hasil kalulasi setelah pengujian, Spesimen A, Spesimen B, Spesimen C, Spesimen D, dan Spesimen F memiliki nilai energy *impact* yang memenuhi syarat yang diatur class BKI, pada Volume V, Section 5 yang memiliki nilai minimum energy *impact* sebesar 41 Joule.

Berdasarkan nilai hasil pengujian, maka pemilihan spesimen dengan membandingkan antara 3 spesimen yang memiliki nilai *Mean* energi *impact* dan nilai *Mean* ketangguhan *impact* tertinggi dapat dilakukan. Tujuan dari pemilihan ini adalah untuk mendapatkan spesimen yang menggunakan lapisan HDPE setara dengan spesimen baja tanpa lapisan HDPE dalam hal ketangguhan *impact* yang diserap oleh masing-masing spesimen. Spesimen yang dipilih adalah spesimen D yang merupakan 7 mm baja + 4 mm HDPE, spesimen C yaitu 6 mm baja + 5 mm HDPE, dan spesimen A yaitu 4 mm baja + 13 mm HDPE.

Tabel IV.8. Perbandingan spesimen D dan F.

	Spesimen D	Spesimen F	Selisih
<i>Mean</i> (Joule)	119.3835	121.8206	2,4371
<i>Mean</i> (Joule/ mm ²)	1.108165	1.136001	0,027836

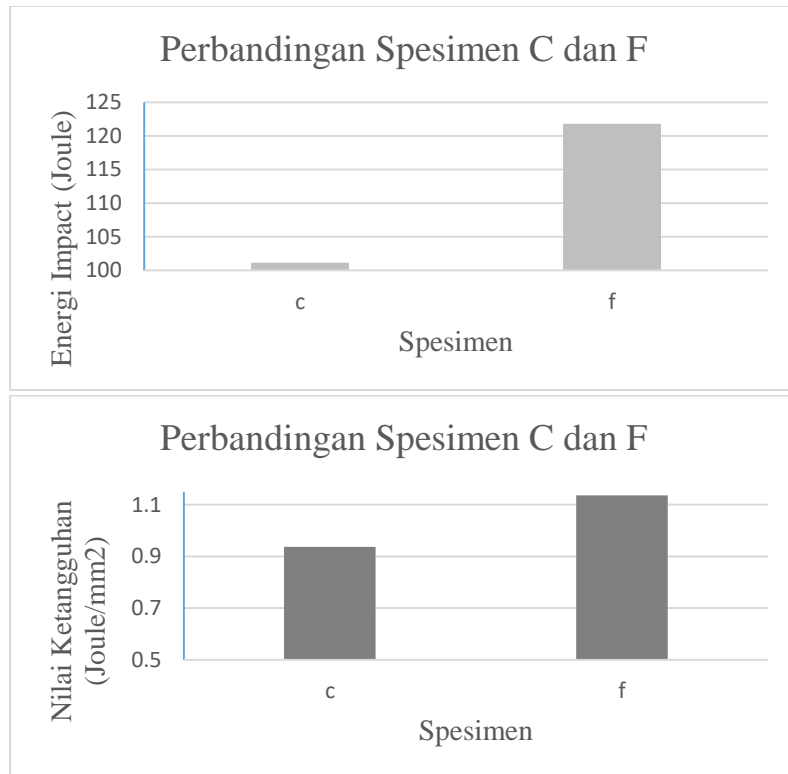


Gambar IV.23. Grafik perbandingan spesimen D dan F.

Pada grafik diatas spesimen D yaitu 7 mm baja + 4 mm HDPE memiliki nilai energi *impact* sebesar 119.3835 Joule dan memiliki nilai ketangguhan sebesar 1.108165 Joule/ mm² dan spesimen F yang merupakan 11 mm baja sebesar 121.8206 Joule dan 1.136001 Joule/ mm². Selisih nilai antara kedua spesimen tersebut adalah 2,4371 Joule dan 0,027836 Joule/ mm² lebih besar spesimen F.

Tabel IV.9. Perbandingan spesimen C dan F.

	Spesimen C	Spesimen F	Selisih
<i>Mean</i> (Joule)	101,1649	121.8206	20,65567
<i>Mean</i> (Joule/ mm ²)	0,936369	1.136001	0,199632

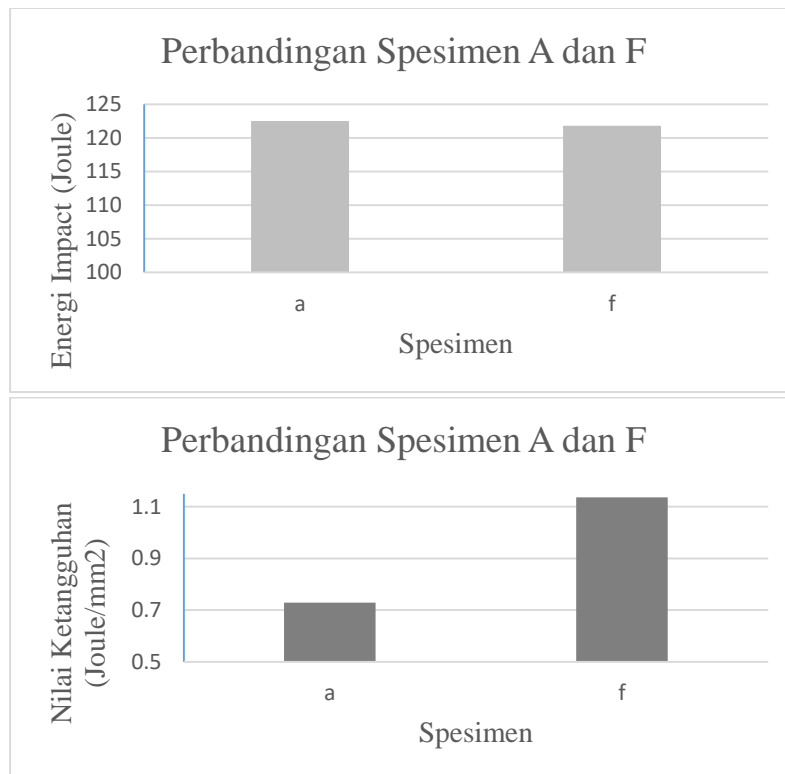


Gambar IV.24. Grafik perbandingan spesimen C dan F.

Pada grafik diatas spesimen C yaitu 6 mm baja + 5 mm HDPE memiliki nilai energi *impact* sebesar 101,1649 Joule dan memiliki nilai ketangguhan sebesar 0,936369 Joule/ mm² dan spesimen F yang merupakan 11 mm baja sebesar 121.8206 Joule dan 1.136001 Joule/ mm². Selisih nilai antara kedua spesimen tersebut adalah 20,65567Joule dan 0,199632 Joule/ mm² lebih besar spesimen F.

Tabel IV.9. Perbandingan spesimen A dan F.

	Spesimen A	Spesimen F	Selisih
<i>Mean</i> (Joule)	122,5373	121,8206	0,407571
<i>Mean</i> (Joule/ mm ²)	0,728429	1,136001	0,7168



Gambar IV.25. Grafik perbandingan spesimen A dan F.

Pada grafik diatas spesimen A yaitu 4 mm baja + 13 mm HDPE memiliki nilai energi *impact* sebesar 122,5373 Joule dan memiliki nilai ketangguhan sebesar 0,728429 Joule/ mm² dan spesimen F yang merupakan 11 mm baja sebesar 121.8206 Joule dan 1.136001 Joule/ mm². Selisih nilai antara kedua spesimen tersebut adalah 0,407571 Joule lebih besar spesimen A dan 0,7168 Joule/ mm² lebih besar spesimen F.

Pada perbandingan ketiga spesimen diatas (spesimen D, spesimen C, dan spesimen A) terhadap spesimen F, dapat diketahui bahwa spesimen F memiliki nilai ketangguhan lebih besar dari pada ketiga spesimen tersebut, tetapi untuk nilai energi *impact* spesimen A memiliki nilai yang lebih besar daripada spesimen F. Pada hal ini spesimen A yang memiliki ketebalan paling besar diantara spesimen lain yaitu 17 mm (4 mm baja + 13 mm HDPE) menjadi faktor yang mempengaruhi dalam memberikan nilai energi *impact* lebih besar terhadap spesimen F yang merupakan 11 mm baja, walaupun nilainya hanya berselisih kurang dari 1, penambahan ketebalan sebesar 54% dari ketebalan awal 11 mm menjadi 17 mm memberikan penambahan nilai energi *impact* dibanding plat baja 11 mm.

IV.4.5. Perbandingan pipa HDPE *Liner* dengan pipa baja

Pipa HDPE *Liner* ;

Pipa baja *schedule* 40 6"

Tabel IV.10. Spesifikasi pipa baja *schedule 40 6''*.**Standard Pipe Schedule 40 - ASTM A53 Grades A and B**

NPS Designator	DN Designator	Outside Diameter		Inside Diameter		Wall Thickness		Nominal Weight (Mass) per unit Length			
		(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	Plain End (lb/ft)	Plain End (kg/m)	Threads & Couplings (lb/ft)	Threads & Couplings (kg/m)
1/8"	6	0.405	10.3	0.269	6.8	0.068	1.73	0.24	0.37	0.25	0.37
1/4"	8	0.540	13.7	0.364	9.2	0.088	2.24	0.43	0.63	0.43	0.63
3/8"	10	0.675	17.1	0.493	12.5	0.091	2.31	0.57	0.84	0.57	0.84
1/2"	15	0.840	21.3	0.622	15.8	0.109	2.77	0.85	1.27	0.86	1.27
3/4"	20	1.050	26.7	0.824	20.9	0.113	2.87	1.13	1.69	1.14	1.69
1"	25	1.315	33.4	1.049	26.6	0.133	3.38	1.68	2.50	1.69	2.50
1-1/4"	32	1.660	42.2	1.380	35.1	0.140	3.56	2.27	3.39	2.28	3.40
1-1/2"	40	1.900	48.3	1.610	40.9	0.145	3.68	2.72	4.05	2.74	4.04
2"	50	2.375	60.3	2.067	52.5	0.154	3.91	3.66	5.44	3.68	5.46
2-1/2"	65	2.875	73.0	2.469	62.7	0.203	5.16	5.80	8.63	5.85	8.67
3"	80	3.500	88.9	3.068	77.9	0.216	5.49	7.58	11.29	7.68	11.35
3-1/2"	90	4.000	101.6	3.548	90.1	0.226	5.74	9.12	13.57	9.27	13.71
4"	100	4.500	114.3	4.026	102.3	0.237	6.02	10.8	16.07	10.92	16.23
5"	125	5.563	141.3	5.047	158.2	0.258	6.55	14.63	21.77	14.90	22.07
6"	150	6.625	168.3	6.065	154.1	0.280	7.11	18.99	28.26	19.34	28.58
8"	200	8.625	219.1	7.981	202.7	0.322	8.18	28.58	42.55	29.35	43.73
10"	250	10.750	273.0	10.020	254.5	0.365	9.27	40.52	60.29	41.49	63.36
12"	300	12.750	323.8	12.000	304.8	0.375	9.52	49.61	73.78	51.28	76.21

Pipa HDPE SDR 26 (PN6)

Tabel IV.11. Spesifikasi pipa HDPE SDR 26 (PN6).

OD	SDR 41 PN 4		SDR 26 PN 6		SDR 21 PN 8		SDR 17 PN 10		SDR 13.6 PN 12.5		SDR 11 PN 16		SDR 9 PN 20		SDR 7.4 PN 25		SDR 6 PN 32	
	W/T MM	KG M	W/T MM	KG M	W/T MM	KG M	W/T MM	KG M	W/T MM	KG M	W/T MM	KG M	W/T MM	KG M	W/T MM	KG M	W/T MM	KG M
20											1.9	0.113	2.3	0.13	2.8	0.156	3.4	0.182
25											2.3	0.173	2.8	0.19	3.5	0.242	4.2	0.458
32							2.0	0.197	2.4	0.234	2.9	0.275	3.6	0.32	4.4	0.390	5.3	1.09
50			2.0	0.32	2.4	0.34	3.0	0.45	3.7	0.55	4.6	0.672	5.6	0.79	6.9	0.946	10.5	1.74
63			2.5	0.48	3.0	0.58	3.8	0.72	4.7	0.87	5.8	1.06	7.1	1.27	8.6	1.48	12.5	2.46
75			2.9	0.69	3.6	0.82	4.5	1.01	5.6	1.24	6.8	1.48	8.4	1.78	10.3	2.10	15.0	3.54
90			3.5	0.97	4.3	1.18	5.4	1.47	6.7	1.78	8.2	2.14	10.1	2.56	12.3	3.02	18.3	5.28
110			4.2	1.44	5.3	1.78	6.6	2.30	8.1	2.63	10.0	3.17	12.3	3.81	15.1	4.52	26.6	11.13
160	4.0	2.0	6.2	3.05	7.7	3.74	9.5	4.55	11.8	5.54	14.6	6.72	17.9	8.02	21.9	9.51	33.2	17.38
200	4.9	3.05	7.7	4.72	9.6	5.81	11.9	7.10	14.7	8.59	18.2	10.50	22.4	12.55	27.4	14.89	41.6	27.14
250	6.2	4.85	9.6	7.34	11.9	8.99	14.8	11.02	18.4	13.50	22.7	16.40	27.9	19.53	34.2	23.21		
315	7.7	7.54	12.1	11.67	15.0	14.28	18.7	17.54	23.2	21.43	28.6	25.88	35.2	31.06	43.1	36.85		
355	8.7	9.60	13.6	14.92	16.9	18.11	21.1	22.33	26.1	27.16	32.2	32.83	39.7	39.44	48.5	46.71		
400	9.8	12.16	15.3	18.70	19.1	23.09	23.7	28.23	29.4	34.45	36.3	41.69	44.7	50.04				
450	11.0	15.33	17.2	23.64	21.5	29.19	26.7	35.76	33.1	43.68	40.9	52.82	50.3	62.7				
500	12.3	19.09	19.1	29.16	23.9	36.07	29.7	44.18	36.8	53.84	45.4	65.13						
560	13.7	23.78	21.4	36.55	26.7	45.08	32.2	55.34	41.2	67.55	50.8	81.80						
630	15.4	30.07	24.1	46.31	30.0	56.95	37.4	70.09	46.3	87.6	57.2	103.4						

Pipa baja ;

Pipa baja *schedule 80 6''*

Tabel IV.12. Spesifikasi pipa baja *schedule 80 6''*.**Extra Heavy Pipe Schedule 80 - ASTM A53 Type A**

NPS Designator	DN Designator	Outside Diameter		Inside Diameter		Wall Thickness		Nominal Weight (Mass) per unit Length			
		(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	Plain End (lb/ft)	Plain End (kg/m)	Threads & Couplings (lb/ft)	Threads & Couplings (kg/m)
1/8"	6	0.405	10.3	0.215	5.5	0.095	2.41	0.31	0.47	0.32	0.46
1/4"	8	0.540	13.7	0.302	7.7	0.119	3.02	0.54	0.80	0.54	0.80
3/8"	10	0.675	17.1	0.423	10.7	0.126	3.20	0.74	1.10	0.74	1.10
1/2"	15	0.840	21.3	0.549	13.9	0.147	3.73	1.09	1.62	1.09	1.62
3/4"	20	1.050	26.7	0.742	18.8	0.154	3.91	1.48	2.20	1.48	2.21
1"	25	1.315	33.4	0.957	24.3	0.179	4.55	2.17	3.24	2.19	3.25
1-1/4"	32	1.660	42.2	1.278	32.5	0.191	4.85	3.00	4.47	3.03	4.49
1-1/2"	40	1.900	48.3	1.500	38.1	0.200	5.08	3.63	5.41	3.65	5.39
2"	50	2.375	60.3	1.939	49.3	0.218	5.54	5.03	7.48	5.08	7.55
2-1/2"	65	2.875	73.0	2.323	59.0	0.276	7.01	7.67	11.41	7.75	11.52
3"	80	3.500	88.9	2.900	73.7	0.300	7.62	10.26	15.27	10.35	15.39
3-1/2"	90	4.000	101.6	3.364	85.4	0.318	8.08	12.52	18.63	12.67	18.82
4"	100	4.500	114.3	3.826	97.2	0.337	8.56	15.00	22.32	15.20	22.60
5"	125	5.563	141.3	4.813	122.3	0.375	9.52	20.80	30.94	21.04	31.42
6"	150	6.625	168.3	5.761	146.3	0.432	10.97	28.60	42.56	28.88	43.05
8"	200	8.625	219.1	7.625	193.7	0.500	12.70	43.43	64.64	44.00	65.41

Massa dari pipa HDPE *Liner* dalam 1 meter adalah;

28,26 kg (massa pipa baja *schedule 40 6''*) ditambah dengan 3,05 kg (massa dari pipa HDPE), sehingga hasilnya adalah 31,31 kg.

Massa dari pipa HDPE *Liner* lebih ringan 11,25 kg setiam 1 meternya dibandingkan pipa baja *schedule 80 6''* yang seberat 42,56 kg setiap 1 meternya. Jadi pada setiap meternya pipa HDPE *Liner* memiliki massa lebih ringan dibandingkan pipa baja sebesar 26,433 %.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Penggunaan pipa HDPE liner pada pipa utama seachest dapat mengurangi kemungkinan terjadinya korosi dikarenakan bahan HDPE yang merupakan polimer dimana bahan tersebut adalah bahan anti korosi, dan dapat menambah kekuatan dari pipa bila terjadi impact yang didapatkan dari sisi luar pipa walaupun ada penambahan ketebalan dari pipa.
2. Nilai sudut ayun hasil uji *impact* dengan sudut jatuh alat uji *impact* sebesar 120° adalah sebagai berikut :

Spesimen	Sudut ayun (°)
Spesimen 4 mm baja + 13 mm HDPE	99,5°, 98°, 87°, 93°
Spesimen 4 mm baja + 7 mm HDPE	106°, 100,5°, 99°, 102°
Spesimen 6 mm baja + 5 mm HDPE	83°, 85°, 81,5°, 83,5°
Spesimen 7 mm baja + 4 mm HDPE	71°, 78,5°, 80,5°, 77°
Spesimen 11 mm HDPE	118°, 119,5°, 119°, 117,5°
Spesimen 11 mm baja	102°, 78°, 73°, 72°

Nilai mean energi terserap setelah perhitungan pada setiap spesimen adalah sebagai berikut :

Spesimen	Energi terserap (Joule)
Spesimen 4 mm baja + 13 mm HDPE	122.5373
Spesimen 4 mm baja + 7 mm HDPE	48.2457
Spesimen 6 mm baja + 5 mm HDPE	101.1649
Spesimen 7 mm baja + 4 mm HDPE	119.3835
Spesimen 11 mm HDPE	3.7559
Spesimen 11 mm baja	121.8206

Nilai mean ketangguhan *impact* setelah perhitungan pada setiap spesimen adalah sebagai berikut :

Spesimen	Ketangguhan impact (Joule/mm ²)
Spesimen 4 mm baja + 13 mm HDPE	0.72843
Spesimen 4 mm baja + 7 mm HDPE	0.447273
Spesimen 6 mm baja + 5 mm HDPE	0.936369
Spesimen 7 mm baja + 4 mm HDPE	1.108165
Spesimen 11 mm HDPE	0.034873
Spesimen 11 mm baja	1.136001

3. Komposisi HDPE *Liner* yang sesuai dengan pipa baja sebagai pengganti untuk pipa *seachest* adalah 7 mm baja + 4 mm HDPE untuk pipa dengan ketebalan 11 mm, atau 63,6% baja dengan 36,4% HDPE. Peningkatan ketangguhan dipengaruhi oleh

ketebalan lapisan HDPE, semakin tebal spesimen semakin tinggi nilai energi serap namun karena dibagi dengan luas penampang harga *impact* menurun. Komposisi HDPE Liner 7 mm baja + 4 mm HDPE nilai energi *impact*nya memenuhi syarat yang dituliskan di BKI Vol.V Section 5 walaupun nilainya masih dibawah daripada spesimen 11 mm baja.

V.2. Saran

Berdasarkan analisa data praktikum yang telah dilakukan, beberapa saran diperlukan agar dapat dilanjutkan pada penelitian selanjutnya ialah sebagai berikut :

1. Dalam pembuatan spesimen perlu diperhatikan ketebalan sesudah penambahan perekat resin epoxy, agar diperoleh data ketebalan yang lebih akurat.
2. Pada penelitian ini spesimen yang dilapisi HDPE mengalami debonding (lepasnya lekatan antara lapisan baja dengan HDPE), oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi masalah ini, misalnya memperhatikan permukaan HDPE supaya perekat resin epoxy dapat melekat dengan baik atau mengganti material perekatnya dengan yang lebih kuat.
3. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi yang berbeda. Misalnya dengan menambah dimensi spesimen agar memperoleh hasil yang tidak kecil perbedaannya.
4. Penelitian mengenai laju korosi dibutuhkan untuk penelitian lebih lanjut untuk mengetahui nilai erosi dari pipa HDPE menggunakan metode kehilangan berat.

DAFTAR PUSTAKA

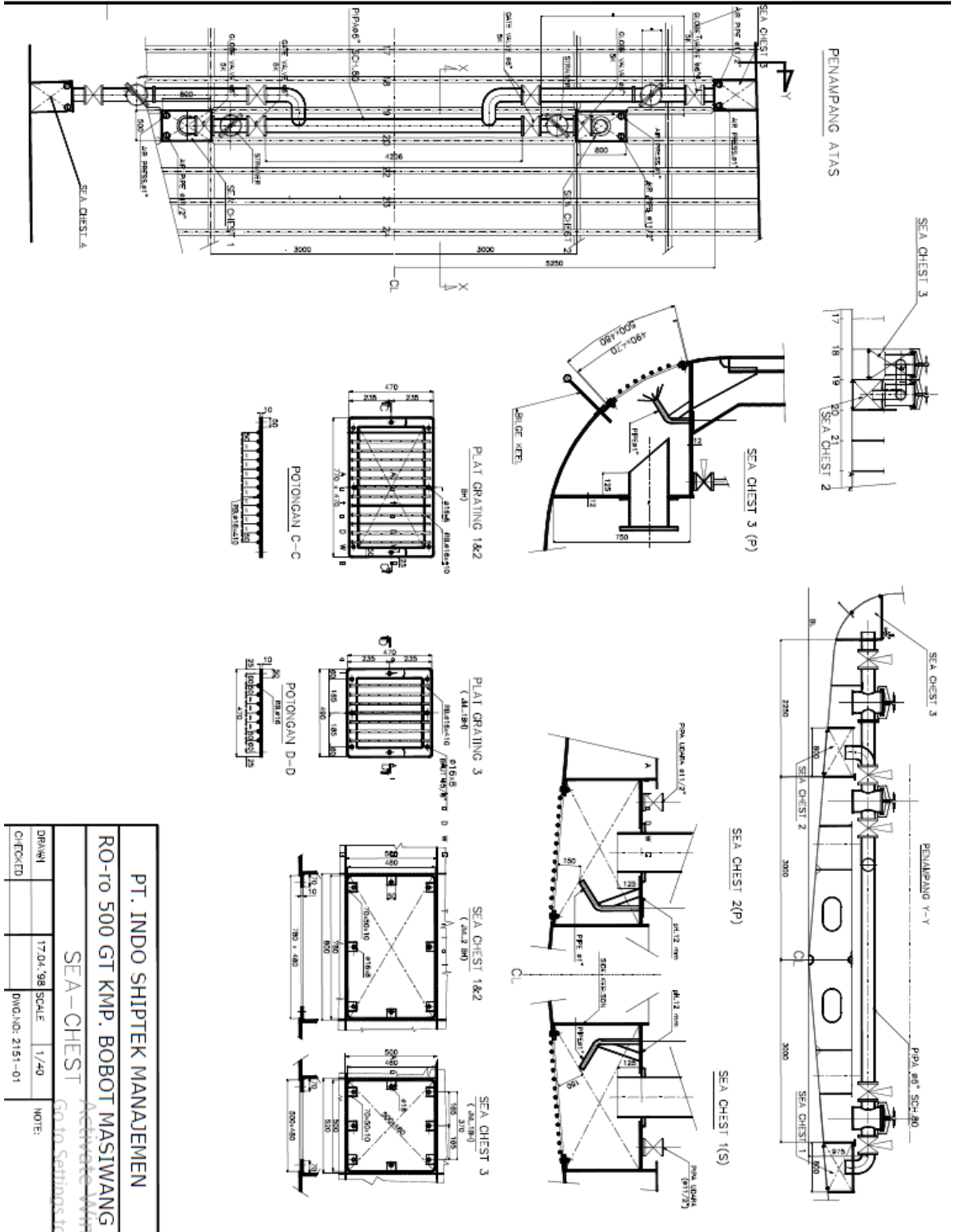
- American Standard of Testing Material. 2003. *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*. Pennsylvania. United States of America .
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2014. *Rules For The Classification and Construction: Volume V Rules For Materials 2014 Edition*. Jakarta. Indonesia.
- Budi Utomo. 2007. *Seachest Perannya Sebagai Lubang Pengisapan Untuk Mensuplai Kebutuhan Air Laut Pada Eksploitasi Kapal*. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Dwisetiono. 2013. *Pengamatan Model Korosi Pada Pipa Sea Water System Kapal Dengan Variasi Laju Aliran Fluida Air Laut*. Surabaya: Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah.
- Jim Schimtz. 2015. *High Density Polyethylene Liners for High Temperature and Gaseous Applications*. USA. 13th Middle East Corrosion Conference & Exhibition.
- Johannes de Bruin, Bert Dalmolen, Albo van Hateren. 2016. *Expanding The Application Range Of High Density Polyethylene For Use As An Inner-Liner Material In Reinforced Thermoplastic Pipe And Steel Pipe*. Germany.
- Lester H. Gabriel. *Chapter 1: History And Physical Chemistry Of HDPE*.
- Malau, Viktor. 2008. *Pengaruh Perlakuan Panas Quench Dan Temper Terhadap Laju Keausan, Ketangguhan Impak Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja XW 42 Untuk Keperluan Cetakan Keramik*. Jurnal Media Teknik. 8
- Nasrul Umam. 2015. *Analisis Uji Impact Pada Baja St60 Dengan Variasi Ketebalan Lapisan Karbon Fiber Untuk Aplikasi Kerangka Mobil Listrik*. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Sudjana, Hardi. 2008. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.9

Wibowo, Farid Wahyu. 2013. *Pengaruh Holding Time Annealing Pada Sambungan Smaw Terhadap Ketangguhan Las Baja K945 EMS45*. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.10

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Seachest Kapal.



PT. INDO SHIPTEK MANAJEMEN

RO-ro 500 GT KMP. BOBOT MASIWANG

SEA - CHEST

NOTE:

DRAWN	17.04.98	SCALE	1/40
CHECKED		DWG. NO.	2151-01



Lampiran 2. Surat Permohonan Penelitian.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
 Kampus ITS, Gedung WA Lt.2, Sukolilo-Surabaya 60111
 Telp: 031-5994251-5, Fax: 031-5994754, PABX: 1101, 1102, 1103
 http://www.ne.its.ac.id, E-mail : jtsp@its.ac.id

Nomor : 034616 / IT2.VI.6.2/PP.05.02/2017
 Perihal : Permohonan Pengambilan Data Tugas Akhir

12 JUN 2017

Kepada : Badan Riset dan Standarisasi Nasional
 Kementerian Perindustrian
 Jl. Jagir Wonokromo No. 360, Panjang Jiwo
 SURABAYA 60244

Dalam rangka pengerjaan Tugas Akhir, maka mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS memerlukan pengambilan data untuk menyelesaikan tugas akhirnya. Sehubungan hal di atas kami mohon dengan hormat agar mahasiswa berikut ini diberikan izin untuk mengambil data di Instansi Ibu/Bapak.

Nama : Bramastra C. Wiloga
 NRP. : 4213100096

Adapun data yang diperlukan adalah :

1. Spesimen hasil pengujian.
2. Spesifikasi Alat Uji Impact Chopry.

Demikian atas bantuannya, kami sampaikan terima kasih.



Lampiran 3. Hasil Penelitian.



**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA**

Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, Fax. (031) 8410480
<http://baristandsurabaya.kemenperin.go.id/>

LAPORAN PENGUJIAN

Test Report

No. 3330~3335/17/LHU/3/VII/2017

NO. ANALISA : P. 3330 – P. 3335
Analisa No.

KOMODITI : HDPE + Baja
Commodity

DIBUAT UNTUK : BRAMA STRA C. WILOGO
Executed For

ALAMAT : Perumahan Wisma Permai XIV No. 12 Surabaya – Jawa Timur
Address

DITERIMA TANGGAL : 12 Juni 2017
Received Date

URAIAN SAMPEL : Telah diterima 6 (enam) jenis sample HDPE+Baja dengan data sebagai berikut :
Detail of Sample

a. Bentuk : Benda uji
b. Keadaan luar : Baik
c. Kode : A, B, C, D, E, F

Sampel tersebut diatas telah dilakukan pengujian pukul takik

TANGGAL PENGUJIAN : 6 Juli 2017
Tested Date

METODE UJI : Sesuai permintaan
Test Method

METODE PENGAMBILAN CONTOH : -
Sampling Method

HASIL PENGUJIAN : Terlampir
Test Result

DITERBITKAN TANGGAL : 07 Juli 2017
Issued Date



Kepala Seksi
Standardisasi dan Sertifikasi

Indra Wahyu Diantoro, ST, MT
NIP: 197810162006041001

Nomor Analisa : P. 3330 - P. 3335
 Jenis Sampel : HDPE + Baja
 Kode : A. B. C. D. E. F

PARAMETER UJI	SATUAN	P. 3330				P. 3331				P. 3332			
		A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
Lebar, W	cm	1.0	1	1	1.01	1	1.01	1.01	1	1.01	1.01	1.01	1
Tebal, t	cm	1.68	1.68	1.67	1.68	1.07	1.08	1.07	1.07	1.07	1.08	1.07	1.07
Luas Penampang, S0	cm ²	1.68	1.68	1.67	1.70	1.07	1.09	1.08	1.07	1.08	1.09	1.08	1.07
Sudut Awal Panduhum, A	°	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Sudut Akhir Panduhum, B	°	99.5	98	87	93	106	100.5	99	102	83	85	81.5	83.5
Energi yang Diserap, E	Joule	121.6	117.4	116.0	135.2	36.8	52.1	56.3	47.9	101.9	96.2	106.1	100.5
Nilai Palat Takik	Joule/cm ²	72.4	69.9	69.4	79.7	34.4	47.7	52.1	44.7	94.3	88.2	98.2	93.9

PARAMETER UJI	SATUAN	P. 3333				P. 3334				P. 3335			
		D1	D2	D3	D4	E1	E2	E3	E4	F1	F2	F3	F4
Lebar, W	cm	1	1	1.01	1	1	1	1.01	1.01	1	1	1	1
Tebal, t	cm	1.07	1.08	1.07	1.08	1.07	1.08	1.07	1.07	1.07	1.08	1.07	1.07
Luas Penampang, S0	cm ²	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07	1.08	1.07	1.07
Sudut Awal Panduhum, A	°	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Sudut Akhir Panduhum, B	°	71	78.5	80.5	77	118	119.5	119	117.5	102	78	73	72
Energi yang Diserap, E	Joule	135.2	114.6	109.0	118.8	5.0	1.2	2.5	6.3	109.0	116.0	129.8	132.5
Nilai Palat Takik	Joule/cm ²	126.4	106.1	100.8	110.0	4.7	1.2	2.3	5.8	101.8	107.4	121.3	123.9

Catatan : $E = W \times l(\cos B - \cos A)$

Nilai Palat Takik = $\frac{E}{S0}$

Dimana :

W = Berat Panduhum (25.72 kg)

L = Jarak titik berat panduhum ke sumbu putar (0.65)

S0 = Luas penampang (W x t)



Lampiran 5. Spesifikasi alat

CALIBRATION LABORATORIES
PT. GLOBAL QUALITY INDONESIA
 CALIBRATION, INSTRUMENTATION, TRAINING, QUALITY CONSULTANT, MAINTENANCE & REPAIR

CALIBRATION CERTIFICATE

Certificate Number : 4604/GQI-Ser/05/15
 Page : 1 of 1

Order Number : 409-4 Owner : BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
 Received Date : 26 May 2015 Address : Jl. Jagir Wonokromo 360, Surabaya
 Equipment Name : Mesin Uji Impact Calibration Location : BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
 Manufacturer : TORSEE Calibration Date : 26 May 2015
 Model/Type : MR 274 Calibration Method : IK-G-05 ref. JIS B 7726 - 1997
 Serial Number : 50-543 Environmental Condition : T = 27,6 °C RH = 64 %
 Capacity/Graduation : 142 Joule / 1 Joule
 Technician ID : NF
 Typewriter ID : NF
 Calibration Report :

1. Energi Potensial

Standard Indication (%)	Standard Indication (Joule)	Instrument Indication (Joule)	Correction (Joule)
100	141,13	141	-0,13
80	112,35	112	-0,35
60	85,59	85	-0,59
40	55,07	55	-0,07
20	28,23	28	-0,23
10	13,13	13	-0,13
Uncertainty $U_{95\%} = \pm 3,3 \%$			

2. Kecepatan Pendulum (V)

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot l(1 - \cos \alpha)}$$

$$V = \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,758(1 - \cos 75^\circ)}$$

$$V = \sqrt{10,983}$$

$$V = 3,314 \text{ m/s}$$

3. Energi Hilang karena gesekan pointer (P)

$$P = M(\cos b1 - \cos b2)$$

$$P = 190,406(\cos 88^\circ - \cos 87^\circ)$$

$$P = -3,32 \text{ joule}$$

4. Energi Hilang karena bantalan dan tahanan udara (P')

$$P' = 0,1 M(\cos b2 - \cos b3)$$

$$P' = 0,1 \times 190,406(\cos 87^\circ - \cos 86^\circ)$$

$$P' = -0,332 \text{ joule}$$

5. Jarak pusat perkusi ke sumbu rotasi (l1)

$$l1 = 0,2485l$$

$$l1 = 0,2485(1,74)$$

$$l1 = 0,752 \text{ m}$$

The Uncertainty is taken at a Confidence Level 95 % and Coverage Factor (k) = 2

Standard used :

Name :	Merk	Serial Number :	Traceable to SI through :
Load Cell	Rinstrum	5AT37	LK-057-IDN
Stop Watch	CASIO	-	KIM LIPI
Steel Ruler	KDS	-	LK-001-IDN
Bevel Protactor	Krisbow	-	LK-057-IDN

Issuance Date : 29 May 2015

(Signature)

GLOBAL QUALITY INDONESIA
 Director

End of Certificate

Attention : 1. This calibration result is valid only for the equipment calibrated!
 2. It is not permitted to reproduce this certificate without permission from PT. Global Quality Indonesia
 3. The Original Calibration Certificate of PT. Global Quality Indonesia uses a Barcode Mark



Address :
 Komplek Kopo Mas Rogency Blok N No.7C Bandung 40227 Indonesia Telp.+62-22-5436533 Fax. +62-22-5436637

IMPACT TESTER TEST RESULTS

CUSTOMER:			
Capacity:	30 Kgm	Model	CHARPY
Machine No:	50-543	Test date:	5th March 1978
		Manufacturing date:	Feb 8
		Model	

1. Factors:

* Total weight of Pendulum system (P)	25.720 kg.	Pendulum period (T)	1.739
* Distance from gravity center to pendulum revolving center (D)	0.6500 cm.	Hammer lift angle (g)	142.0°
* Distance between impact center to pendulum revolving center (L)	0.7506 cm.	Max. lift angle (e)	141.8°
* Distance from center of edge to pendulum revolving center (L)	0.7500 cm.	P.D.	16.7180

2. Absorbed energy charts:

Absorbed energy (E) of test specimen against each 1° from hammer lift angle (B°) to _____, after impact test specimen by dropped hammer from lift angle.

B°	E	B°	E	B°	E	B°	E	B°	E	B°	E	B°	E
0	29.89	23	28.56	46	24.78	69	19.16	92	12.59	115	6.11	138	2.25
1	29.89	24	28.44	47	24.57	70	18.89	93	12.30	116	5.84	139	2.54
2	29.88	25	28.32	48	24.36	71	18.62	94	12.10	117	5.58	140	2.36
3	29.87	26	28.20	49	24.14	72	18.34	95	11.71	118	5.32	141	2.18
4	29.85	27	28.07	50	23.93	73	18.06	96	11.42	119	5.07	142	2.00
5	29.83	28	27.93	51	23.69	74	17.78	97	11.14	120	4.81	143	
6	29.80	29	27.79	52	23.47	75	17.50	98	10.84	121	4.56	144	
7	29.76	30	27.65	53	23.23	76	17.22	99	10.56	122	4.31	145	
8	29.73	31	27.50	54	23.00	77	16.93	100	10.27	123	4.07	146	
9	29.68	32	27.35	55	22.76	78	16.65	101	9.98	124	3.82	147	
10	29.64	33	27.19	56	22.52	79	16.36	102	9.70	125	3.58	148	
11	29.58	34	27.03	57	22.28	80	16.07	103	9.41	126	3.35	149	
12	29.52	35	26.87	58	22.03	81	15.79	104	9.13	127	3.11	150	
13	29.46	36	26.70	59	21.78	82	15.50	105	8.85	128	2.88	151	
14	29.39	37	26.52	60	21.53	83	15.21	106	8.56	129	2.65	152	
15	29.32	38	26.35	61	21.28	84	14.92	107	8.28	130	2.40	153	
16	29.24	39	26.17	62	21.02	85	14.63	108	8.01	131	2.19	154	
17	29.16	40	25.98	63	20.76	86	14.34	109	7.73	132	1.98	155	
18	29.07	41	25.79	64	20.50	87	14.05	110	7.45	133	1.77	156	
19	28.98	42	25.60	65	20.24	88	13.76	111	7.18	134	1.56	157	
20	28.88	43	25.40	66	19.97	89	13.46	112	6.91	135	1.35	158	
21	28.78	44	25.20	67	19.70	90	13.17	113	6.64	136	1.16	159	
22	28.67	45	24.99	68	19.43	91	12.88	114	6.37	137	0.95	160	

TOKYO TESTING MACHINE MFG. CO., LTD.

Shin-ei Bldg, 3-3, 2-chome,

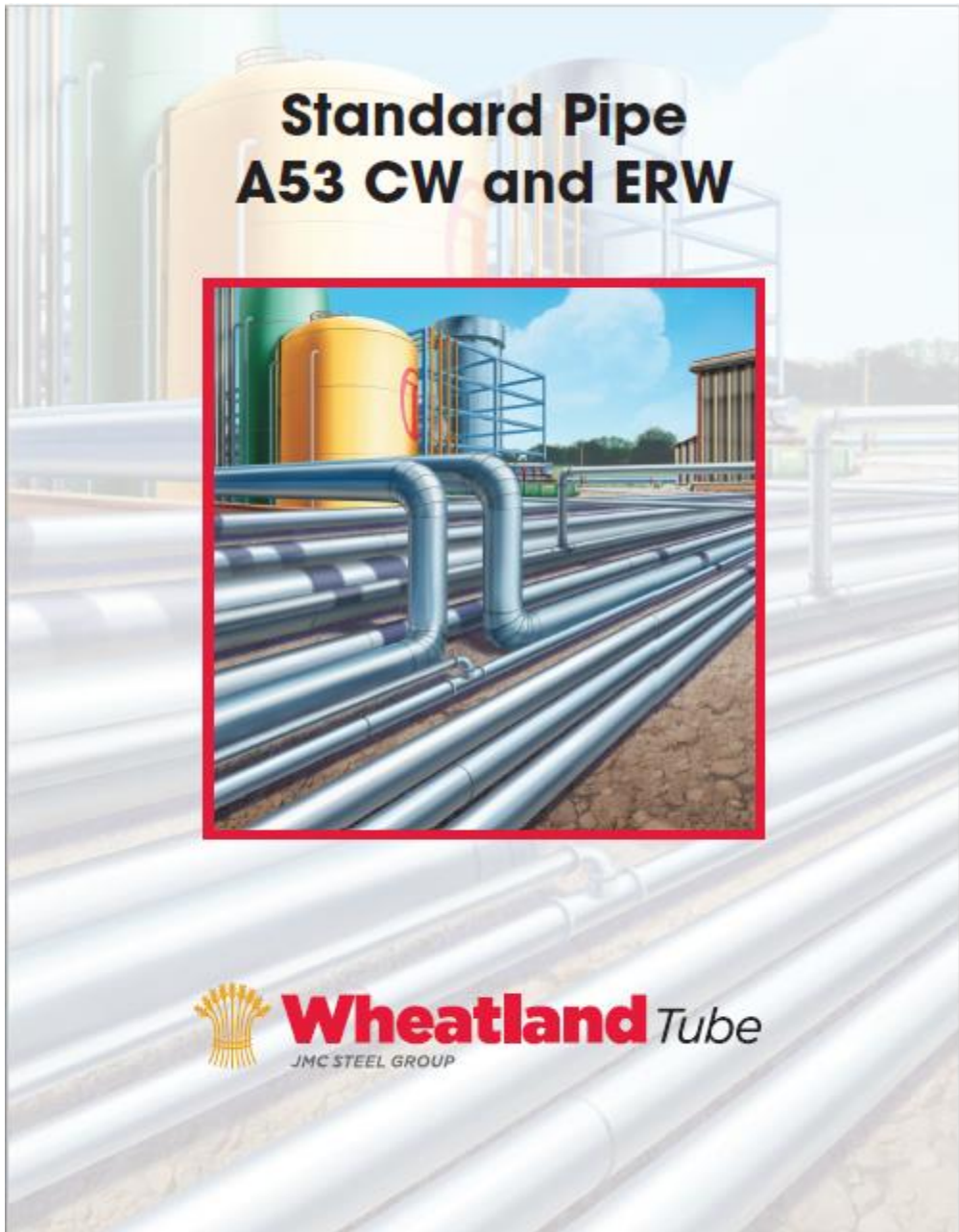
Nishi-Shimbashi, Minato-ku, Tokyo (105)

Japan

Cable: TORRETEST

Tel: 503-6491

Lampiran 6. Spesifikasi Pipa.



Standard Pipe A53 CW and ERW

Wheatland Tube is known as a leader in the standard pipe industry. We've been producing tube and pipe for more than 75 years and our reputation for quality and durability is unmatched. We're the only full-line producer of continuous welded and electric resistance weld 1/4" to 12" pipe, and we set the standards worldwide for hot dip galvanized products.

We produce from 1/4" to 12" Nominal sizes and stock 1/8" to 12" pipe sizes in a variety of ASTM standards so we can meet all of your requirements.

Wheatland offers over 350 different combinations of finish, end treatments and lengths on our standard pipe. We're strategically located and carry a large inventory so we can ship quickly to satisfy your delivery schedules.

We're the only CW producer in the North America.

Hot-Dipped Galvanized

Our standard process is to galvanize to the ASTM A53 requirements.

Surface and End Finishes

Surface Finishes: black, passivate, galvanized, uncoated, pickled and oiled, pickled, bare and soluble oil.

End Finishes: plain ends, roll groove, cut groove, threaded and coupled, and threads only (one or both ends).

Choose From a Full Line of Standard Pipe

ASTM A53 is used for mechanical and low pressure applications and in ordinary uses in steam, water, gas and air lines. It can be formed and welded. Our products include:

A53 Continuous Welded Pipe

- Type F, Grade A
- Black, Passivate, Bare, Pickled and Oiled, and Hot-dipped Galvanized
- Sizes: 1/2" - 4"
- Standard and Extra Heavy
- MIC Shield Coatings Compatible with CPVC



- UL Listed; FM Approved : NSF61
- Suitable for Welding, Threading, Grooving and Bending
- Produced to ASTM A53A 53M, Federal Specification WW-P404 and ASME B36.10M

Hydrostatic Testing

Hydrostatic test pressures for plain-end pipe are indicated below.

NPS	Standard Weight -PSI	Extra Strong Weight -PSI
1/2 through 1	1500	1500
1-1/4 - 1-1/2	2000	2000
2 through 3	2500	2500
3 1/2 - 4	2800	2800

Tensile Requirements

Tensile Strength, min. 48,000 psi
Yield Strength, min. 30,000 psi
Elongation in 2" Refer to A 53 table x 4.1, latest revisions - ASTM A53/A 53M

Bending Test - Less than NPS 2"

	Degree of Bend	Diameter of Mandrel
Standard	90°	12 x outside pipe diameter
Close Coiling	90°	8 x outside pipe diameter

Flattening Test - NPS 2 1/2" and Greater

As a test for quality of the weld, position the weld at 90° from the direction of force and flatten until the OD is 1/2 of the original outside diameter. No cracks shall occur along the inside or outside surface of the weld.

Dimensions and Weight Chart - ASTM A 53 Type E

STANDARD (SCHEDULE 40) BLACK PLAIN END			
Nominal Size	O.D. Inches	Nominal Wall	Weight/Lb. Ft.
2"	2.375	.154	3.66
2-1/2"	2.875	.203	5.80
3"	3.500	.216	7.58
4"	4.500	.237	10.88
5"	5.563	.258	14.63
6"	6.625	.280	18.99
8"	8.625	.322	28.58
10"	10.750	.365	40.52
12"	12.750	.375	49.61

A53 Electric-Resistance Welded Type E, Grade B

- Black and hot-dipped galvanized
- Nominal Sizes: Schedule 40 2" - 12"
- UL Listed; FM Approved
- Suitable for welding, threading and grooving
- Produced to ASTM A 53/53M, Federal Specification WW-P404 and ASME B36.10M.

Hydrostatic Testing and Nondestructive Electric Testing

Hydrostatic inspection test pressures for plain-end pipe are listed in Table X 2.2 of the A53/A 53M specification. Test pressures shall be maintained for a minimum of five seconds.

Nondestructive electric testing of the weld seam is required on each length of ERW pipe NPS 2 and larger.

Tensile Requirements

Tensile Strength, min. 60,000 psi
Yield Strength, min. 35,000 psi

Bending Test (Cold)

	For NPS 2 and under
Degree of Bend	90°
Diameter of Mandrel	12 x outside pipe diameter

Flattening Test

As a test for ductility of the weld for pipe 2-1/2" NPS and larger, position the weld at 0° and alternately at 90° to the direction of force and flatten until the OD is 2/3 of the original outside diameter. No cracks shall occur along the inside or outside surface of the weld.

All of our facilities have quality systems in place. At a minimum, they're registered to ISO 9001:2008 Quality Management Systems.



Dimensions and Weight Chart - ASTM A53 Type F

BLACK PLAIN END					
Nominal Size	OD Inches	Sch. 40		Sch. 80	
		Wall Inches	Weight Lb./Ft.	Wall Inches	Weight Lb./Ft.
1/2"	0.84	0.109	0.85	0.147	1.09
3/4"	1.05	0.113	1.13	0.154	1.48
1"	1.315	0.133	1.68	0.179	2.17
1-1/4"	1.66	0.14	2.27	0.191	3
1-1/2"	1.9	0.145	2.72	0.2	3.63
2"	2.375	0.154	3.66	0.218	5.03
2-1/2"	2.875	0.203	5.8	0.276	7.67
3"	3.5	0.216	7.58	0.3	10.26
3-1/2"	4	0.226	9.12	0.318	12.52
4"	4.5	0.237	10.8	0.337	15

Standard Pipe Schedule 40 - ASTM A53 Grades A and B

NPS Designator	DN Designator	Outside Diameter		Inside Diameter		Wall Thickness		Nominal Weight (Mass) per unit Length			
		(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	Plain End (lb/ft)	Plain End (kg/m)	Threads & Couplings (lb/ft)	Threads & Couplings (kg/m)
1/8"	6	0.405	10.3	0.269	6.8	0.068	1.73	0.24	0.37	0.25	0.37
1/4"	8	0.540	13.7	0.364	9.2	0.068	2.24	0.43	0.63	0.43	0.63
3/8"	10	0.675	17.1	0.493	12.5	0.091	2.31	0.57	0.84	0.57	0.84
1/2"	15	0.840	21.3	0.622	15.8	0.109	2.77	0.85	1.27	0.86	1.27
3/4"	20	1.050	26.7	0.824	20.9	0.113	2.87	1.13	1.69	1.14	1.69
1"	25	1.315	33.4	1.049	26.6	0.133	3.38	1.68	2.50	1.69	2.50
1-1/4"	32	1.660	42.2	1.380	35.1	0.140	3.56	2.27	3.39	2.28	3.40
1-1/2"	40	1.900	48.3	1.610	40.9	0.145	3.68	2.72	4.05	2.74	4.04
2"	50	2.375	60.3	2.067	52.5	0.154	3.91	3.66	5.44	3.68	5.46
2-1/2"	65	2.875	73.0	2.469	62.7	0.203	5.16	5.80	8.63	5.85	8.67
3"	80	3.500	88.9	3.068	77.9	0.216	5.49	7.58	11.29	7.68	11.35
3-1/2"	90	4.000	101.6	3.548	90.1	0.226	5.74	9.12	13.57	9.27	13.71
4"	100	4.500	114.3	4.026	102.3	0.237	6.02	10.8	16.07	10.92	16.23
5"	125	5.563	141.3	5.047	158.2	0.258	6.55	14.63	21.77	14.90	22.07
6"	150	6.625	168.3	6.065	154.1	0.280	7.11	18.99	28.26	19.34	28.58
8"	200	8.625	219.1	7.981	202.7	0.322	8.18	26.58	42.55	29.35	43.73
10"	250	10.750	273.0	10.020	254.5	0.365	9.27	40.52	60.29	41.49	63.36
12"	300	12.750	323.8	12.000	304.8	0.375	9.52	49.61	73.78	51.28	76.21

Extra Heavy Pipe Schedule 80 - ASTM A53 Type A

NPS Designator	DN Designator	Outside Diameter		Inside Diameter		Wall Thickness		Nominal Weight (Mass) per unit Length			
		(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	Plain End (lb/ft)	Plain End (kg/m)	Threads & Couplings (lb/ft)	Threads & Couplings (kg/m)
1/8"	6	0.405	10.3	0.215	5.5	0.095	2.41	0.31	0.47	0.32	0.46
1/4"	8	0.540	13.7	0.302	7.7	0.119	3.02	0.54	0.80	0.54	0.80
3/8"	10	0.675	17.1	0.423	10.7	0.126	3.20	0.74	1.10	0.74	1.10
1/2"	15	0.840	21.3	0.549	13.9	0.147	3.73	1.09	1.62	1.09	1.62
3/4"	20	1.050	26.7	0.742	18.8	0.154	3.91	1.48	2.20	1.48	2.21
1"	25	1.315	33.4	0.957	24.3	0.179	4.55	2.17	3.24	2.19	3.25
1-1/4"	32	1.660	42.2	1.278	32.5	0.191	4.85	3.00	4.47	3.03	4.49
1-1/2"	40	1.900	48.3	1.500	38.1	0.200	5.08	3.63	5.41	3.65	5.39
2"	50	2.375	60.3	1.939	49.3	0.218	5.54	5.03	7.48	5.08	7.55
2-1/2"	65	2.875	73.0	2.323	59.0	0.276	7.01	7.67	11.41	7.75	11.52
3"	80	3.500	88.9	2.900	73.7	0.300	7.62	10.26	15.27	10.35	15.39
3-1/2"	90	4.000	101.6	3.364	85.4	0.318	8.08	12.52	18.63	12.67	18.82
4"	100	4.500	114.3	3.826	97.2	0.337	8.56	15.00	22.32	15.20	22.60
5"	125	5.563	141.3	4.813	122.3	0.375	9.52	20.80	30.94	21.04	31.42
6"	150	6.625	168.3	5.761	146.3	0.432	10.97	28.60	42.56	28.88	43.05
8"	200	8.625	219.1	7.625	193.7	0.500	12.70	43.43	64.64	44.00	65.41

Permissible Variations - ASTM A53 Grades A and B Pipe

Permissible Variations for ASTM A53 Grades A and B Pipe			
	O.D.	Over	Under
Outside Diameter	NPS 1/8 to 1-1/2 DN 6 to 40	1/64" (0.4mm)	1/64" (0.4mm)
	NPS 2 and up DN 50 and up	1%	1%
Wall Thickness at Any Point		-----	12.50%
Weight		10%	10%

Mechanical Properties

Grade A: Yield 30,000 (205 Mpa) psi minimum Tensile: 48,000 psi (330 Mpa) minimum

Grade B: Yield 35,000 (240 Mpa) psi minimum Tensile: 60,000 psi (415 Mpa) minimum



Corporate Office
3201 Enterprise Parkway
Suite 150
Steakwood, OH 44122
Ph: 216.590.3700
info@jmcsteelgroup.com
jmcsteelgroup.com



700 South Dock Street
Sharon, PA 16146
Ph: 800.257.0262
Fax: 724.346.7260
info@wheatland.com
wheatland.com

Wheatland produces a full line of standard pipe — A53 CW and ERW pipe, lance pipe and seamless pressure pipe. We're the industry leader in hot-dip galvanized pipe, and we offer more than 350 different combinations of finish, end treatments and length on our standard pipe.

All Wheatland manufacturing locations' quality management systems are certified to ISO 9001:2008 requirements.

For more information contact Wheatland's Pipe Product at (888) 442-8680, email: info@wheatland.com or visit our website at www.wheatland.com.



Made in America

OD	SDR 41		SDR 26		SDR 21		SDR 17		SDR 13.6		SDR 11		SDR 9		SDR 7.4		SDR 6		
	MM	KG	W/T	KG	W/T	KG	W/T	KG	W/T	KG	W/T	KG	W/T	KG	W/T	KG	W/T	KG	PN 32
20																			
25																			
32																			
50																			
63																			
75																			
90																			
110																			
160	4.0	2.0	6.2	3.05	7.7	3.74	9.5	4.55	11.8	5.54	14.6	6.72	17.9	8.02	21.9	9.51	33.2	17.28	
200	4.9	3.05	7.7	4.72	9.6	5.81	11.9	7.10	14.7	8.59	18.2	10.50	22.4	12.55	27.4	14.89	41.6	27.14	
250	6.2	4.85	9.6	7.34	11.9	8.99	14.8	11.02	18.4	13.50	22.7	16.40	27.9	19.53	34.2	23.21			
315	7.7	7.54	12.1	11.67	15.0	14.28	18.7	17.54	23.2	21.43	28.6	25.88	35.2	31.06	43.1	36.85			
355	8.7	9.60	13.6	14.92	16.9	18.11	21.1	22.33	26.1	27.16	32.2	32.83	39.7	39.44	48.5	46.71			
400	9.8	12.16	15.3	18.70	19.1	23.09	23.7	28.23	29.4	34.45	36.3	41.69	44.7	50.04					
450	11.0	15.33	17.2	23.64	21.5	29.19	26.7	35.76	33.1	43.68	40.9	52.82	50.3	62.7					
500	12.3	19.09	19.1	29.16	23.9	36.07	29.7	44.18	36.8	53.84	45.4	65.13							
560	13.7	23.78	21.4	36.55	26.7	45.08	32.2	55.34	41.2	67.55	50.8	81.80							
630	15.4	30.07	24.1	46.31	30.0	56.95	37.4	70.09	46.3	87.6	57.2	103.4							

Lampiran 7. Dokumentasi penelitian



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta, 03 Januari 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Tumbuh Kembang Depok, SDK Slamet Riyadi Jakarta, SMP Global Mandiri Bogor dan SMAN 62 Jakarta. Setelah menyelesaikan pendidikan tahap SMA dan lulus pada tahun 2013, penulis diterima di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, FTK - ITS melalui jalur Mandiri. Selama masa perkuliahan penulis aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS sebagai Kepala Divisi Pemetaan Minat dan Bakat. Dalam kegiatan kemahasiswaan yang lain penulis juga pernah mengikuti beberapa turnamen bidang olah raga khususnya basket bersama tim inti Departemen Teknik Sistem Perkapalan, FTK – ITS. Penulis juga aktif mengikuti seminar serta forum yang diadakan oleh Departemen Teknik Sistem Perkapalan ataupun ITS. Pengalaman kerja praktek yang sudah ditempuh antara lain di PT. Dok dan Perkapalan Kodja Bahari Jakarta selama sebulan dan Medco Energy LLC. Muscat, Sultanate of Oman selama 2 bulan. Dalam pengerjaan tugas akhir, penulis mengambil konsentrasi pada bidang *Marine Machinery and System* (MMS).