

# Perbandingan Kebutuhan *Consumable* Pengelasan dari Hasil Estimasi dengan Aktual pada Bangunan Baru Tongkang 300 Feet

**Pandu Buana Putra Al Arif<sup>1</sup>, Imaniah Sriwijayash<sup>2</sup>, Tuti Emilia Agustina<sup>3</sup>, Sri Haryati<sup>4</sup>,  
Kiagus Muhammad Abubakar<sup>5</sup>, Sryang Tera Sarena, M.Sc<sup>6</sup>.**

<sup>1</sup> Program Studi D3 Teknik Bangunan Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia, kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia, kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

<sup>3,4</sup> Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya

<sup>5</sup> Kementerian Perhubungan

<sup>6</sup> Power Electronics, Machine and Control Research Institute, Nottingham

Email: [pandubuana@student.ppns.ac.id](mailto:pandubuana@student.ppns.ac.id)<sup>1</sup>, [imaniah.sriwijayash@ppns.ac.id](mailto:imaniah.sriwijayash@ppns.ac.id)<sup>2</sup>

## Abstrak

Dalam pembangunan kapal baru, pengelasan merupakan faktor yang sangat penting dan tidak bisa diabaikan. Sehingga dalam hal ini diperlukan perhitungan estimasi untuk meminimalisir pengeluaran yang berlebih karena memiliki dampak yang signifikan dalam pembangunan kapal, hal ini juga dilakukan agar pembangunan kapal baru dapat berjalan dengan efektif dan efisien. Dalam melakukan pembangunan kapal baru umumnya menggunakan pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Pengelasan ini memerlukan *consumable* berupa elektroda. Dalam melakukan estimasi kebutuhan elektroda SMAW dilakukan dengan *AutoCAD* yang menghasilkan lajur pengelasan sepanjang 28295 meter. Dari hasil tersebut dilakukan perhitungan menggunakan rumus volume dan diketahui dibutuhkan elektroda SMAW seberat 15654 kilogram, yang menghasilkan kebutuhan elektroda SMAW sebanyak 3131 box yang berisi 5 kilogram. Biaya yang dikeluarkan untuk setiap box elektroda adalah Rp.115.000,00 maka total biaya yang dikeluarkan untuk pengelasan bangunan baru tongkang 300 feet adalah Rp.360.065.000,00. Sedangkan untuk kebutuhan aktual diperlukan elektroda seberat 20500 kg yang membutuhkan 4100 box elektroda SMAW dengan total biaya Rp.471.500.000,00. Perhitungan estimasi dengan hasil aktual memiliki deviasi sebesar 30,96% dan dapat disimpulkan bahwa penggunaan elektroda secara aktual tidak efisien. Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis terhadap pengembangan metode perhitungan estimasi elektroda berdasarkan lajur pengelasan. Dari sisi manajerial, penelitian ini penting dalam perencanaan dan pengendalian biaya pada proyek pembangunan kapal di galangan.

**Kata kunci:** Elektroda, Estimasi, Pengelasan SMAW, dan Tongkang.

## Abstract

*In the construction of a new ship, welding is a crucial factor that cannot be overlooked. Therefore, it is essential to carry out estimations to minimize excess expenditures, as these have a significant impact on the shipbuilding process. This is also done to ensure that the construction of the new ship can proceed effectively and efficiently. Typically, the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) method is used in new ship construction. This welding process requires consumables in the form of electrodes. To estimate the need for SMAW electrodes, the calculation was performed using AutoCAD, resulting in a welding length of 28295 meters. Based on this result, volume calculations indicated that 15654 kilograms of SMAW electrodes are required, equating to a need for 3131 boxes, each containing 5 kilograms. The cost for each box of electrodes is Rp.115.000,00, leading to a total cost of Rp.360.065.000,00 for the welding of the new 300-foot barge. Whereas the actual requirement needed electrodes weighing 20500 kg, which requires 4100 boxes of SMAW electrodes with a total cost of Rp. 471.500.000,00. The estimation calculation with actual results has a deviation of 30.96%, and it can be concluded that the actual use of electrodes is inefficient. This research contributes theoretically to the development of estimation calculation methods for electrodes based on the welding lanes. From a managerial perspective, this research is important in planning and controlling costs in shipbuilding projects at shipyards.*

**Keywords:** Barge, Electrode, Estimation, and SMAW Welding.

---

<sup>1\*</sup> Pandu Buana Putra Al Arif

## 1. Pendahuluan

Dalam pembangunan kapal baru, kapal dituntut harus memiliki konstruksi dan struktur yang kuat, tanpa terkecuali kapal yang terbuat dari baja. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah teknologi yang dapat digunakan untuk menyambungkan logam atau baja dengan kuat, yaitu dengan menggunakan teknologi pengelasan. Pengelasan dapat diartikan sebagai suatu teknik yang digunakan untuk menyambung logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambahan sehingga membentuk logam yang terus-menerus (Pratama Ranu, Basuki Minto, dan Pranatal Erifive, 2017). Tidak hanya kuat dalam hal konstruksi dan struktur, dalam pembuatan kapal dan proses pengelasan juga harus dilakukan secara efektif dan efisien. Sehingga diperlukan perhitungan mengenai kebutuhan *consumable* pengelasan agar proses pembangunan dan juga pengelasan dapat berjalan dengan lancar.

Dalam pembangunan kapal baru tidak jarang juga ditemukan kasus dimana perhitungan untuk estimasi *consumable* pengelasan tidak sesuai dengan apa yang ada pada aktual. Dari penjelasan tersebut penulis ingin membuat perhitungan estimasi untuk *consumable* pengelasan yang digunakan pada proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui kebutuhan *consumable* pengelasan pada proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*. Dan juga untuk mengetahui seberapa besar selisih antara perhitungan estimasi dengan aktual. Selain itu, penulis juga ingin mengetahui total harga yang dibutuhkan untuk kebutuhan *consumable* pengelasan pada proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*.

Pada penelitian kali ini juga merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya, dimana ranah yang akan dibahas pada penelitian kali ini akan lebih luas. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Pierehanto Tubuh, 2020) tentang estimasi kebutuhan *consumable* pengelasan pada penyambungan blok kapal. Penelitian tersebut difokuskan pada proses pengelasan *Joint Block* kapal bantu rumah sakit, dengan menggunakan pengelasan *Flux Core Arc Welding* (FCAW). Sedangkan pada penelitian kali ini proses pengelasan difokuskan pada proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*, dengan menggunakan pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Pada penelitian kali ini juga dilakukan perhitungan untuk mengetahui selisih antara perhitungan estimasi dengan aktual, dan juga kebutuhan biaya total yang diperlukan untuk kebutuhan *consumable* pengelasan.

Berdasarkan kondisi tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa panjang lajur pengelasan yang dibutuhkan dalam proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*.
2. Berapa berat elektroda yang dibutuhkan dalam proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*.
3. Berapa deviasi penggunaan elektroda antara perhitungan estimasi dengan hasil aktual di lapangan.
4. Berapa biaya untuk kebutuhan elektroda yang dibutuhkan dalam proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*.

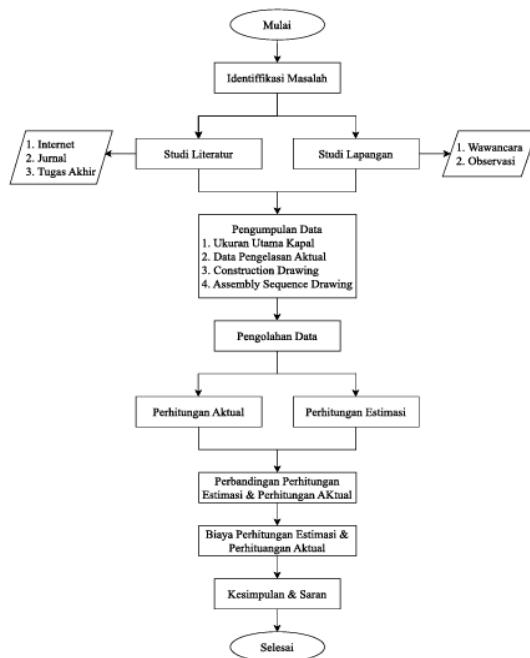
Sesuai dengan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui panjang lajur pengelasan yang dibutuhkan dalam proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*.
2. Untuk mengetahui berat elektroda yang dibutuhkan dalam proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*.
3. Untuk mengetahui berapa deviasi penggunaan elektroda dari perhitungan estimasi dengan hasil aktual pada proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*.
4. Untuk mengetahui berapa biaya yang dibutuhkan untuk kebutuhan *consumable* pengelasan (elektroda SMAW) dalam proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*.

## 2. Metode Penelitian

Sesuai pada *Gambar 2.1* tahap awal dalam melakukan penelitian ini adalah dengan melakukan identifikasi terkait topik permasalahan yang akan dibahas. Setelah dilakukan identifikasi masalah, tahap yang selanjutnya adalah melakukan studi literatur dan juga studi lapangan. Studi literatur merupakan penelusuran terkait referensi yang dapat digunakan untuk acuan dan juga pedoman yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini. Referensi yang digunakan didapatkan dari jurnal, tugas akhir terdahulu, *repository* dan juga internet. Data yang diambil berupa teori dasar terhadap pengetahuan tentang pengelasan dan juga perhitungan estimasi. Sedangkan studi lapangan merupakan identifikasi terkait permasalahan dan juga penelusuran data tentang pengelasan dan perhitungan estimasi, hal ini dilakukan secara langsung dengan cara wawancara dan juga observasi pada salah satu galangan kapal.

Pada tahap selanjutnya dilakukan pengumpulan data seperti, *Deck and Bottom Plan*, *Bulkhead and Transversal Section*, dan juga *Profil Plan*. Setelah data terkumpul dilakukan perhitungan menggunakan bantuan *Software Microsoft Excel* dan *AutoCAD* untuk mengetahui panjang lajur pengelasan dan jumlah elektroda yang dibutuhkan. Tahap selanjutnya dilanjutkan dengan melakukan perbandingan hasil perhitungan dengan aktual dan juga perhitungan total biaya yang dibutuhkan. Setelah diperoleh semua hasil yang diperlukan, langkah terakhir adalah dilakukan penarikan kesimpulan. Penarikan kesimpulan harus dilakukan dengan pada rumusan masalah yang sudah ditentukan sebelumnya. Di bawah ini merupakan tabel interpretasi deviasi aktual untuk mengetahui deviasi antara perhitungan estimasi dengan aktual



Gambar 2.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Tabel 2.1 Interpretasi Deviasi Aktual

Deviasi (%)	Signifikansi Pelaksanaan
0% - 10%	Sesuai perhitungan
10% - 25%	Kurang efisien
25% - 50%	Tidak efisien
>50%	Boros / tidak terkendali

Dari Tabel 2.1 digunakan untuk menjadi acuan setelah dilakukannya perbandingan antara perhitungan estimasi dengan hasil aktual.

### 3. Hasil dan Diskusi

Pada bab ini membahas mengenai tahap analisa pembahasan tentang perhitungan estimasi dari kebutuhan elektroda untuk pengelasan SMAW pada proyek bangunan baru tongkang 300 feet. Dengan ukuran utama kapal sebagai berikut:

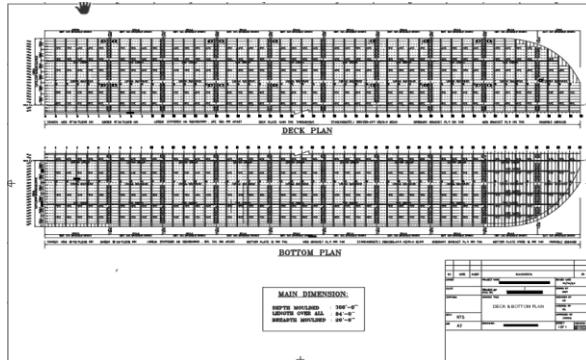
LOA : 300 feet

B : 84 feet

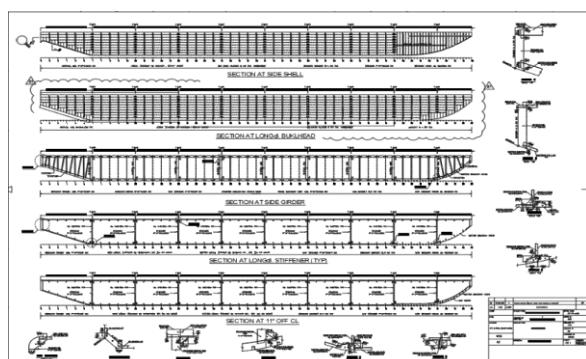
H : 20 feet

Class : RINA

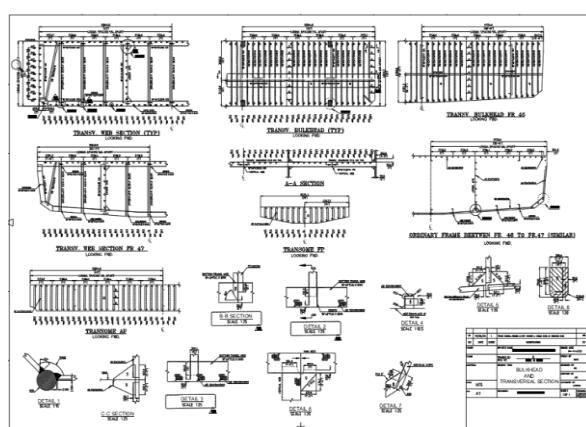
Untuk melakukan perhitungan tersebut dibutuhkan beberapa gambar pendukung seperti, *Deck and Bottom Plan*, *Profil Plan*, dan juga *Bulkhead and Transversal Section*.



Gambar 3.1 Deck and Bottom Plan Drawing



Gambar 3.2 Profil Plan Drawing



Gambar 3.3 Bulkhead and Transversal Section Drawing

Pada Gambar 3.1 digunakan untuk mengukur lajur panjang pengelasan pada bagian *bottom plate and deck plate*. Untuk Gambar 3.2 digunakan untuk mengukur panjang lajur pengelasan pada bagian *side shell and longitudinal bulkhead*. Dan untuk Gambar 3.3 digunakan untuk mengukur panjang lajur pengelasan pada bagian *transversal bulkhead*.

### 3.1. Perhitungan Panjang Pengelasan

Pada tahap perhitungan panjang pengelasan ini dilakukan pengukuran secara manual pada *software AutoCAD*. Dengan menggunakan gambar-gambar pendukung dilakukan pengukuran sesuai lajur pengelasan. Setelah dilakukan pengukuran panjang lajur pengelasan, data yang diperoleh dikelompokkan pada tabel-tabel di *excel* untuk selanjutnya digunakan sebagai perhitungan berat kebutuhan *consumable* pengelasan. Pada pengukuran lajur pengelasan ini dibagi menjadi dua macam yakni:

a. Pengelasan *Butt Joint*

Pada pengelasan *butt joint*, sesuai *rules* yang digunakan pada galangan tempat dilakukannya penelitian, *plate* dengan ketebalan <10 mm wajib dilakukan *bevel*. Pada pengelasan *butt joint* ini ada beberapa bagian yang dilakukan pengukuran lajur pengelasan seperti, *Bottom Plate*, *Deck Plate*, *Longitudinal Bulkhead Plate*, *Transversal Bulkhead Plate*, dan juga *Side Shell Plate*.



**Gambar 3.4** Lajur Pengelasan *Bottom Plate*

Pada Gambar 3.4 merupakan contoh panjang lajur pengelasan *butt joint* pada bagian *bottom plate*. pengelasan *butt joint* ini diperoleh panjang lajur pengelasan seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

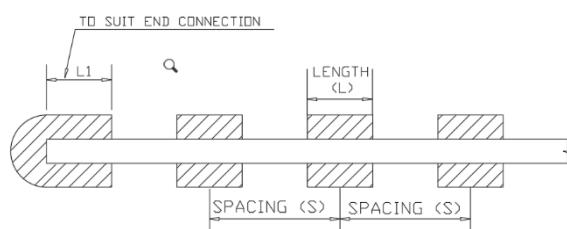
**Tabel 3.1** Panjang Pengelasan *Butt Joint*

No	Mark	Length (mm)
1	<i>Bottom Plate</i>	1064209
2	<i>Side Shell Plate</i>	426623
3	<i>Main Deck Plate</i>	1064209
4	<i>Transversal Bulkhead Plate</i>	563730
5	<i>Longitudinal Bulkhead Plate</i>	649346

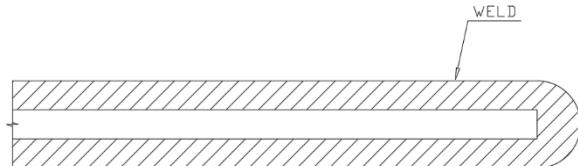
Dari hasil Tabel 3.1 didapatkan dari pembacaan gambar pada *software AutoCAD* diperoleh nilai panjang lajur pengelasan *butt joint* untuk setiap bagian. Pada bagian *bottom plate* dan *deck plate* didapatkan dari pembacaan gambar *deck and bottom plan* dengan ketebalan *bottom plate* 12 mm dan *deck plate* 14 mm. Pada bagian *longitudinal bulkhead* dan *side shell* didapatkan dari pembacaan gambar *profil plan* dengan ketebalan *longitudinal bulkhead* 8 mm dan *side shell* 12 mm. Sedangkan pada bagian *transversal bulkhead* didapatkan dari pembacaan gambar *bulkhead and transversal section* dengan ketebalan *plate* 8 mm.

b. Pengelasan *Fillet Joint*

Pada pengelasan *fillet joint* ada dua jenis pengelasan yang berbeda, yakni pengelasan *fillet full weld* dan pengelasan *fillet intermittent*. Pada pengelasan *fillet full weld* dilakukan secara terus menerus, sedangkan pada pengelasan *fillet intermittent* tidak dilakukan secara terus-menerus, tetapi ada jarak disetiap antar pengelasannya.



**Gambar 3.5** Pengelasan *Fillet Intermittent*



**Gambar 3.6 Pengelasan Fillet Full**

Pada *Gambar 3.5* merupakan pengelasan *fillet joint* pada *angle bar* yang dilakukan secara putus-putus atau *intermittent weld*. Sedangkan pada *Gambar 3.6* merupakan pengelasan *fillet joint* pada *angle bar* yang dilakukan secara terus-menerus atau *full weld*. Pada pengelasan *fillet joint angle bar to plate* diperoleh panjang lajur pengelasan seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.2 Panjang Pengelasan Fillet Joint for Angle Bar**

No	Mark	Length (mm)
1	Angle Bar to Bottom Plate	4404556
2	Angle Bar to Side Shell Plate	1803788
3	Angle Bar to Main Deck Plate	4404556
4	Angle Bar to Transversal Bulkhead	3188590
5	Angle Bar to Longitudinal Bulkhead	1524654

Dari hasil *Tabel 3.2* didapatkan dari pembacaan gambar pada *software AutoCAD* diperoleh nilai panjang lajur pengelasan *fillet joint* untuk setiap bagian. Pada pengelasan *fillet joint* untuk *angle bar* ini dilakukan dengan pengelasan *intermittent* (kecuali *angle bar* yang berada pada posisi paling luar atau posisi yang mendekati *bulkhead*). Masing-masing *angle bar* memiliki ukuran yang berbeda, untuk *angle bar* pada bagian *bottom* dan *deck* menggunakan *angle bar* ukuran 150 mm x 90 mm dengan ketebalan 9 mm. Sedangkan untuk *angle bar* pada bagian *longitudinal bulkhead*, *transversal bulkhead*, dan juga *side shell* menggunakan *angle bar* ukuran 125 mm x 75 mm dengan ketebalan 9 mm.

Untuk selanjutnya yakni Pada pengelasan *fillet joint girder to plate* diperoleh panjang lajur pengelasan seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.3 Panjang Pengelasan Fillet Joint for Girder**

No	Mark	Length (mm)
1	Girder to Bottom Plate	522848
2	Girder to Deck Plate	522848

Dari hasil *Tabel 3.3* didapatkan dari pembacaan gambar pada *software AutoCAD* diperoleh nilai panjang lajur pengelasan *fillet joint* untuk setiap bagian. Pada pengelasan *fillet joint* untuk *girder* ini dilakukan dengan *full weld*. Untuk *girder* yang digunakan pada bagian *bottom* dan *deck* memiliki ukuran masing-masing tinggi 18 inch dengan *flange* berukuran 6 inch dan menggunakan *plate* tebal 8 mm.

Untuk selanjutnya yakni Pada pengelasan *fillet joint vertical web to plate* diperoleh panjang lajur pengelasan seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.4 Panjang Pengelasan Fillet Joint for Vertical Web**

No	Mark	Length (mm)
1	Vertical Web to Side Shell Plate	672068
2	Vertical Web to Long.Bulkhead Plate	740760
3	Vertical Web to Trv.Bulkhead Plate	333048

Dari hasil *Tabel 3.4* didapatkan dari pembacaan gambar pada *software AutoCAD* diperoleh nilai panjang lajur pengelasan *fillet joint* untuk setiap bagian. Pada pengelasan *fillet joint* untuk *vertical web* ini dilakukan dengan *full weld*. Untuk *vertical web* yang digunakan pada bagian *side shell* dan *longitudinal bulkhead* memiliki ukuran masing-masing tinggi 18 inch dengan *flange* berukuran 6 inch dan menggunakan *plate* tebal 8 mm. Sedangkan

untuk *vertical web* yang digunakan pada bagian *transversal bulkhead* memiliki ukuran tinggi 18 inch dengan *flange* berukuran 6 inch dan menggunakan *plate* tebal 10 mm.

Untuk selanjutnya yakni Pada pengelasan *fillet joint web to plate* diperoleh panjang lajur pengelasan seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.5** Panjang Pengelasan *Fillet Joint for Web*

No	Mark	Length (mm)
1	<i>Web to Bottom Plate</i>	1677408
2	<i>Web to Deck Plate</i>	1677408

Dari hasil *Tabel 3.5* didapatkan dari pembacaan gambar pada *software AutoCAD* diperoleh nilai panjang lajur pengelasan *fillet joint* untuk setiap bagian. Pada pengelasan *fillet joint* untuk *web* ini dilakukan dengan *full weld*. Untuk *web* yang digunakan pada bagian *bottom* dan *deck* memiliki ukuran masing-masing tinggi 18 inch dengan *flange* berukuran 6 inch dan menggunakan *plate* tebal 8 mm.

Untuk selanjutnya yakni pada pengelasan *fillet joint stringer to plate* diperoleh panjang lajur pengelasan seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.6** Panjang Pengelasan *Fillet Joint for Stringer*

No	Mark	Length (mm)
1	<i>Stringer to Transversal Bulkhead</i>	230490

Dari hasil *Tabel 3.6* didapatkan dari pembacaan gambar pada *software AutoCAD* diperoleh nilai panjang lajur pengelasan *fillet joint* untuk setiap bagian. Pada pengelasan *fillet joint* untuk *stringer* ini dilakukan dengan *full weld*. Untuk *stringer* yang digunakan pada bagian *transversal bulkhead* memiliki ukuran tinggi 18 inch dengan *flange* berukuran 6 inch dan menggunakan *plate* tebal 10 mm.

Untuk selanjutnya yakni Pada pengelasan *fillet joint erection* diperoleh panjang lajur pengelasan seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.7** Panjang Pengelasan *Fillet Joint for Erection*

No	Mark	Length (mm)
1	<i>Erection Bottom to Trv.Bulkhead</i>	512200
2	<i>Erection Bottom to Long.Bulkhead</i>	365760
3	<i>Erection Bottom to Round Bar</i>	182880
4	<i>Erection Round Bar to Trv.Bulkhead</i>	31400
5	<i>Erection Round Bar to Side Shell</i>	182880
6	<i>Erection Side Shell to Main Deck</i>	182880
7	<i>Erection Main deck to Long.Bulkhead</i>	365760
8	<i>Erection Main deck to Trv.Bulkhead</i>	512200
9	<i>Erection Long.Bulkhead to Trv.Bulkhead</i>	488080

Dari hasil *Tabel 3.7* didapatkan dari pembacaan gambar pada *software AutoCAD* diperoleh nilai panjang lajur pengelasan *fillet joint* untuk bagian *erection*. Pada proses pengelasan *fillet joint* untuk bagian *erection* ini dilakukan dengan pengelasan *fillet full weld*.

Dari hasil semua tabel di atas yang didapatkan melalui pembacaan gambar pada *software AutoCAD* didapatkan total panjang lajur pengelasan baik *butt joint* maupun *fillet joint*. Untuk selanjutnya total panjang lajur pengelasan tersebut dapat dilihat seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.8** Total Panjang Pengelasan *Butt Joint*

No	Mark	Length (mm)
1	<i>Bottom Plate</i>	1064209
2	<i>Side Shell Plate</i>	426623
3	<i>Main Deck Plate</i>	1064209
4	<i>Transversal Bulkhead Plate</i>	563730
5	<i>Longitudinal Bulkhead Plate</i>	649346
	<i>Total</i>	<b>3768117</b>

Dari Tabel 3.8 dapat diketahui total panjang lajur pengelasan *butt joint*, yang diperoleh dari penjumlahan semua bagian adalah 3768117 mm atau 3768,117 m.

**Tabel 3.9** Total Panjang Pengelasan *Fillet Joint*

No	Mark	Length (mm)
1	Pengelasan Fillet Joint for Angle Bar	15326144
2	Pengelasan Fillet Joint for Girder	1045696
3	Pengelasan Fillet Joint for Vert. Web	1745876
4	Pengelasan Fillet Joint for Trv. Web	3354816
5	Pengelasan Fillet Joint for Stringer	230490
6	Pengelasan Fillet Joint for Erection	2824040
Total		24527062

Dari Tabel 3.9 dapat diketahui total panjang lajur pengelasan *fillet joint*, yang diperoleh dari penjumlahan semua bagian adalah 24527062 mm atau 24527,062 m. Untuk selanjutnya data hasil pengukuran panjang lajur pengelasan ini akan digunakan untuk menghitung kebutuhan *consumable* pengelasan untuk proyek bangunan baru tongkang 300 feet.

### **3.2. Perhitungan Kebutuhan Elektroda**

Setelah didapatkan hasil dari total semua panjang lajur pengelasan, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan berat elektroda yang dibutuhkan sesuai dengan rumus yang digunakan. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan berat elektroda:

Rumus tersebut digunakan untuk mengetahui tinggi *caping* untuk setiap ketebalan *plate* yang berbeda-beda. Dimana setelah diketahui tinggi *caping* tersebut digunakan untuk mengetahui luasan volume pengelasan untuk dilakukannya perhitungan kebutuhan berat *consumable* pengelasan, dari rumus tersebut diketahui bahwa:

H : Tinggi Caping (mm)

T : Tebal Plate (mm)

$$C = \frac{(A1+A2)x L x G}{F} x \frac{1}{1000} .....(2)$$

Rumus tersebut digunakan untuk mengetahui berat yang dibutuhkan untuk kebutuhan *consumable* pengelasan. Di dalam rumus tersebut terdapat area pengelasan dan juga panjang pengelasan, dari rumus tersebut dapat diketahui bahwa:

C : Berat elektroda yang dibutuhkan (kg)

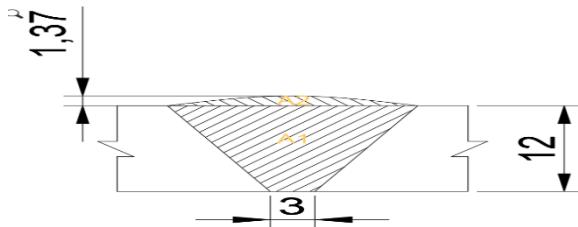
A1 : Luasan area *filler* (mm<sup>2</sup>)

A2 : Luasan area *caping* (mm<sup>2</sup>)

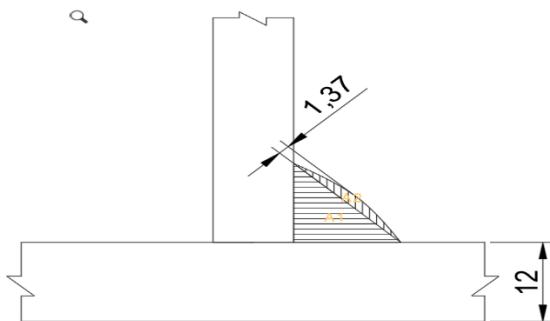
L : Panjang lajur pengelasan (mm)

G : Massa jenis (kg/mm<sup>3</sup>)

E : Loss factor



Gambar 3.7 Area Pengelasan Butt Joint



Gambar 3.8 Area Pengelasan Fillet Joint

Pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8 merupakan contoh area pengelasan yang digunakan untuk melakukan perhitungan terkait kebutuhan *consumable* pengelasan baik *butt joint* maupun *fillet joint*. Sebagai contoh untuk perhitungan kebutuhan *consumable* pengelasan dapat dilihat pada contoh dibawah ini:

Diketahui:

L : 9144 mm

t : 12 mm

H : 1,37 mm

A1 : 119,14 mm<sup>2</sup>

A2 : 14,43 mm<sup>2</sup>

G : 0,00785 gr/mm<sup>3</sup>

E : 55%

Jadi, jika dimasukkan rumus akan menjadi sebagai berikut:

$$C = \frac{(119,14 + 14,43) \times 9144 \times 0,00785}{55\%} \times \frac{1}{1000}$$

$$C = \frac{(133,57) \times 9144 \times 0,00785}{55\%} \times \frac{1}{1000}$$

$$C = \frac{9587,8}{55\%} \times \frac{1}{1000}$$

$$C = 17432,4 \times \frac{1}{1000}$$

$$C = 17,5 \text{ kg}$$

Jadi, dengan lajur pengelasan sepanjang 9144 mm dengan ketebalan *plate* 12 mm, dibutuhkan elektroda SMAW sebanyak 17,5 kg.

Jadi pada perhitungan kebutuhan *consumable* pengelasan ini dilakukan dengan menggunakan perhitungan pada *software microsoft excel* dengan memasukkan nilai yang sudah didapatkan dari perhitungan panjang lajur pengelasan. Pada tabel berikut ini merupakan hasil dari perhitungan kebutuhan elektroda SMAW pada pengelasan *butt joint*:

**Tabel 3.10** Consumable Pengelasan Butt Joint

No	Mark	Length (mm)	Weight (kg)
1	Bottom Plate (12mm)	1064209	1830
2	Side Shell Plate (12mm)	426623	734
3	Main Deck Plate (14mm)	1064209	2396
4	Transversal Bulkhead Plate (8mm)	563730	276
5	Longitudinal Bulkhead Plate (8mm)	649346	318

Pada Tabel 3.10 diketahui *plate bottom* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 1064209 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 1830 kg. Untuk *plate side shell* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 426623 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 734 kg. Untuk *plate main deck* dengan ketebalan 14 mm dan lajur pengelasan sepanjang 1064209 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 2396 kg. Untuk *plate transversal bulkhead* dengan ketebalan 8 mm dan lajur pengelasan sepanjang 563730 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 276 kg. Untuk *plate longitudinal bulkhead* dengan ketebalan 8 mm dan lajur pengelasan sepanjang 649346 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 318 kg.

Untuk selanjutnya adalah perhitungan kebutuhan *consumable* pengelasan yang diperoleh dari hasil perhitungan lajur pengelasan *fillet joint* untuk pengelasan *angle bar to plate*. Perhitungan tersebut dilakukan pada *software microsoft excel* dengan hasil seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.11** Consumable Pengelasan Fillet Joint Angle Bar

No	Mark	Length (mm)	Weight (kg)
1	Angle Bar to Bottom Plate (12 mm)	4404556	1083
2	Angle Bar to Side Shell Plate (12 mm)	1803788	443
3	Angle Bar to Main Deck Plate (14 mm)	4404556	1083
4	Angle Bar to Transversal Bulkhead (8 mm)	3188590	784
5	Angle Bar to Longitudinal Bulkhead (8 mm)	1524654	375

Pada Tabel 3.11 diketahui *angle bar to bottom plate* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 4404556 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 1083 kg. Untuk *angle bar to plate side shell* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 1803788 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 443 kg. Untuk *angle bar to plate main deck* dengan ketebalan 14 mm dan lajur pengelasan sepanjang 4404556 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 1083 kg. Untuk *angle bar to plate transversal bulkhead* dengan ketebalan 8 mm dan lajur pengelasan sepanjang 3188590 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 784 kg. Untuk *angle bar to plate longitudinal bulkhead* dengan ketebalan 8 mm dan lajur pengelasan sepanjang 1524654 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 375 kg.

Untuk selanjutnya adalah perhitungan kebutuhan *consumable* pengelasan yang diperoleh dari hasil perhitungan lajur pengelasan *fillet joint* untuk pengelasan *girder to plate*. Perhitungan tersebut dilakukan pada *software microsoft excel* dengan hasil seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.12 Consumable Pengelasan Fillet Joint Girder**

No	Mark	Length (mm)	Weight (kg)
1	Girder to Bottom Plate (12 mm)	522848	129
2	Girder to Deck Plate (14 mm)	522848	129

Pada Tabel 3.12 diketahui *girder to bottom plate* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 522848 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 129 kg. Untuk *girder to plate main deck* dengan ketebalan 14 mm dan lajur pengelasan sepanjang 522848 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 129 kg.

Untuk selanjutnya adalah perhitungan kebutuhan *consumable* pengelasan yang diperoleh dari hasil perhitungan lajur pengelasan *fillet joint* untuk pengelasan *vertical web to plate*. Perhitungan tersebut dilakukan pada *software microsoft excel* dengan hasil seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.13 Consumable Pengelasan Fillet Joint Vert. Web**

No	Mark	Length (mm)	Weight (kg)
1	Vertical Web to Side Shell Plate (12 mm)	672068	155
2	Vertical Web to Long.Bulkhead Plate (8 mm)	740760	182
3	Vertical Web to Trv.Bulkhead Plate (8 mm)	333048	82

Pada Tabel 3.13 diketahui *vertical web to side shell plate* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 672068 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 155 kg. Untuk *vertical web to longitudinal bulkhead plate* dengan ketebalan 8 mm dan lajur pengelasan sepanjang 740760 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 182 kg. Untuk *vertical web to transversal bulkhead plate* dengan ketebalan 8 mm dan lajur pengelasan sepanjang 333048 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 82 kg.

Untuk selanjutnya adalah perhitungan kebutuhan *consumable* pengelasan yang diperoleh dari hasil perhitungan lajur pengelasan *fillet joint* untuk pengelasan *transversal web to plate*. Perhitungan tersebut dilakukan pada *software microsoft excel* dengan hasil seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.14 Consumable Pengelasan Fillet Joint Trv. Web**

No	Mark	Length (mm)	Weight (kg)
1	Transversal Web to Bottom Plate (12 mm)	1677408	413
2	Transversal Web to Deck Plate (14 mm)	1677408	413

Pada Tabel 3.14 diketahui *transversal web to bottom plate* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 1677408 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 413 kg. Untuk *transversal web to plate main deck* dengan ketebalan 14 mm dan lajur pengelasan sepanjang 1677408 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 413 kg.

Untuk selanjutnya adalah perhitungan kebutuhan *consumable* pengelasan yang diperoleh dari hasil perhitungan lajur pengelasan *fillet joint* untuk pengelasan *stringer to plate*. Perhitungan tersebut dilakukan pada *software microsoft excel* dengan hasil seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.15 Consumable Pengelasan Fillet Joint Stringer**

No	Mark	Length (mm)	Weight (kg)
1	Stringer to Transversal Bulkhead (8 mm)	230490	57

Pada Tabel 3.15 diketahui *stringer to transversal bulkhead plate* dengan ketebalan 8 mm dan lajur pengelasan sepanjang 230490 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 57 kg.

Untuk selanjutnya adalah perhitungan kebutuhan *consumable* pengelasan yang diperoleh dari hasil perhitungan lajur pengelasan *fillet joint* untuk pengelasan *erection*. Perhitungan tersebut dilakukan pada *software microsoft excel* dengan hasil seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.16 Consumable Pengelasan Fillet Joint Erection**

No	Mark	Length (mm)	Weight (kg)
1	Erection Bottom to Try.Bulkhead (12 mm)	512200	126
2	Erection Bottom to Long.Bulkhead (12 mm)	365760	90
3	Erection Bottom to Round Bar (12 mm)	182880	244
4	Erection Round Bar to Try.Bulkhead (12 mm)	31400	42
5	Erection Round Bar to Side Shell (12 mm)	182880	244
6	Erection Side Shell to Main Deck (14 mm)	182880	78
7	Erection Main deck to Long.Bulkhead (14 mm)	365760	90
8	Erection Main deck to Try.Bulkhead (14 mm)	512200	126
9	Erection Long.Bulkhead to Try.Bulkhead (8 mm)	488080	120

Pada Tabel 3.16 diketahui pengelasan *erection bottom to transversal bulkhead* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 512200 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 126 kg. Untuk *erection bottom to longitudinal bulkhead* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 365760 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 90 kg. Untuk *erection bottom to chine* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 182880 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 244 kg. Untuk *erection chine to transversal bulkhead* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 31400 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 42 kg. Untuk *erection chine to side shell* dengan ketebalan 12 mm dan lajur pengelasan sepanjang 182880 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 244 kg.

Selanjutnya untuk pengelasan *erection side shell to main deck* dengan ketebalan 14 mm dan lajur pengelasan sepanjang 182880 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 78 kg. Untuk *erection main deck to longitudinal bulkhead* dengan ketebalan 14 mm dan lajur pengelasan sepanjang 365760 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 90 kg. Untuk *erection main deck to transversal bulkhead* dengan ketebalan 14 mm dan lajur pengelasan sepanjang 512200 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 126 kg. Untuk *erection longitudinal bulkhead to transversal bulkhead* dengan ketebalan 8 mm dan lajur pengelasan sepanjang 488080 mm membutuhkan elektroda SMAW seberat 120 kg.

Dari hasil semua tabel diatas yang didapatkan melalui perhitungan pada *software microsoft excel* dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan didapatkan total hasil kebutuhan elektroda SMAW baik pengelasan *butt joint* maupun *fillet joint*. Untuk selanjutnya total hasil perhitungan mengenai kebutuhan elektroda SMAW tersebut dapat dilihat seperti yang ada pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.17 Total Consumable Pengelasan Butt Joint**

No	Mark	Length (mm)	Weight (kg)
1	Bottom Plate (12 mm)	1064209	1830
2	Side Shell Plate (12 mm)	426623	734
3	Main Deck Plate (14 mm)	1064209	2396
4	Transversal Bulkhead Plate (8 mm)	563730	276
5	Longitudinal Bulkhead Plate (8 mm)	649346	318
	Total	3768117	5554

Dari Tabel 3.17 dapat diketahui total kebutuhan elektroda pengelasan *butt joint*, yang diperoleh dari perhitungan pada software *microsoft excel* dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan adalah 5554 kg atau 5,55 ton.

**Tabel 3.18 Total Consumable Pengelasan Fillet Joint**

No	Mark	Length (mm)	Weight (kg)
1	Pengelasan Fillet Joint for Angle Bar	15326144	3768
2	Pengelasan Fillet Joint for Girder	1045696	258
3	Pengelasan Fillet Joint for Vert. Web	1745876	419
4	Pengelasan Fillet Joint for Trv. Web	3354816	826
5	Pengelasan Fillet Joint for Stringer	230490	57
6	Pengelasan Fillet Joint for Erection	2824040	1160
	Total	24527062	6488

Dari Tabel 3.18 dapat diketahui total kebutuhan elektroda SMAW *fillet joint*, yang diperoleh dari penjumlahan semua bagian adalah 6488 kg atau 6,48 ton.

Untuk selanjutnya data hasil perhitungan kebutuhan elektroda SMAW ini akan digunakan untuk melakukan perhitungan antara estimasi dengan aktual. Dan juga data tersebut akan digunakan untuk melakukan perhitungan kebutuhan biaya untuk kebutuhan *consumable* pengelasan pada proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*.

### 3.3. Perbandingan Estimasi dengan Aktual

Setelah dilakukannya perhitungan mulai dari panjang lajur pengelasan baik *butt joint* maupun *fillet joint*. Dan juga perhitungan mengenai kebutuhan *consumable* pengelasan (elektroda SMAW) baik pengelasan *butt joint* maupun *fillet joint*. Tahap selanjutnya yakni melakukan perbandingan antara perhitungan estimasi dan juga hasil aktual dari elektroda yang digunakan pada proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan estimasi dan juga hasil aktual:

#### a. Perhitungan Estimasi

Pada perhitungan estimasi ini dilakukan perhitungan dengan menggunakan acuan lajur panjang pengelasan. Setelah didapatkannya total panjang lajur pengelasan yang didapatkan dari hasil pembacaan gambar, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus untuk mengetahui total kebutuhan elektroda pada proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*. Total kebutuhan *consumable* pengelasan untuk proyek bangunan baru tongkang 300 *feet*, dapat dilihat pada tabel yang ada di bawah ini:

**Tabel 3.19 Total Estimasi Consumable Pengelasan**

No	Mark	Length (mm)	Weight (kg)
1	Pengelasan Butt Joint	3768117	5554
2	Pengelasan Fillet Joint	24527062	6488
	Total	28295179	12042

Dari Tabel 3.19 dapat diketahui bahwa total kebutuhan *consumable* pengelasan (elektroda SMAW), dari penjumlahan pengelasan *fillet* dan *butt joint* adalah 12042 kg atau 12,04 ton. Dalam perhitungan estimasi kebutuhan elektroda untuk pengelasan SMAW pada pembangunan kapal tongkang, penulis menetapkan margin sebesar 30% dari hasil perhitungan teoritis. Penambahan margin ini dimaksudkan untuk mengantisipasi berbagai kemungkinan penyimpangan yang terjadi di lapangan, seperti percikan las (*spatter*), sisa elektroda yang tidak terpakai (*stub loss*), pengelasan ulang (*rework*), serta kondisi kerja operator yang tidak selalu optimal.

$$= 12042 + (12042 \times 30\%)$$

$$= 12042 + 3612$$

$$= 15654 \text{ kg}$$

Jadi, total estimasi untuk kebutuhan elektroda SMAW setelah ditambahkan margin 30% adalah 15654 kg atau 15,65 ton.

### b. Hasil Aktual

Pada hasil aktual ini diperoleh dari konsumsi aktual elektroda SMAW yang telah digunakan untuk proyek bangunan baru tongkang 300 feet. Untuk kebutuhan *consumable* pengelasan (elektroda SMAW) pada hasil aktual ini dapat di lihat pada gambar di bawah ini:

Welding Electrode AWS E6013 4.0mm Atlantic	2,000.00
Welding Electrode AWS E6013 5.0mm Atlantic	3,500.00
Welding Electrode AWS E6013 4.0mm Golden Bridge	500.00
Welding Electrode AWS E6013 4.0mm Tianjin Bridge	9,000.00
Welding Electrode AWS E6013 5.0mm Tianjin Bridge	5,500.00

Gambar 3.9 Total Aktual Consumable Pengelasan

Dari Gambar 3.9 dapat diketahui bahwa total kebutuhan *consumable* pengelasan (elektroda SMAW) yang dikeluarkan untuk pengelasan proyek bangunan baru tongkang 300 feet adalah 20500 kg atau 20,5 ton.

Dari masing-masing perhitungan, untuk estimasi diperoleh kebutuhan *consumable* pengelasan (elektroda SMAW) seberat 15654 kg atau 15,65 ton. Sedangkan untuk aktual kebutuhan *consumable* pengelasan (elektroda SMAW) seberat 20500 kg atau 20,5 ton. Pada tahap perbandingan perhitungan estimasi dengan hasil aktual, akan menggunakan interpretasi deviasi aktual yang diadaptasi dari pendekatan *MAPE* oleh Hutasuhut Amira (2014), namun dengan acuan estimasi sebagai nilai referensi. Berikut ini merupakan tabel tentang interpretasi deviasi aktual:

Tabel 3.20 Interpretasi Deviasi Aktual

Deviasi (%)	Signifikansi Pelaksanaan
0% - 10%	Sesuai perhitungan
10% - 25%	Kurang efisien
25% - 50%	Tidak efisien
>50%	Boros / tidak terkendali

Dari perhitungan estimasi dan juga hasil aktual memiliki selisih kebutuhan *consumable* pengelasan (elektroda SMAW) sebesar 5000 kg atau 5 ton, dimana elektroda yang dikeluarkan lebih banyak daripada perencanaan. Selisih 4846 kg atau 5 ton tersebut sama dengan 30,96% dari perhitungan estimasi. Dimana jika dilihat pada Tabel 3.20 interpretasi deviasi aktual, nilai tersebut masuk dalam signifikansi pelaksanaan yang tidak efisien. Dari analisis tersebut dapat diartikan bahwa pelaksanaan proses pengelasan secara aktual masih kurang efisien sehingga membutuhkan kebutuhan *consumable* pengelasan yang lebih banyak daripada perhitungan yang telah direncanakan.

### 3.4. Perhitungan Harga

Pada perhitungan biaya dapat dilakukan setelah diperoleh nilai total dari berat kebutuhan *consumable* pengelasan (elektroda SMAW) dari perhitungan estimasi. Pada pasar atau *market* elektroda dijual dengan satuan kg, baik itu 5 kg per box maupun 15 kg per box. Berikut ini merupakan harga elektroda yang didapatkan penulis dari salah satu katalog:



Gambar 3.10 Katalog Harga elektroda

Dari Gambar 3.10 penulis menggunakan elektroda SMAW seharga Rp.23.000,00 untuk setiap kg nya. Dengan menggunakan box yang berisikan 5 kg elektroda SMAW, karena box ukuran 5 kg adalah yang sering digunakan pada galangan kapal.

Untuk setiap *box* dengan isi 5 kg elektroda SMAW memiliki harga Rp.115.000,00. Untuk tahap perhitungan kebutuhan elektroda SMAW dilakukan dengan melakukan pembagian dari total berat perhitungan estimasi dengan *box* berisikan 5 kg elektroda. Jadi, 15654 kg di bagi dengan 5 kg, dan didapatkan hasil sebanyak 3131 *box* elektroda SMAW dengan berat setiap *box* nya adalah 5 kg. Untuk mengetahui total kebutuhan *consumable* pengelasan (elektroda SMAW) dilakukan dengan melakukan perkalian dari total *box* yang dibutuhkan dengan harga per *box*. Jadi, 3131 *box* dikali dengan harga per *box* Rp.115.000,00 diperoleh hasil senilai Rp.360.065.000,00 untuk total kebutuhan elektroda sesuai dengan perhitungan estimasi.

Sedangkan untuk hasil aktual, jika dilakukan perhitungan dengan harga yang sama maka akan dibutuhkan 8400 *box* elektroda SMAW dengan berat setiap *box* 5 kg. Jadi, 4100 *box* dikali dengan harga per *box* Rp.115.000,00 diperoleh hasil senilai Rp.471.500.000,00. Jadi, untuk perhitungan kebutuhan *consumable* pengelasan berdasarkan perhitungan estimasi dan juga hasil aktual memiliki selisih sebesar Rp.111.435.000,00. Total hasil aktual kebutuhan elektroda SMAW memiliki harga Rp.111.435.000,00 lebih banyak daripada hasil perhitungan estimasi.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan juga pembahasan yang dilakukan oleh penulis mengenai perbandingan kebutuhan *consumable* pengelasan dari hasil perhitungan estimasi dengan aktual pada salah satu galangan kapal, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pembacaan gambar pada *AutoCAD* diperoleh total lajur pengelasan baik *butt joint* maupun *fillet joint* sepanjang 28295 m.
2. Berdasarkan perhitungan berat elektroda, diketahui total berat estimasi elektroda SMAW baik pengelasan *butt joint* maupun *fillet joint* seberat 15,65 ton dan untuk hasil aktual seberat 20,5 ton.
3. Berdasarkan hasil perbandingan, hasil aktual 4,84 ton atau 30,96% lebih banyak daripada perhitungan estimasi, sehingga dinyatakan tidak efisien.
4. Berdasarkan perhitungan biaya, untuk perhitungan estimasi di peroleh harga senilai Rp.360.065.00,00 sedangkan hasil aktual diperoleh senilai Rp.471.500.000,00.

#### 5. Daftar Pustaka

- Firmansyah, A. (2023). Perencanaan Kebutuhan Material pada Proses *Replating* Kapal Tongkang BG. Gemilang – 3068. *Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*.
- Habibi, M., & Pribadi, T. W. (2017). Perencanaan dan Pengendalian Jadwal Pembuatan Gambar Desain dan Produksi Pembangunan Kapal Baru dengan Metode Simulasi. *Jurnal Teknik ITS*.
- Hutasuhut, A. H. (2014). *Developing Decision Support Application for Forecasting Raw Material Inventory of Blowing and Inject Plastic Production Using Arima (Autoregressive Integrated) in CV. Asia*.
- Pierehanto, T. (2020). Estimasi Kebutuhan *Consumable* Pengelasan pada Penyambungan Blok Kapal. *Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*.
- Prasetyo, R. L., Aldio, R. Z. (2023). Analisis Pengaruh Arus Pengelasan SMAW terhadap Sifat Mekanis Baja SS 400. *Electronic Thesis Dissertation*.
- Pratama, R. Y., Basuki, M., & Pranatal, E. (2020, Juli 12). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW untuk Posisi Pengelasan 1G pada Material Baja Kapal SS 400 terhadap Cacat Pengelasan. In *Prosiding Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN)*.
- Sina, S. I. (2024). Perencanaan Kebutuhan Material pada Proses *Replating* Kapal Tongkang BG. Gajah V. *Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*.