

# JURNAL TEKNOLOGI

(Journal of Technology)

JURNAL ILMU TEKNIK DAN SAINS

## Daftar Isi

### PERKAPALAN

Pengaruh Pemakaian Kuat Arus dan Waktu Pembersihan Terak Las Terhadap Deformasi Las Pada Pelat Datar  
*Obed Metekohy*

### MESIN

Analisa Pengaruh Variasi Waktu Pengapaian Dan Penggunaan Premium BE 50 Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Motor Bensin  
*Hendry J Nanlohy*

Analisa Kapasitas Generator Berdasarkan Kondisi Operasional Kapal Pada KM Manusela  
*Antony Simanjuntak*

Tinjauan Komparatif Kebutuhan Tenaga dan Daya Masukan Pada Kompresor Tiga Tingkat Yang Mengalami Penurunan Tekanan  
*Abraham Kalalimbong*

Analisa Redaman Efektif Honeycomb Seal Pada Kompresor Bertekanan Tinggi  
*Benjamin G Tentua*

### SIPIL

Analisis Kepadatan dan Volume Sedimen Yang Mengendap Setelah T – Tahun Pada Pengoperasian waduk  
*Semuel Unepetty, Obednego D Nara*

### TEKNIK MANAJEMEN PANTAI

Analisis Fisik Kerusakan Wilayah Pesisir Pantai Hatu – Liliboy Kecamatan Leihitu Untuk Perencanaan Tata Ruang Pesisir  
*Pieter Th Berhitu, Danny S Pelupessy*

Identifikasi Kerusakan Pantai Pada Kawasan Pesisir Teluk Ambon Dalam  
*Tirza J Kakisina*

### ELEKTRO

Karakterisasi Perambatan Moda-Moda Pandu Gelombang Optik Dengan Analisis Skalar Variasional Menggunakan Medan Listrik Cobaan Gaussian – Hermite  
*Richard R. Lokollo*



ISSN 1693 – 9425

# “TEKNOLOGI”

*Jurnal Ilmu - Ilmu Teknik dan Sains*

*Volume 5 No .2 Oktober 2008*

---

## **PENANGGUNG JAWAB**

Dekan Fakultas Teknik Unpatti

## **Penerbit :**

Fakultas Teknik  
Universitas Pattimura Ambon

## **Ketua Dewan Redaksi :**

Pieter Th Berhitu, ST.MT

## **Penyunting Pelaksana**

Tirza Kakisisna. ST. MT  
Denny pelupessy. ST. MEng  
Jhoni Latuni ST. Meng  
Fella Gaspersz ST.MT

## **Penyunting Ahli :**

Prof. Dr.Ir.Sutanto Soehodho.M. Eng  
Prof Ir. Harsono T.MSIE, Ph.D  
Prof. Dr. Ir. N.V.Huliselan.M.Sc  
Prof. Dr. Ir H Manalip, MSc. DEA  
Prof. Aryadi Suwono  
Dr.H Soefyan Tsauri, M Sc.APU  
Dr. Ir. A.A Masroeri, Meng  
Dr. Ir. Wisnu Wardhana, MSc, SE  
Dr. M.K.J Norimarna, MSc  
Ir. R.G. Wattimury, Meng

## **Sekretariat Redaksi :**

Fakultas Teknik Unpatti.  
Jln Ir. M. Putuhena Kampus Poka Ambon  
E-mail: Teknologi@rad net.id

**Teknologi** merupakan Jurnal ilmu-ilmu Teknik dan Sains yang menyajikan hasil penelitian dibidang ilmu Teknik dan sains . Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun bulan April dan Oktober.

# TEKNOLOGI

*Jurnal Ilmu - Ilmu Teknik dan Sains*

*Volume 5 No. 2 Oktober 2008*

---

## Daftar Isi

Pengaruh Pemakaian Kuat Arus Dan Waktu Pembersihan Terak Las Terhadap Deformasi Las Pada Pelat Datar	Obed Metekohy	435 - 444
Analisa Pengaruh Variasi Waktu Pengapaian Dan Penggunaan Premium BE 50 Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Motor Bensin	Hendry Y Nanlohy	445 - 450
Analisa Kapasitas Generator Berdasarkan Kondisi Operasional Kapal Pada KM Manusela	Antoni Simanjuntak	451 - 457
Tinjauan Komparatif Kebutuhan Tenaga Dan Daya Masukan Pada Kompresor Tiga Tingkat Yang Mengalami Penurunam Tekanan	Abraham Kalalimbong	458 - 464
Analisa Redaman Efektif Honeycomb Seal Pada Kompresor Bertekanan Tinggi	Benjamin G Tentua.	465 - 470
Analisis Kepadatan Dan Volume Sedimen Yang Mengendap Setelah T Tahun Pada Pengoperasian Waduk	Semuel Uneputty, Obednego D Nara	471 - 475
Analisis Fisik Kerusakan Wilayah Pesisir Pantai Hatu – Liliboy Kecamatan Leihitu Untuk Perencanaan tata Ruang Pesisir	P. Th . Berhitu, Danny S Pelupessy	476 - 484
Identifikasi Kerusakan Pantai Pada Kawasan Pesisir Teluk Ambon Dalam	Tirza J. Kakisina	485 - 491
Karakterisasi Perambatan Moda-Moda Pandu Gelombang Optik Dengan Analisis Skalar Variasional Menggunakan Medan Listrik Cobaan Gaussian - Hermite	Richard R Lokollo	492 - 505

# PENGARUH PEMAKAIAN KUAT ARUS DAN WAKTU PEMBERSIHAN TERAK LAS TERHADAP DEFORMASI LAS PADA PELAT DATAR

Obed Metekohy\*

## ABSTRACT

Development of welder technology along with having swell it science and technology. Most all industrial areas requires quality of good welder, causing is required knowledge and skilled in welder engineering. Mean knowledge must be followed skilled high, so that to get result of welder top natively is required a weld expert had expertise knowledge and skilled of perfect welder. Based on definition from Deutsche Industrie Not-men (DIN) that welder process is a metallurgy bond at metal joint or alloy metal executed in a state of melt or liquid. Starting from the definition can be formulated that weld is local joint from some metal slabs by using temperature dissociation energy of diatomic. Hot after table from the electric arc hence tip of electrode and mains metal will melt and ossifies together. Temperature yielded from electric arc burning hardly depended from strong usage of current, temperature yielded will make temperature will increase so that steel atoms property will obtain motive power in formation of crystal grating to solvent of weld and strength from the welder.

**Key Words :** Welder, Metallurgy, temperature

## I. PENDAHULUAN

Teknologi las pada era globalisasi sekarang ini perkembangannya sangat pesat seiring dengan perkembangan teknologi, Karena hampir disemua bidang industri memerlukan kualitas pengelasan yang baik, sehingga dibutuhkan pengetahuan dan ketrampilan teknis pengelasan. Karena itu dalam pengelasan pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek. Maka untuk mendapatkan mutu atau kualitas pengelasan yang baik, diperlukan konstruksi rancangan dan teknik pengelasan yang sesuai dengan prosedur, sehingga dibutuhkan seorang juru las yang memiliki ilmu pengetahuan dan teknik pengelasan yang sempurna.

Berdasarkan definisi dari **Deutsche Industrie Not'men (DIN)** bahwa proses pengelasan adalah suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduannya yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Bertolak dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah merupakan sambungan setempat dari beberapa lembar logam dengan menggunakan energi panas. Dalam proses pengelasan, las elektroda terbungkus merupakan salah satu cara pengelasan yang banyak dipergunakan, di mana dalam pengelasan digunakan kawat elektroda logam yang dihungkus dengan fluks.

Dalam pengelasan untuk mendapatkan busur nyala adalah dengan mengkontakkan elektroda las positif dengan benda kerja massa negatif yang akan dilas, setelah arus listrik mengalir dari elektroda ke benda kerja maka kontak arus diputuskan dengan menarik elektroda sedikit di atas benda kerja

menimbulkan busur nyala. Maka dari definisi di atas, tampak jelas bahwa busur listrik terbentuk di antara ujung elektroda dengan logam induk. Akibat panas dari busur listrik tersebut maka ujung elektroda serta logam induk akan mencair kemudian membeku bersama. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Jika kuat arus listrik yang digunakan terlalu besar maka butiran logam cair yang membawa menjadi halus, sebaliknya jika kuat arus listrik yang digunakan kecil maka butiran akan menjadi besar pada pemindahan logam cair.

Dari pengamatan di lapangan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi deformasi dari bahan yang dilas adalah pemakaian kuat arus. Sebagaimana dalam proses pengelasan, pada bagian yang dilas akan menerima perlakuan panas pengelasan setempat dan selama proses pengelasan berjalan, penyebarannya berubah terus menerus sehingga menimbulkan distribusi suhu tidak merata yang diakibatkan panas tersebut, maka pada bagian yang dilas akan terjadi pengembangan thermal, sedangkan bagian yang dingin tidak terjadi pengembangan thermal, akibatnya terjadi perubahan bentuk yang tidak merata. Panas yang dihasilkan oleh nyala busur listrik tergantung pada pemakaian kuat arus pengelasan dalam melumerkan kristalisasi butiran-butiran elektroda ke permukaan benda yang dilas. Kristalisasi butiran yang terbentuk pada sambungan las tersebut kemudian dilindungi oleh gas dan terak yang dihasilkan oleh fluks (lapisan elektroda las) sehingga logam cair tersebut tidak

\*Obed Metekohy, Dosen Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Unpatti

terkontaminasi dengan udara luar yang dapat menyebabkan oksidasi. Terak yang terbentuk dalam melindungi sambungan las kemudian akan dibersihkan Melalui pengamatan dilapangan ditemui waktu pembersihan terak inipun kadang tidak diperhatikan sehingga hal ini dapat mempengaruhi sifat mekanik dari logam lasan.

Dari permasalahan ini kami mencoba untuk melakukan penelitian dengan pemakaian kuat arus pengelasan dan waktu pembersihan terak yang bervariasi terhadap perubahan bentuk serta kekuatan dari hasil pengelasan tersebut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Las Busur Listrik

Las busur listrik adalah merupakan salah satu jenis pengelasan yang sering dilakukan pada pengerjaan pengelasan logam, baik itu untuk penyambungan logam maupun pelapisan permukaan logam. Pada las busur listrik sambungan terjadi akibat panas yang datang dari busur listrik, busur listrik ini terjadi pada waktu adanya perpindahan arus listrik dari kawat las ke benda, kerja lewat udara. Busur ini menyala dalam garis lintasan udara yang mengalirkan arus listrik, karena tahanan yang tinggi pada waktu perpindahan arus listrik dari ujung kawat las ke benda, kerja maka timbullah busur. Dalam proses ini energi listrik diubah menjadi energi panas dalam busur listrik dan suhu yang dihasilkan dapat mencapai 6000°C. oleh karena pemanasan tersebut bersifat setempat maka akan mencair, cairan dari benda kerja dan kawat las bercampur dan membentuk kampuh las.

### 2. Las Elektroda Terbungkus

Di negara-negara industri, penggunaan elektroda terbungkus sudah banyak distandarkan berdasarkan penggunaannya. Di negara Jepang misalnya elektroda las terbungkus untuk Baja kekuatan sedang distandarkan Standar Industri Jepang (JIS) standar di Amerika Serikat (ASTM), didasarkan pada standar Assosiasi Las Amerika (AWS). Standar elektroda baik dalam JIS maupun dalam ASTM didasarkan pada fluks, posisi pengelasan dan arus las.

Fluks dalam las elektroda terbungkus memegang peranan penting dalam mempertahankan sifat mekanik dari logam lasan.

Fungsi fluks dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1 Membuat suatu perisai untuk melindungi gas disekeliling busur api dan logam lasan guna mencegah oksigen dan nitrogen dari udara luar memasuki logam las.
- 2 Membuat busur api stabil dan mudah dikontrol.
- 3 Membuat terak pelindung dan menurunkan kecepatan pendinginan logam

las.

- 4 Mengatur ukuran dan frekwensi tetesan logam cair.

### 3. Siklus Termal Daerah Lasan

Daerah lasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas yang bahasa inggirsnya adalah "Heat Affected Zone" dan disingkat menjadi HAZ dan logam induk yang tak terpengaruhi pengelasan. Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Daerah pengaruh panas atau daerah HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Sedangkan logam induk yang tak terpengaruhi adalah bagian logam dasar di mana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Di samping ketiga pembagian utama tersebut masih ada satu daerah khusus yang membatasi antara logam las dan daerah pengaruh panas, yang disebut Batas las.

### 4. Logam Induk

Logam induk yang digunakan dalam setiap konstruksi sambungan las harus memenuhi persyaratan-persyaratan baik dari segi jenis, mutu maupun ukuran-ukurannya. Baja untuk pemakaian secara umum dapat dibagi dalam tiga kelompok sebagai berikut :

- Kelompok pertama terdiri dari jenis Fe 310, baja ini biasanya digunakan untuk bagian-bagian di mana tidak ditentukan syarat-syarat khusus.
- Kelompok kedua terdiri dari jenis Fe 360 (ST 37) Fe 590 (ST 37), Fe 430 dan Fe 510. Baja ini digunakan untuk bagian-bagian yang liat dan kuat, misalnya: konstruksi, haul, poros engkol, batang penggerak dan sebagainya.
- Kelompok ketiga terdiri dari jenis Fe 490 (ST 50), Fe 590 (ST 60) dan Fe 690 (ST 70). Baja ini digunakan untuk bagian-bagian keras dan tahan aus, misalnya: pasak, stempel dan sebagainya.

### 5. Jenis-jenis Sambungan Las

Pada dasarnya yang dipergunakan dalam merancang suatu desain sambungan las harus memperhatikan :

- Spesifikasi kekuatan yang diinginkan.
- Bentuk dan bahan konstruksi
- Tegangan-tegangan yang timbul akibat pengelasan (residual stres). Maupun

tegangan-tegangan yang diperhitungkan akan timbul akibat pemakaian.

Dalam sambungan las harus diperlihatkan pada gambar jenis sambungan. Ada beberapa sambungan las dalam konstruksi baja yang pada dasarnya digolongkan dalam bentuk sambungan sebagai berikut :

- a. Sambungan tumpul
- b. Sambungan T
- c. Sambungan sudut
- d. Sambungan sisi
- e. Sambungan tumpang
- f. Sambungan dengan penguat
- g. Sambungan silang

## 6. Gerakan Pengelasan

Dalam proses pengelasan untuk mengisi kampuh las diperlukan gerakan elektroda. Tetapi tiap gerakan elektroda atau ayunan elektroda mempunyai spesifikasi tersendiri dan berguna untuk mengatur lebar alur las yang dikehendaki serta rigi-rigi yang baik sesuai dengan posisi pengelasan.

Ayunan elektroda itu antara lain (a) ayunan setengah lingkaran (b) ayunan melingkar (c) ayunan zigzag (d) ayunan segitiga dan sebagainya. Untuk membuat rigi-rigi las yang baik maka pada tepi-tepi kampuh dihentikan sesaat ayunannya untuk mengisi daerah yang kosong pada tepi kampuh dan daerah-daerah yang lain.

## 7. Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan serta arah dari pada elektroda sewaktu mengelas benda kerja, karena posisi benda kerja yang akan dilas belum tentu dapat diatur sendiri. maka kemungkinan terjadinya kesulitan dalam mengelas.

Ada 4 posisi pengelasan yaitu: <sup>8)</sup> (a) posisi bawah tangan, posisi ini sangat mudah dalam mengelas, kemiringan elektrodanya sekitar  $70^\circ$  (b) posisi horisontal, di mana gerakan elektrodanya mengikuti garis horisontal dan posisi elektrodanya  $5^\circ - 10^\circ$  (c) posisi vertikal yaitu arah gerakan elektrodanya tegak sesuai dengan arah benda kerja dan posisi elektrodanya antara  $10^\circ - 15^\circ$

(d) posisi atas kepala yaitu: posisi elektroda berada di bawah benda kerja, posisi ini sangat sukar dan berbahaya serta kemiringan elektrodanya antara  $5^\circ$  sampai  $20^\circ$ .

Dalam penelitian ini kami memakai posisi pengelasan datar.

## 8. Deformasi plastis

Deformasi plastis dapat juga disebut deformasi sisa. Deformasi ini dimasukkan dalam kelompok

pertama, jika setelah gaya yang bekerja pada konstruksi las dihilangkan, bentuk dan ukuran konstruksi las tidak kembali pada keadaan semula. Sedangkan deformasi yang dimasukkan dalam kelompok kedua yaitu: jika setelah gaya yang bekerja pada konstruksi las tersebut, sesuai bentuk dan ukuran konstruksi las kembali ke keadaan semula.

Tipe-tipe utama dari suatu deformasi plastis/distorsi pada suatu konstruksi las dalam pembuatan suatu kapal adalah: perubahan sudut, penyusutan, bending dan lain-lain.

### a. Perubahan Sudut

Perubahan sudut disebabkan karena adanya perbedaan temperatur permukaan yang dilas dan permukaan sekitarnya.

### b. Penyusutan

Besarnya penyusutan dipengaruhi oleh tebal pelat (h), kecepatan pengelasan (v) dan besarnya arus (I). Hubungan antara penyusutan melintang dan kondisi pengelasan penyusutannya ke arah memanjang keel. Apabila dibandingkan terhadap penyusutan melintang hal ini disebabkan oleh adanya perlawanan dari logam induk.

### c. Perubahan Bentuk dalam Las Tumpul

Penyusutan lintang: penyusutan pada las akan berkurang dengan bertambahnya pelat dan akhirnya mencapai suatu harga tertentu. Penyusutan tersebut menjadi lebih besar dengan bertambah besarnya masukan panas.

Pada dasarnya perubahan sudut terdiri dari perubahan sudut melintang dan memanjang. Pada sambungan las tumpul, di samping perubahan sudut melintang ia merupakan tipe deformasi yang paling dominan. Dari uraian di atas maka deformasi yang dibahas dalam penelitian ini adalah perubahan melintang (transversal angular distortion) Sedangkan pengaruh diameter elektroda, adalah sebagai berikut: jika diameter elektroda pada pengelasan tumpul bertambah besar, maka perubahan sudut melintang yang terjadi juga akan bertambah besar. Karena dengan bertambah besarnya diameter elektroda, maka metal; las yang terdeposit akan bertambah besar,

Menyebabkan perbandingan antara pengerutan permukaan sisi atas dan permukaan sisi bawah akan bertambah besar.

## 9. Pengaruh Tebal Pelat

Bila pelat yang dilas tipis, maka akan terjadi perubahan sudut melintang yang kecil. Perubahan sudut menjadi lebih besar, jika pelat yang dilas semakin tebal, akan tetapi pada suatu batas ketebalan tertentu penambahan sudut akan menurun dengan makin tebalnya pelat, hal ini disebabkan oleh adanya penahanan yang kuat dari logam yang tebal tersebut.

### 10. Pengaruh Bentuk Alur Las

Pada las tumpul, batas perbedaan bentuk alur yang sama berhubungan dengan perbedaan kerut bahan lasan pada permukaan las, dengan permukaan sebaliknya sangat mempengaruhi besarnya perubahan sudut melintang dari sambungan las tumpul yang mempunyai bermacam-macam bentuk groove dengan berat material yang terdeposit.

### 11. Pengaruh Jumlah Lapisan

Dengan bertambahnya jumlah lapisan dalam suatu pengelasan, maka akan bertambah besar pula perubahan sudut melintang yang terjadi.

Perubahan sudut menjadi lebih besar bila pelat yang dilas makin tebal, tetapi sampai pada batas ketebalan tertentu, perubahan sudutnya menurun dengan makin tebalnya pelat. Hal ini disebabkan oleh penahanan yang kuat dari logam yang tebal. Perubahan sudut akan mencapai harga tertinggi pada suatu harga  $I/h$  di mana  $I$  = arus las,  $h$  = tebal pelat dan  $v$  = kecepatan las. Di tengah-tengah sumbu di atas harga tertinggi pada dasarnya dipengaruhi oleh ukuran elektroda tetapi harga untuk perubahan sudut tertinggi menjadi lebih besar dengan bertambahnya diameter elektroda.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Tempat Penelitian

Pembuatan spesimen dan pengelasan dilakukan di Laboratorium Teknologi Las Fakultas Teknik, Unpatti. Sedangkan pengujian dan pemeriksaan kekuatan hasil pengelasan dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Ambon.

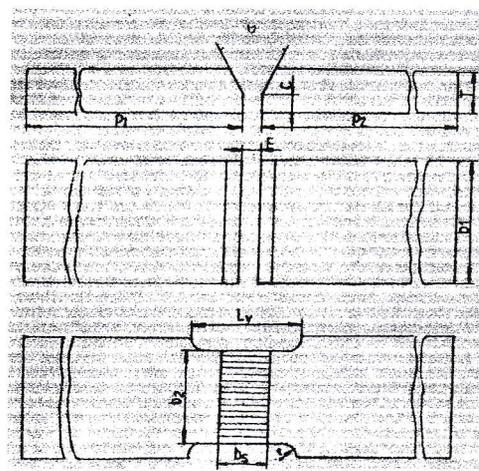
### 2. Kriteria Percobaan

#### 2.1. Ukuran Detail

Spesimen sebagai benda uji sebelumnya harus dirancang. Ukuran-ukuran dari benda uji terdapat pada tabel 3.1. Bentuk benda uji harus sesuai dengan rancangan, maka specimen digambarkan terlebih dahulu, seperti gambar 3.1. Dan dalam pengerjaan swivel ini, dimulai dari lembaran pelat yang selanjutnya dipotong-potong sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan dalam percobaan.

Tabel 3.1 Ukuran Spesimen

Tebal pelat	L	Lv	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	R
~ - 10	200	b <sub>s</sub> + '5	45	40	10



/Gambar 3.1. Bentuk Benda Uji

Keterangan :  $\theta = 60^\circ$

C = 3 mm F = 3 mm

r = 2,5 mm

T = 7 mm

b<sub>s</sub> = 5,3 mm

P<sub>1</sub> = P<sub>2</sub> = 100 mm

Dalam percobaan ini akan dilakukan lima percobaan perlakuan panas usai las, dengan empat kali ulangan. Jadi sampel yang digunakan dalam percobaan ini sebanyak 20 buah. Jenis sambungan las yang digunakan adalah sambungan tumpul (butt joint) kampuh V terbuka.

### 2.2. Elektroda

Tipe elektroda yang digunakan adalah elektroda terbungkus dengan klasifikasi AWS E6013 (HS D4313) dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Diameter : 3,2 mm
- Panjang : 350 mm
- Daerah jangkauan besaran arus : 80 -120 Ampere
- Tegangan busur : 24 volt
- Jenis Listrik : AC atau DC polaritas ganda
- Posisi Pengelasan : semua posisi
- Kecepatan Pengelasan : 0,14 cm/detik
- Temperatur panas pengelasan : 30000 °C
- Aplikasi pengelasan : Baja lunak
- Jenis fluks : Titania tinggi, Kalium
- Temperatur penyimpanan : 40°C – 50°C
- Kekuatan tarik minimum logam las : > 43 kg/mm<sup>2</sup>
- Komposisi kimiawi logam las
  - ✓ Karbon (C) : minimum 0,6%
  - ✓ Mangan (Mn) : minimum 1 %
  - ✓ Silikon (Si) : minimum 0,8 %
  - ✓ Nikel (Ni) : minimum 0,5%

- ✓ Chrom (Cr) : minimum 0,3%
- ✓ Molibden (Mo) : minimum 0,2%
- ✓ Vanadium (Va) : minimum 0,1%

### 2.3. Langkah-langkah Pengelasan

Mesin las yang dipergunakan adalah mesin las jenis UWR 402 dengan interval pemakaian arus 80 A, 90 A, 100 A, 110 A dan 120 A. Dalam melakukan pengerjaan pengelasan, untuk menjamin keseragaman hasil lasan dalam percobaan, maka langkah-langkah pengelasan harus dipenuhi. Langkah-langkah pengelasan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Persiapan sisi-sisi specimen yang akan dilas, yaitu sisi-sisi yang akan dilas dibersihkan dari kotoran-kotoran seperti karat, minyak, debu, air dan lain sebagainya. Pada percobaan ini memakai kampuh V terbuka dengan teknik las posisi datar dan jenis sambungan tumpul (butt joint).
- b. Specimen dirakit sesuai dengan kriteria percobaan, selanjutnya diberi penahan untuk mencegah adanya deformasi atau perubahan bentuk yang terjadi karena pengelasan,

### 2.4. Perlakuan Sampel

Setelah pekerjaan pengelasan specimen dilakukan maka dilanjutkan dengan pendinginan usai las dengan lama pendinginan untuk pelepasan terak, sesuai dengan besarnya pemakaian arus secara bertahap. Dan untuk mengetahui perlakuan pemakaian arus terhadap interval waktu, maka akan dilakukan lima macam perlakuan pemakaian arus dan masing-masing perlakuan akan ditahan waktu pelepasan terak selama 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit. Kemudian dilakukan pelepasan terak secara perlahan-lahan dengan menggunakan palu terak.

Kelima perlakuan tersebut, yaitu :

#### Perlakuan Pertama

Dalam perlakuan ini, pemakaian arus sebesar 80 Amper, dan setelah kerja pengelasan sambungan lasan didinginkan selama 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit untuk masing-masing sampel pada saat pelepasan terak.

#### Perlakuan Kedua

Dalam perlakuan ini pemakaian arus sebesar 90 Amper, dan setelah kerja pengelasan sambungan lasan didinginkan selama 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit untuk masing-masing sampel pada saat pelepasan terak.

#### Perlakuan Ketiga

Dalam perlakuan ini pemakaian arus

sebesar 100 Amper, dan setelah kerja pengelasan sambungan lasan didinginkan selama 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit untuk masing-masing sampel pada saat pelepasan terak.

#### Perlakuan Keempat

Dalam perlakuan ini pemakaian arus sebesar 110 Amper, dan setelah kerja pengelasan sambungan lasan didinginkan selama 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit untuk masing-masing sampel pada saat pelepasan terak.

#### Perlakuan Kelima

Dalam perlakuan ini pemakaian arus sebesar 120 Amper, dan setelah kerja pengelasan sambungan lasan didinginkan selama 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit untuk masing-masing sampel pada saat pelepasan terak

## 3. Pemeriksaan

Dari hasil pengujian tarik pada specimen, maka akan dilakukan beberapa pemeriksaan untuk melihat struktur logam setelah pekerjaan pengelasan. Dan dilakukan pemeriksaan dengan menggunakan mikroskop.

Pemeriksaan mikroskopis dilakukan untuk melihat struktur mikro. Untuk pemeriksaan mikroskopis ini dipakai mikroskop Metallografi vertikal model MNM VII. Sedangkan untuk hasil pemeriksaan mikroskop akan digambarkan struktur logam hasil pengelasan.

## 4. Rancangan Percobaan

Dari hasil yang didapat pada pengujian tarik untuk melihat apakah ada pengaruh antara temperatur perlakuan pangs usai las dengan kekuatan hasil pengelasan, serta untuk menentukan temperatur perlakuan panas mana yang tepat. Maka akan digunakan rancangan acak lengkap dan uji perbandingan ganda beda nyata terkecil

### 4.1. Rancangan Acak Lengkap

Rancangan ini digunakan untuk melihat apakah terdapat pengaruh antara temperatur perlakuan panas usai las dengan kekuatan hasil pengelasan. Di mana dari perhitungan ini akan didapat harga  $F_{tab}$  Untuk harga  $F_{tab}$  didapat dari tabel F berdasarkan atas derajat bebas (db) pembilang (t-1) dan db penyebut (t (r-1)) pada taraf 1% dan 5%. Kemudian harga  $F_{hit}$  dan  $F_{tab}$  disusun dalam Tabel Analisis Keragaman, di mana dari tabel tersebut akan diketahui perbedaan antara harga  $F_{hit}$  dengan  $F_{tab}$ . Dengan kriteria bahwa :

$F_{hit} > F_{tab} (0,05) = \text{Nyata}$ , artinya terdapat pengaruh antara temperature

$F_{hit} > F_{tab}(0,01) = \text{Sangat Nyata}$ , artinya terdapat pengaruh yang kuat antara temperatur perlakuan panas usai las dengan kekuatan hasil pengelasan.

#### 4.2. Uji Perbandingan Ganda Beda Nyata Terkecil (BNT)

Setelah diketahui bahwa terdapat pengaruh antara temperatur perlakuan panas usai las dengan kekuatan hasil pengelasan, maka selanjutnya akan dicari perlakuan mana yang terbaik, digunakan uji perbandingan ganda nyata terkecil

Dengan persyaratan nilai t hitting harus sama dengan atau lebih besar dari pada nilai t tabel. Di mana untuk uji dengan tingkat nyata sebesar  $\alpha = (0,05 ; 0,01)$  dinyatakan dengan rumus :

$$bnt(\alpha) = t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2S}{n}}$$

di mana :  $t_{\alpha/2}$  = angka tabel t.

S = akar dari ragam galat gabungan kuadrat tengah galat percobaan

N = banyaknya perlakuan.

Harga t didapat dari Tabel t dengan didasarkan pada peluang nilai t ( $\alpha/2$ ) dan db galat (t (r-1)). Setelah didapat harga bnt, kemudian

dibandingkan dengan beda terkecil  $(\bar{X}_i - \bar{X}_n)$ ,

dengan syarat

$$\text{Beda Terkecil} > bnt$$

Kemudian untuk melihat perlakuan mana yang terbaik dibuatkan tabel nilai-nilai tengah perlakuan, Maka disusun nilai-nilai tengah perlakuan terkecil ke nilai-nilai tengah perlakuan yang besar.

Dari tabel tersebut, dicari beda terkecil mana yang paling besar dari bnt, maka hal itu akan menyatakan bahwa perlakuan tersebut adalah perlakuan yang terbaik.

### IV. HASIL PENELITIAN

#### 1 Hasil Penelitian

##### 1.1. Pengujian Tarik

Untuk lebih mengetahui sejauh mana kekuatan hasil dari pengelasan dari masing-masing perlakuan, maka akan dilakukan pengujian terhadap spesimen. Pengujian untuk logam pada umumnya dapat dibagi dalam pengujian merusak dan pengujian tak merusak. Di sini akan dilakukan jenis pengujian merusak, karena sangat erat hubungannya dengan percobaan

Di mana pengujian merusak pada konstruksi las adalah pengujian terhadap model atau pada batang uji yang telah dilas sampai terjadi kerusakan pada model tersebut.

Karena pengujian merusak yang sangat erat hubungannya dalam las sambungan tumpul

adalah pengujian mekanik yaitu berupa uji tarik terhadap batang uji. Dari hasil pengujian tarik tersebut dibuatkan tabel seperti terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1.  
Hasil Pengujian Tarik

Smp	Pemakaian Arus	No	Lama Pendinginan Pelepasan Terak t (menit)	AL (mm)	Beban Tarik maksimum Pmax (kg)	Beban Putus Pp (kg)	Luas Penampang So (mm <sup>2</sup> )	Tt Kg/mm <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	80 A	1	10'	15	8050	7550	315	25,56
		2	15'	13	10920	8020	315	31,81
		3	20'	15	12080	9780	315	38,58
		4	25'	25	14080	11480	315	44,56
	Rata-rata			17	11058	9207,5	315	35,10
B	90 A	1	10'	14	8140	7140	315	25,85
		2	15'	13	10080	8880	315	32,00
		3	20'	14	12120	11120	315	38,48
		4	25'	15	14040	13340	315	44,58
	Rata-rata			14	11095	10120	315	34,22
C	100 A	1	10'	17	8080	6080	315	25,66
		2	15'	17,5	10100	4900	315	32,07
		3	20'	22	12130	10530	315	38,51
		4	25'	16	14190	11090	315	45,05
	Rata-rata			18,125	11125	8900	315	35,31
D	110 A	1	10'	32	8180	6180	315	25,97
		2	15'	23	9020	4320	315	29,63
		3	20'	21	12180	11480	315	38,67
		4	25'	22	14180	12080	315	45,01
	Rata-rata			24,5	10890	9265	315	34,57
E	120 A	1	10'	18	8150	6550	315	25,87
		2	15'	13	10040	8740	315	31,87
		3	20'	26	12000	9600	315	38,09
		4	25'	21	14180	11680	315	45,01
	Rata-rata			19,5	11092,5	9142,5	315	35,21

Keterangan :

- AT = Pertambahan panjang
- Pmax = Beban tarik maksimum
- Pp = Beban putus
- So = Luas penampang
- Tt = Kekuatan tarik
- Tt = Pmax So

Dari data tabel dapat dilihat apakah ada pengaruh, antara pemakaian arus pengelasan dan waktu pendinginan untuk pelepasan terak usai las terhadap kekuatan hasil pengelasan. Maka untuk pembuktian hipotesis, digunakan rancangan acak rangkap dan uji perbandingan beda nyata terkecil.

##### 1.2. Rancangan Acak Lengkap

Karena dalam percobaan ini satuan yang digunakan homogen, maka yang digunakan adalah rancangan acak lengkap. Di mana dalam percobaan ini dilakukan lima kali perlakuan dengan perulangan sebanyak empat kali sehingga terdapat 20 sampel.

Rancangan ini digunakan untuk melihat apakah terdapat pengaruh antara pemakaian arus pengelasan dan waktu pendinginan untuk pelepasan

terak usai las terhadap kekuatan hasil pengelasan. Selanjutnya dari hasil pengujian tarik yang terdapat tabel 4.1., dibuatkan tabel rancangan pengujian tarik seperti terlihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2.  
Rancangan Pengujian Tarik

	S A M P E L					
	A	B	C	D	E	
Hasil Uji Tarik (Ton)	8,05	8,14	8,08	8,18	8,15	
	10,02	10,08	10,10	9,02	10,04	
	12,08	12,12	12,13	12,18	12,00	
	14,08	14,04	14,09	14,18	14,18	
X	11,058	11,09	11,25	10,89	11,093	
EX	44,23	44,38	44,5	43,56	44,37	221,04 = Xi
EX <sup>2</sup>	509,3761	511,882	515,789	497,6981	512,297	2547,042
(EX)/r	489,0731	492,397	495,063	474,3691	492,1751	2443,077

Keterangan r = Banyaknya ulangan 4  
Kemudian menghitung faktor koreksi C dengan persamaan

$$C = \frac{\sum Xi}{r \cdot t}$$

di mana : t = banyaknya perlakuan = 5  
r = banyaknya ulangan = 4  
maka didapat

$$C = \frac{(221,04)^2}{4 \cdot 5}$$

$$C = \frac{48858,682}{70}$$

$$= 2442,934$$

Selanjutnya harga jumlah kuadrat total diperoleh dengan persamaan

$$JK_{Total} = \sum(\sum X^2) - C$$

$$= 2547,042 - 2442,934$$

$$= 104,108$$

Jumlah kuadrat yang berasal dari perubahan klasifikasi yaitu perlakuan, biasanya disebut jumlah kuadrat antar grup atau jumlah kuadrat per - lakuan dan didapat menurut rumus :

$$J_{kp} = \frac{\sum Xi^2 + \dots + \sum Xt^2 - C}{r}$$

$$= 2443,075 - 2442,934$$

$$= 0,141$$

Maka didapat Jumlah kuadrat galat :

$$JK_{galat} = JK_{total} - JK_{perlakuan}$$

$$= 104,108 - 0,141$$

$$= 103,967$$

Kemudian untuk mempermudah melihat apakah pengaruh antara pemakaian arus pengelasan dari waktu pendinginan untuk pelepasan terak usai las terhadap kekuatan hasil pengelasan, maka dibuat tabel analisis keragaman seperti terlihat pada tabel 4.3.

Sedangkan harga F<sub>1a</sub>.b. didapat dari tabel didasarkan pada db pembilang (t-1) = 4 dan db penyebut (t(r-1)) = 15 serta pada taraf 1% dan 5%.

Tabel 4.3  
Analisis Keragaman

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F <sub>hit</sub>	F <sub>ab</sub>	
					0.05	0.01
Perlakuan	5 - 4 = 1	0,141	0,0535	0,0051	306	4,89
Galat	5(4 - 1) = 15	103,396	6,936			
Total	19	104,111				

Keterangan : db = Derajat bebas  
KT = Kuadrat Tengah  
= JK : db

F<sub>hit</sub> = Hasil bagi antara kuadrat tengah perlakuan dengan kuadrat tengah galat.

b. Uji Pembandingan Ganda Beda Nvata Terkecil Selanjutnya untuk melihat perlakuan mana yang terbaik untuk itu digunakan uji pembandingan ganda nyata terkecil. Dengan persyaratan nilai t<sub>hit</sub> harus sama atau lebih besar dari t<sub>tabel</sub>. Di mana untuk uji dengan tingkat nyata sebesar a = 0,05 dinyatakan dengan persamaan :

$$bnt = t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2 \cdot S}{T}}$$

Di mana : S = akar dari ragam galat gabungan  
KT galat

T = Banyaknya ulangan = 4

Sedangkan harga t didapat dari tabel nilai-nilai t dengan didasarkan pada peluang t (a/2) dan dbgalat (t(r-1)) = 15 dari tabel nilai-nilai t diperoleh harga t = 2.131 sehingga didapat

$$bnt(0.05) = 2,131 \sqrt{\frac{2KT_{galat}}{r}}$$

$$= 2,131 \sqrt{\frac{2 \cdot 6,936}{4}}$$

$$= 3,968$$

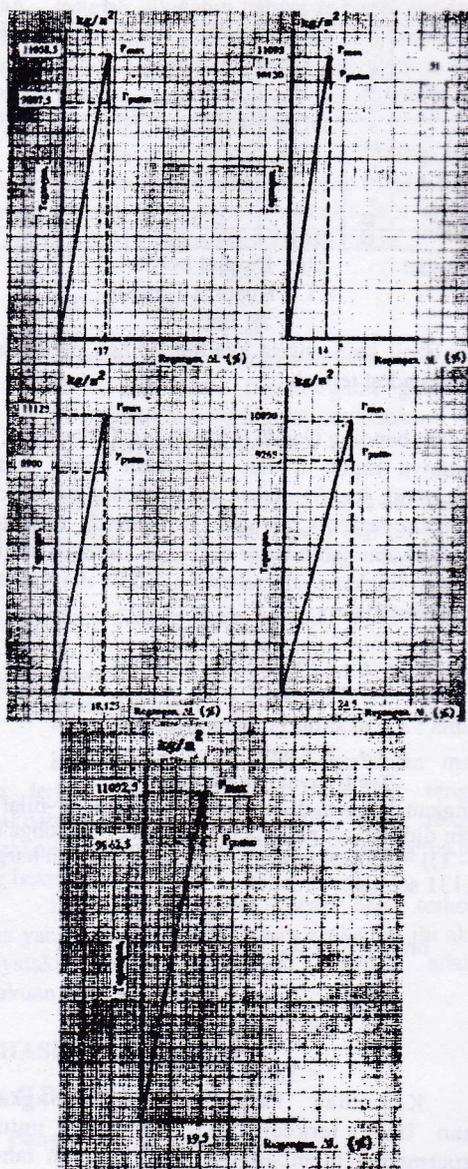
Kemudian harga bnt dibandingkan dengan beda terkecil (Xi-Xn) serta untuk mempermudah membandingkan dibuatkan tabel beda antara nilai tengah, seperti terlihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4  
Beda Antara Nilai Tengah Percobaan

Perlakuan	Beda Terkecil				
	t3	t0	t4	t1	t2
t3	10,890				
t0	11,058	0,169			
t4	11,093	0,203	0,035		
t1	11,095	0,205	0,037	0,002	
t2	11,125	0,230	0,067	0,032	0,03

Dari uji tarik, juga (didapat) suatu bentuk grafik hubungan antara tegangan dengan regangan di mana hasilnya seperti terlihat pada gambar kurva tegangan-regangan teknik

(Gambar 4.1) yang memvatakan tiap perlakuan.



Gambar 4.1. Kurva Tegangan-Regangan Pada Perlakuan Rata-Rata  $\Sigma t$

### 1.3. Pemeriksaan Mikroskopis

Untuk mengamati mikrostruktur dari specimen akibat pengelasan, maka dilakukan pemeriksaan mikroskopis. Dengan menggunakan Mikroskop Metallgrafi Vertikal model MNM VII, yang terdapat pada Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Ambon. Sedangkan untuk hasil pemeriksaan akan digambarkan struktur dari logam induk dan logam lasan, seperti terlihat pada gambar mikrostruktur.

Struktur mikro dari daya karbon yang mempunyai kadar karbon (C) maksimum 0,8%, Silisium (Si) maksimum 0,03%, Mangan (Mn) 0,35%, Fosfor (P) maksimum 0,020%, Sulfur (S) maksimum 0,023% dan Tembaga (Cu) 0,20%, terdiri dari Ferit dan Perlit. Sehingga kadar unsur besi murni Fe adalah 98,577% kadar karbon yang lebih tinggi menambah jumlah Perlit. Dalam hal ini apabila kadar karbon di atas 0,8% Baja ini terdiri dari Perlit dan Sementit yang terpisah. Kadar karbon yang lebih tinggi menambah jumlah Sementit.

Mikrostruktur Perlakuan Pada Pemakaian Arus 100 Armper pada Penampang P dan L.



Gambar 4.28. Mikrostruktur Pada Perlakuan  $t = 10$  menit



Gambar 4.29. Mikrostruktur Pada Perlakuan  $t = 11$  menit



Gambar 4.30. Mikrosstruktur Pada Perlakuan  $t = 20$  menit



Gambar 4.2. Mikrostruktur Pada Perlakuan  $t = 25$  menit

- C. Pada Perlakuan Pemakaian Arus 100 Amper
1. Untuk waktu pelepasan terak  $t_1 = 10$  menit
    - Matriks Ferit (matriks putih) tersebar merata di antara matriks Perlit (matriks kelabu) di seluruh permukaan.
    - Terdapat distribusi grafit.
    - Pada kedua daerah tersebut matriks Ferit tampak lebih halus dan inenoniol.
  2. Untuk waktu pelepasan terak  $t_2 = 15$  menit
    - Matriks Ferit (matriks putih) tersebar merata di antara matriks Perlit (matriks kelabu) di seluruh permukaan.
    - Terdapat distribusi grafit.
    - Pada kedua daerah tersebut matriks Ferit sedikit lebih halus dari pada mikrostruktur pada perlakuan  $t_1$ .
  3. Untuk waktu pelepasan terak  $t_3 = 20$  menit

- Matriks Ferit (matriks putih) tersebar merata di antara matriks Perlit (matriks kelabu) di seluruh permukaan.

Terdapat distribusi grafit.

- Pada kedua daerah tersebut matriks Ferit tampak lebih sedikit besar dan menonjol.

4. Untuk waktu pelepasan terak  $t_4 = 20$  menit

- Matriks Ferit tersebar merata di antara matriks Perlit di seluruh permukaan. Terdapat distribusi grafit.

Pada kedua daerah tersebut matriks Ferit tampak lebih sedikit halus daripada mikrostruktur perlakuan pada  $t_3$

#### 1.4. Pengujian Tarik

Dari hasil yang telah diperoleh pada pengujian tarik yang mana tertera pada tabel 4.1 terlihat dari data mentah pada perlakuan pemakaian arus 100 Amper atau pada sampel C menghasilkan gaya tarik maksimum rata-rata terbesar. Setelah dilakukan pembuktian hipotesa pertama, dengan menggunakan rancangan acak lengkap seperti pada tabel 4.2 serta menghasilkan suatu analisis keragaman seperti pada tabel 4.3 ternyata didapatkan:

$< F_{tab} (0.05)$  : Hal ini disebabkan karena hanya mengetahui apakah terdapat pengaruh antara pemakaian kuat arus pengelasan dengan kekuatan hasil pengelasan.

Jasi pada hipotesa pertama dapat diterima.

Sedangkan dalam menentukan pemakaian kuat arus pengelasan dan waktu melepaskan terak maka yang terbaik, digunakan uji pembandingan Ganda beda nyata terkecil, yang mana hasilnya terlihat pada tabel 4.4. Di mana harga beda terkecil terdapat pada perlakuan  $t_2$ . Berdasarkan hasil percobaan data tersebut, maka hipotesa kedua diterima.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pemakaian kuat arus pengelasan dan waktu pelepasan yang optimal sangat berhubungan erat dengan pemakaian benda kerja, bila dilihat dari penggunaan kampuh jenis sambungan, ketebalan pelat, dan lain-lain terhadap kekuatan hasil pengelasan. Dan hal itu bila dilakukan perlakuan (panas dalam) pemakaian kuat arus yang seoptimal mungkin pada proses pengelasan tentu akan menghasilkan kekuatan las yang maksimal. Hal mana sesuai pernyataan yang mengatakan bahwa proses pemindahan logam elektroda pada saat mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus listrik. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arusnya kecil maka butirannya menjadi besar, pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam induk sehingga secara umum dapat dikatakan bahwa logam mempunyai

sifat mampu las tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus, sehingga dapat dikatakan bahwa pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya pemakaian arus.

Maka dapat dikatakan pengaruh pemakaian kuat arus dapat menentukan hasil pengelasan dengan kekuatan pengelasan yang semaksimal mungkin.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan maka kesimpulannya sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh antara pemakaian kuat arus pengelasan elektroda dan waktu pembersihan terak terhadap kekuatan hasil pengelasan. Dan pada kedua parameter tersebut tidak terdapat interaksi. Sehingga setiap perlakuan dapat mempengaruhi kekuatan hasil pengelasan, tetapi tidak tergantung dengan perlakuan yang lain.
2. Untuk lapisan terak yang melindungi logam lasan mempunyai fungsi yang sangat penting, sehingga dalam pekerjaan pengelasan dibutuhkan penanganan yang tepat
3. Perlakuan yang dominan mempengaruhi kekuatan hasil lasan adalah perlakuan pemakaian kuat arus pengelasan elektroda terhadap ketebalan pelat dan deformasi yang terjadi tidak terlalu beresiko negatif.
4. Dalam pemeriksaan mikroskopis, terlihat pemakaian kuat arus terhadap elektroda dan waktu pembersihan terak mempengaruhi struktur logam las.
5. Pemakaian kuat arus yang sesuai dan penyediaan waktu tertentu untuk pembersihan terak makin terbentuk struktur logam yang lebih baik, sehingga didapatkan keuletan dan ketangguhan logam lasan.
6. Dari hasil uji tarik dan kurva tegang-regang teknik, maka didapatkan hasil pengelasan yang maksimal untuk pekerjaan pengelasan di dalam ruangan dengan suhu  $27-34^{\circ}\text{C}$  maka elektroda sebelum digunakan disimpan pada oven pemanas elektroda dengan suhu  $40^{\circ}\text{C}$ , dan setelah pengelasan diberikan beda waktu 10, 15, 20 dan 25 menit kemudian dilakukan pembersihan terak.

### 2. Saran

Dengan dilatar belakangi oleh hasil penelitian, pembahasan serta kesimpulan yang diambil maka beberapa saran yang dapat dikemukakan adalah sebagai berikut

1. Dalam pengelasan besarnya pemakaian kuat arus, disarankan disesuaikan dengan ketebalan pelat yang ditentukan.
2. Kepada para pekerja las di lapangan perlu diberi pengetahuan mengenai fungsi dari fluks yang melapisi kawat las dan terak yang melapisi logam las.
3. Untuk menghasilkan kekuatan sambungan las yang optimal, maka untuk suhu ruang 28-30°C sebaiknya pembersihan terak dilakukan 20 menit setelah pengelasan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Biro Klasifikasi Indonesia, peraturan Bahan dan Las, Jilid V, Jakarta
- Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 1991, Teknologi Pengelasan Logam. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Kenyon. W., 1985, Dasar-dasar Pengelasan. Erlangga, Jakarta
- Marihot Htb. Gokhlas, 1984. Mengelas Logam dan Pemilihan Kawat Las. Gramedia. Singer,
- Sriwiclharto, 1987, Petunjuk Kerja Las. Pradnya Paramita, Jakarta
- Sato Takeshi, G dan N. Sugiarto Hartanto, 1989, Menggambar Mesin. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suharto, 1991, Teknologi Pengelasan Logam. Rineka. Cipta Jakarta.
- Suntoyo Yitnosumarto, 1991, Percobaan Perancangan Analisis dan Interpretasi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Tata Surdia dan Kenn Chiiiwa, 1975, Teknik Pengecoran Logam. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1992, Pengetahuan Bahan Teknik. Pradnya Paramita, Jakarta
- Sindo Kou, 2003, Welding Metalurgi, Jhon Willey and Sons, inc, America,