UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Aluminium sebagai logam yang ringan dan cukup kuat jika dipadu dengan unsur lain, membuat aluminium menjadi pilihan utama dalam pemilihan bahan beberapa konstruksi. Salah satu jenis aluminium paduan yang banyak digunakan adalah *Aluminium – Silikon*. Dalam industri kereta api, *Aluminium – Silikon* dipakai sebagai bahan Cover Intercooler dan Plat Nomor Kabin Lokomotif. Salah satu cara yang digunakan untuk perawatan dan perbaikan komponen-komponen tersebut adalah dengan metode pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan arus yang efektif pada pengelasan material tersebut dan pengaruh dari penggunaan arus tersebut terhadap struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan tarik.

Penelitian ini menggunakan Plat Nomor Kabin Lokomotif yang sudah tidak digunakan lagi untuk kemudian dilakukan pengelasan dengan beberapa variasi arus yaitu 80A, 90A, dan 100A yang pemilihan variasi arus tersebut berdasarkan Welding Handbook pada Tabel *Suggested Procedure for SMAW of Aluminum.* Metode pengelasan yang digunakan adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan menggunakan elektroda jenis grilumin.

Hasil uji komposisi dari material *Plat Nomor Kabin* memiliki komposisi yang didominasi oleh unsur Al (93,88%) dan Si (5,32%). Hasil uji komposisi tersebut menunjukkan bahwa material tersebut adalah paduan cor Al-Si dan dapat di golongkan ke dalam jenis aluminium paduan cor 443.2. Struktur mikro pada *raw material* tersusun atas unsur silikon (berwarna gelap) dan aluminium (berwarna terang). Pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone* **)** terlihat bahwa struktur mikronya mirip dengan logam induk. Namun ukuran butir pada daerah HAZ lebih besar dari pada di logam induk. Pada daerah las, terlihat struktur silikon berubah menjadi lebih halus dan kecil dibanding pada *raw material.* Nilai kekerasan dan kekuatan tarik maksimum logam las mengalami kenaikan dari pengelasan yang memakai arus 80 A ke 90 A kemudian menurun pada arus 100 A. Arus yang paling cocok untuk digunakan pada pengelasan material yang berbahan paduan cor *Aluminium Silikon* ini adalah 90A karena nilai kekerasan dan kekuatan tarik maksimum optimum pada pengelasan tersebut.

Kata kunci : pengelasan, *Aluminium-Silikon*, *raw material*, arus

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa terpanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul "Pengaruh Variasi Arus Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Pengelasan Paduan Cor Aluminium Silikon Dengan Metode Pengelasan SMAW".

Begitu banyak pelajaran dan pengalaman baru dan sangat berharga yang diperoleh selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini. Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis serta seluruh keluarga besar yang tiada hentinya memberikan dorongan, nasihat, semangat dan doa khususnya selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Suhanan, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
3. Bapak Ir.Mudjijana, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas segala bantuan, bimbingan, motivasi dan petunjuk yang telah diberikan selama ini.
4. Bapak Ir.M. Waziz Wildan,M.Sc.,Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik atas segala bantuan, bimbingan, motivasi dan petunjuk yang telah diberikan selama ini.
5. Kepala laboratorium beserta pengawai dan asisten Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin UGM yang telah membantu penulisan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar dan baik.
6. Segenap dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin dan Industri yang telah memberikan bekal ilmu bagi penulis,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7. Kepala Tata Usaha Jurusan Teknik Mesin dan Industri beserta staf, yang banyak membantu penulis khusunya dalam masalah prosedural, sejak awal kuliah sampai pada penyusunan tugas akhir ini,
8. Segenap karyawan di lingkungan Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM.
9. Teman-temanku satu perjuangan Teknik Mesin 2006 untuk semangat dan solidaritasnya.
10. Teman-teman yang ada di Laboratorium Bahan Teknik, khususnya Pak Sugita yang telah memberikan banyak dorongan, ilmu, bantuan, dan ide selama penulis melakukan peneltian
11. Christiani Simbolon, yang selalu memberi dukungan, doa, serta semangat yang selalu menjadi sumber inspirasi penulis
12. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan tugas akhir ini dari awal sampai akhir yang tidak disebutkan dalam tulisan ini.

Penulis sangat menyadari akan keterbatasan diri Penulis sehingga Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat Penulis harapkan. Harapan Penulis adalah Tugas Akhir ini dapat menjadi sumbangan pemikiran yang bermanfaat.

Yogyakarta, 17 Maret 2011

Penulis

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PERNYATAAN iii

NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iv

HALAMAN PERSEMBAHAN v

INTISARI vi

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR TABEL xiv

DAFTAR LAMPIRAN xv

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 3

1.3. Batasan Masalah Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian 2

1.4. Tujuan Penelitian 3

1.5. Manfaat Penelitian 3

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Definisi dan Ruang Lingkup Pengelasan 4

2.2 Klasifikasi Cara-cara Pengelasan 5

2.3 Las Elektroda terbungkus (SMAW) 6

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.3.1 Elektroda Las SMAW 7
2.3.2 Arus Las SMAW 8
2.3.3 Busur Listrik dan Mesin Las 9
2.3.4 Daerah Terpengaruh Panas / *Heat Affected Zone (HAZ)* 9
2.4 Aluminium dan Paduan Aluminium 9
2.4.1 Hal-hal Umum 9
2.4.2 Klasifikasi Aluminium Paduan 10
2.4.2.1 Aluminium Paduan Tempa 10
2.4.2.2 Aluminium Paduan Cor 11
2.4.3 Sifat Umum dari Beberapa Jenis Paduan 12
2.5 Sifat Mampu Las Aluminium dan Paduan Aluminium 14
2.5.1 Sifat-sifat Umum 14
2.5.2 Retak las 15
2.5.3 Lubang-lubang Halus (porosity) 15
2.5.4 Pengaruh Panas Pengelasan 16
2.6 Pengelasan Aluminium dan Paduannya 17
2.6.1 Hal-hal Umum 17
2.6.2 Persiapan Pengelasan 18
2.7 Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis 20
2.7.1 Pengujian Tarik 20
2.7.1.1 Tegangan dan Regangan 22
2.7.1.2 Daerah Elastis 24
2.7.1.3 Daerah Plastis 25
2.7.1.4 Bentuk Penampang Patah 26
2.7.2 Pengujian Kekerasan 26
2.7.2.1 Pengujian Kekerasan Brinell 27
2.7.2.2 Pengujian Kekerasan Rockwell 28
2.7.2.3 Pengujian Kekerasan Vickers 29
2.7.3 Pengujian Struktur Mikro 31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Material yang Digunakan 33
3.2 Alat-Alat Yang Digunakan 33

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3 Pelaksanaan Penelitian 33
3.3.1 Proses pengelasan 33
3.3.2 Pembuatan Spesimen Benda Uji 35
3.3.3 Pengamatan Struktur Mikro 35
3.3.4 Pengujian Tarik 37
3.3.5 Pengujian Kekerasan Vickers 38
3.3.6 Diagram Alir Penelitian 40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Komposisi Kimia 41
4.2 Pengamatan Struktur Mikro 42
4.2.1 Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro 42
4.2.1 Pembahasan 48
4.3 Pengujian Tarik 49
4.3.1 Data Hasil Pengujian Tarik 49
4.3.2 Pembahasan 52
4.3.3 Hasil Foto Penampang Patah 54
4.4 Pengujian Kekerasan 55
4.4.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan 55
4.4.2 Pembahasan 57

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 58
5.2 Saran 58

DAFTAR PUSTAKA 59

LAMPIRAN 60

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Las busur listrik dengan elektroda terbungkus	6
Gambar 2.2	Pemindahan Logam Cair	8
Gambar 2.3	Terjadinya lubang halus dalam Pengelasan Aluminium	16
Gambar 2.4	Struktur Mikro daerah las dari paduan aluminium yang dapat diperlaku-panaskan	17
Gambar 2.5	Skema Pengujian Tarik	21
Gambar 2.6	Profil Data Hasil Uji Tarik	23
Gambar 2.7	Kurva Tegangan vs Regangan	23
Gambar 2.8	Metode Offset Menentukan Tegangan Luluh	24
Gambar 2.9	Bentuk Penampang Patah	26
Gambar 2.10	Skema Pengujian Kekerasan *Brinell*	28
Gambar 2.11	Penumbuk Pada Uji Kekerasan Vickers	30
Gambar 3.1	Jenis Sambungan Tumpul Dengan Bentuk Alur V- Tunggal	34
Gambar 3.2	Mesin las merk Licoln Type IDEAL ARC R3R-400	34
Gambar 3.3	Alat uji struktur mikro	36
Gambar 3.4	Alat uji tarik *Universal Servopulser*	37
Gambar 3.5	Dimensi Specimen Uji Tarik (ASTM B 557 M-06)	38
Gambar 3.6	Titik-Titik Uji Kekerasan Vickers	39
Gambar 3.7	Alat uji kekerasan mikro Vickers	39
Gambar 3.8	Diagram alir penelitian	40
Gambar 4.1	Foto mikro pada *raw material* yang tidak dilakukan pengelasan	43
Gambar 4.2a	Foto mikro daerah logam induk pada pengelasan 80A	43
Gambar 4.2b	Foto mikro logam las pada pengelasan 80A	44

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.2c Foto mikro daerah HAZ pada pengelasan 80A 44

Gambar 4.3a Foto mikro daerah logam induk pada pengelasan 90A 45

Gambar 4.3b Foto mikro logam las pada pengelasan 90A 45

Gambar 4.3c Foto mikro daerah HAZ pada pengelasan 90A 46

Gambar 4.4a Foto mikro daerah logam induk pada pengelasan 100A 46

Gambar 4.4b Foto mikro logam las pada pengelasan 100A 47

Gambar 4.4c Foto mikro daerah HAZ pada pengelasan 100A 47

Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Rata-rata Tegangan Tarik 52

Gambar 4.6 Bentuk penampang patah 54

Gambar 4.7 Grafik nilai kekerasan rata-rata 56

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Klasifikasi Cara Pengelasan	5
Tabel 2.2	Kelompok aluminium paduan tempa (Smith, Wiliam F., 1980)	16
Tabel 2.3	Kelompok aluminium paduan cor (Smith, Wiliam F., 1980)	12
Tabel 2.4	Persiapan Permukaan Las	18
Tabel 2.5	Larutan Bahan Etsa (Samsudin, Pengujian Bahan Logam)	31
Tabel 3.1	Macam dan Jumlah Spesimen Penelitian	35
Tabel 4.1	Hasil uji komposisi kimia	41
Tabel 4.2	Komposisi Kimia Aluminium 443.2 (dalam %) (Alan B. DeRoss, Aluminium Casting Technology)	42
Tabel 4.3	Hasil pengujian tarik pada raw material	49
Tabel 4.4	Hasil pengujian tarik hasil lasan dengan arus 80A	50
Tabel 4.5	Hasil pengujian tarik hasil lasan dengan arus 90A	50
Tabel 4.6	Hasil pengujian tarik hasil lasan dengan arus 100A	50
Tabel 4.7	Data Perbandingan Nilai Rata-rata Hasil Pengujian Tarik	51
Tabel 4.8	Data Kekerasan Raw Material	55

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Surat Permohonan Penelitian dan Mencari Data	60
Lampiran B	Hasil uji komposisi	61
Lampiran C	Grafik hasil uji tarik	62
Lampiran D	Tabel hasil uji tarik	66
Lampiran E	Gambar spesimen uji tarik	67
Lampiran F	Hasil uji kekerasan	69
Lampiran G	Foto-foto	73
Lampiran H	Contoh Perhitungan Data-data Uji	78

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Δl : Penambahan panjang = li – lo (mm)

θ :Sudut antara permukaan piramida yang berhadapan = 136°

σ :Tegangan (kg/mm^2)

a : Tebal

Ao : Luas penampang mula-mula (mm^2)

AC : Arus Bolak-Balik

ASTM : *American Standard Testing Method*

AWS : *American Welding Society*

b : Lebar

d : Diameter

D :Diagonal bekas penekanan penumbuk intan (mm)

DC : Arus Searah

E :Modulus elastisitas (GPa)

HAZ : Heat Affected Zone

IIW : *International Institute of Welding*

JIS : *Japanese Industrial Standard*

Lo : Panjang ukur (*gauge length*)

Lc : Panjang total minimum

P :Beban yang bekerja pada penumbuk intan (kgf)

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

P : Gaya (kg)

So : Penampang

SMAW : *Shielded Metal Arc Welding*

VHN : Nilai kekerasan Vickers ($kg/mm^{2)}$

WPS : *Welding Procedure Specification*

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan jaman menuntut dunia industri untuk selalu mengembangkan produk yang dihasilkan. Salah satu produk yang diharapkan mencakup bidang perancangan bahan yang menuntut efisiensi dalam pemilihan bahan maupun proses. Jenis dan karakteristik bahan haruslah disesuaikan dengan fungsi dalam aplikasi produk tersebut. Misalnya, produk yang membutuhkan konstruksi yang ringan dan kekuatan yang memadai, maka dibutuhkan bahan yang mempunyai sifat yang kuat dan ringan.

Aluminium adalah logam ringan yang penggunaannya meningkat setiap tahun dan menempati urutan kedua setelah logam fero (besi dan baja). Penambahan unsur-unsur lain pada aluminium sebagai aluminium paduan bertujuan untuk meningkatkan keunggulan dan mengurangi kekurangan pada aluminium. Salah satu jenis aluminium paduan yang banyak digunakan adalah Aluminium - Silikon. Paduan ini mempunyai ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang kecil dan sebagai penghantar listrik dan panas yang baik.

Dalam industri kereta api, Aluminium – Silikon dipakai sebagai bahan Cover Intercooler dan Plat Nomor Kabin Lokomotif. Demi menghemat dan menekan biaya operasional, Balai Yasa Yogyakarta yang merupakan bengkel resmi milik PT KAI melakukan perawatan dan perbaikan komponen-komponen lokomotif. Salah satu cara yang digunakan untuk perawatan dan perbaikan adalah dengan metode pengelasan. Proses las dipergunakan untuk reparasi seperti untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang telah aus, menyambung komponen yang patah atau retak serta reparasi lainnya Dasar pertimbangan dilakukannya pengelasan terhadap komponen-komponen tersebut

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

adalah biaya yang dibutuhkan untuk rekondisi atau pengelasan akan lebih murah dibanding dilakukannya pengecoran untuk mengganti komponen-komponen tersebut.

Di Balai Yasa, pengelasan komponen-komponen berbahan Aluminium Silikon tersebut dilakukan dengan metode Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dan menggunakan elektroda grilumin. Salah satu parameter yang dapat mempengaruhi kualitas hasil pengelasan adalah pemilihan arus pengelasan yang tepat. Penelitian tentang pengaruh variasi arus terhadap sifat fisis dan mekanis pernah dilakukan oleh Akbar (2010). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada pengelasan baja karbon rendah dengan menggunakan elektroda E6010, kekuatan tarik cenderung menurun seiring dengan meningkatnya besar arus listrik yang digunakan Karena itu, untuk mendapat hasil pengelasan dengan kualitas yang baik, perlu diadakan serangkaian penelitian dan analisa variasi arus yang dipergunakan untuk pengelasan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh parameter besarnya arus listrik pengelasan terhadap kualitas logam lasan, dilihat dari sifat fisis dan sifat mekanis. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, akan diteliti hasil lasan yang menggunakan 3 variasi besaran arus pengelasan sebagai parameter dalam menentukan hasil lasan yang paling optimal ditambah dengan *Raw Material*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan untuk lebih memfokuskan dan memperjelas arah kegiatan penelitian adalah sebagai berikut :

a. Material logam yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aluminium Silikon berbentuk plat dengan ketebalan 10 mm.
b. Metode pengelasan yang digunakan adalah *Shield Metal Arc Welding* (SMAW).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

c. Jenis elektroda yang dipakai dalam pengelasan adalah jenis Elektroda Grilumin 14 diameter 3,2 mm
d. Arus listrik las yang digunakan adalah 80 A, 90 A, dan 100 A.
e. Juru las adalah welder dari Balai Yasa Yogyakarta
f. Spesimen diuji komposisi, tarik, kekerasan, dan struktur mikro.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh perubahan arus terhadap kualitas sambungan las ditinjau dari sifat fisis dan mekanis logam las dan mengetahui besarnya arus yang paling baik digunakan pada saat proses pengelasan komponen lokomotif berbahan paduan cor *Aluminium Silikon*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat setelah dilakukan penelitian ini adalah dapat diterapkannya pemilihan arus yang paling baik oleh para welder pada proses pengelasan komponen lokomotif berbahan paduan cor *Aluminium Silikon* sesuai kubutuhan berdasarkan data-data yang didapat dari penelitian.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Definisi dan Ruang Lingkup Pengelasan

Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan mencairkannya menggunakan energi panas melalui suatu proses pemanasan. Definisi lain mengatakan bahwa las adalah penggabungan setempat logam, penggabungan dilaksanakan dengan proses pemanasan sampai pada suhu tertentu yang diperlukan, dengan atau tanpa tekanan maupun dengan atau tanpa logam pengisi (*filler*).

Dari definisi-definisi tersebut kita dapat menyimpulkan bahwa las merupakan suatu proses pemanasan logam dengan menggunakan energi panas yang menghasilkan temperatur yang relative tinggi. Sehingga pemanasan untuk mencairkan logam sampai pembekuannya mengakibatkan logam akan mengalami perubahan baik pada bentuk, ukuran, struktur mikro, sifat fisik dan mekaniknya.

Pada saat ini, teknik las telah dipergunakan secara luas dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran, kendaraan rel dan sebagainya. Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat dengan mempergunakan teknik penyambungan ini menjadi lebih ringan dan proses pembuatannya juga lebih sederhana, sehingga biaya keseluruhannya menjadi lebih murah.

Di samping untuk pembuatan, proses las juga dapat dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan keras

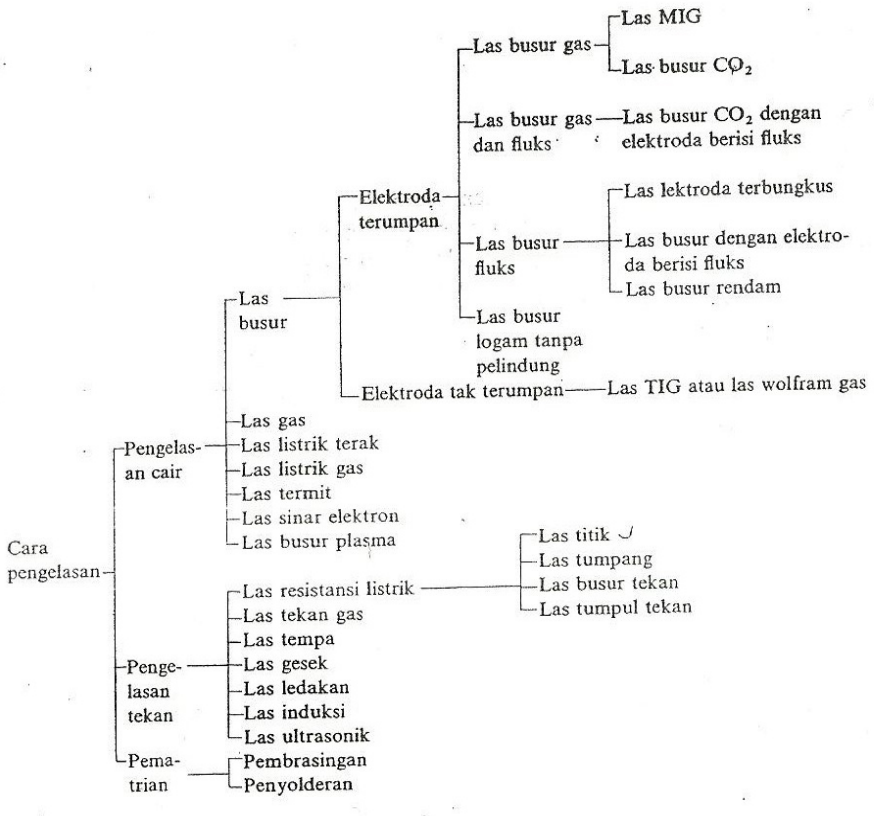
UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus dan macam-macam reparasi lainnya.

2.2 Klasifikasi Cara-cara Pengelasan

Secara konvensional cara-cara pengklasifikasin dapat dibagi dalam dua golongan yaitu klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan. Berdasarkan cara kerja dapat dibagi lagi menjadi tiga kelas utama yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan, dan pematrian. Klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan dibagi lagi dalam kelompok seperti las listrik, las kimia, dan las mekanik. Secara terperinci dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Cara Pengelasan (Wiryosumarto dan Okumura, 1996)



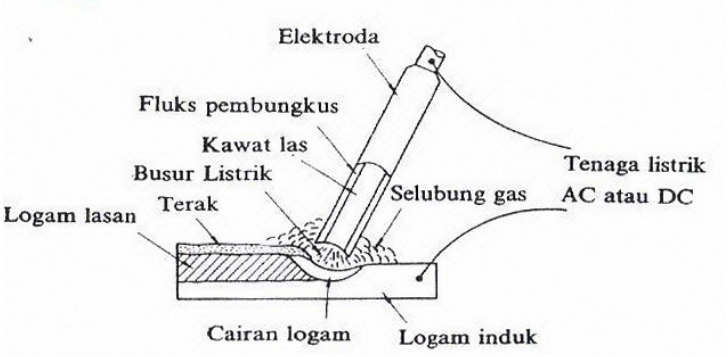
UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Diantara kedua cara klasifikasi tersebut di atas, klasifikasi berdasarkan cara kerja lebih banyak digunakan. Berdasarkan klasifikasi ini, pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu :

1. Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan menjadi satu.
3. Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak ikut mencair.

2.3 Las Elektroda terbungkus (SMAW)

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) atau las busur listrik elektroda merupakan cara pengelasan yang banyak digunakan pada masa ini. Pada pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Dalam Gambar 2.1 dapat dilihat dengan jelas bahwa busur listrik terbentuk di antara logam induk dan ujung elektroda. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama.



Gambar 2.1 Las busur listrik dengan elektroda terbungkus (Wiryosumarto dan Okumura, 1996)

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.3.1 Elektroda Las SMAW

Selama proses pengelasan, bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks, bahannya tidak dapat terbakar tetapi berubah menjadi gas yang juga menjadi pelindung dari logam cair terhadap oksidasi dan memantapkan busur.

Di dalam las elektroda terbungkus, fluks memegang peranan penting karena fluks bertindak sebagai :

i. Pemantap busur dan penyebab kelancaran pemindahan butir-butir cairan logam.
ii. Sumber terak atau gas yang dapat melindungi logam cair terhadap udara di sekitarnya.
iii. Pengatur penggunaan
iv. Sumber unsur-unsur paduan

Fluks biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan yang tertentu pula. Bahan-bahan yang digunakan dapat digolongkan dalam bahan pemantapan busur, pembuat terak, penghasil gas, deoksidator, unsur paduan dan bahan pengikat. Bahan tersebut antara lain oksida-oksida logam, karbonat, silikat, fluoride, zat oraganik, baja paduan dan serbuk besi.

Elektroda las yang ada di pasaran biasanya dibungkus dengan campuran bahan-bahan fluks tertentu yang tergantung dari penggunannya. Walaupun jenis elektroda sangat banyak jumlahnya, tetapi secara garis besar dapat digolongkan dalam kelas-kelas berik yang pembagiannya didasarkan atas fluks yang membungkusnya.

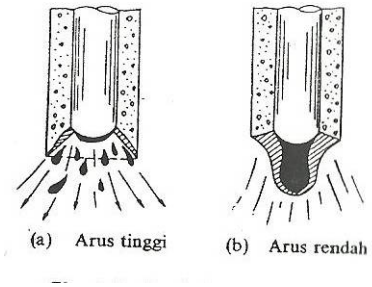
Di negara-negara industri, elektroda las terbungkus sudah banyak yang distandarkan berdasarkan penggunaannya. Di Jepang misalnya, elektroda las terbungkus untuk baja kekuatan sedang telah distandarkan berdasarkan Standar Industri Jepang (JIS). Standar di Amerika Serikat (ASTM) didasarkan pada standar asosiasi las Amerika (AWS).

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Standarisasi elektroda baik dalam JIS maupun ASTM didasarkan pada jenis fluks, posisi pengelasan dan arus las. Walaupun agak berbeda antara kedua sistem standar tersebut, tetapi pada dasarnya adalah sama.

2.3.2 Arus Las SMAW

Proses pemindahan elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus, sebaliknya bila arusnya kecil maka butirannya menjadi besar. Untuk lebih jelasnya, kita dapat melihat Gambar 2.2



Gambar 2.2 Pemindahan Logam Cair (Wiryosumarto dan Okumura, 1996)

Besarnya arus las yang diperlukan tergantung dari bahan dan ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, macam elektroda dan diameter inti elektroda. Dalam hal daerah las yang mempunyai kapasitas panas tinggi maka diperlukan arus las yang besar dan mungkin juga diperlukan pemanasan tambahan. Pengelasan pada pelat tipis memerlukan arus yang rendah untuk mencegah lubang pada pelat, sementara pengelasan dengan kecepatan yang tinggi atau penetrasi yang dalam memerlukan arus listrik yang lebih tinggi. Bila pada pelat tipis digunakan arus listrik yang lebih tinggi, maka akan timbul lubang. Sedangkan kalau pengelasan dengan kecepatan yang tinggi atau penetrasi yang dalam menggunakan arus yang rendah maka elektroda akan susah menempel pada material yang akan disambung las.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.3.3 Busur Listrik dan Mesin Las

Dalam las elektroda terbungkus, busurnya ditimbulkan dengan menggunakan listrik arus bolak-balik (*Alternating Current* atau disingkat *AC*) atau biasa juga menggunakan listrik arus searah (*Direct Current* atau disingkat *DC*). Tetapi karena pertimbangan harga, mudahnya penggunaan dan sederhananya perawatan, maka listrik AC lebih banyak dipergunakan. Keunggulan listrik DC adalah mantapnya busur yang ditimbulkan, sehingga sangat sesuai untuk pengelasan pelat-pelat yang amat tipis. Di samping mantapnya busur, kelebihan lain dari arus searah yaitu generatornya dapat digerakkan dengan mudah dengan motor-motor bakar. Hal ini menyebabkan mesin-mesin las busur listrik DC banyak digunakan di lapangan dimana sumber listrik tidak tersedia.

2.3.4 Daerah Terpengaruh Panas / Heat Affected Zone (HAZ)

Ketika pengelasan berlangsung, logam induk di sekitar logam las akan mengalami siklus termal berupa pemanasan sampai mendekati titik cair kemudian diikuti pendinginan. Sebagai akibatnya struktur mikro dan sifat-sifat mekanisnya berubah dari keadaan semula. Daerah atau zona ini dinamakan daerah terpengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ). Selain siklus termal, daerah HAZ juga dipengaruhi oleh jenis perlakuan mekanis dan perlakuan panas sebelum pengelasan.

2.4 Aluminium dan Paduan Aluminium

2.4.1 Hal-hal Umum

Aluminium dan paduan aluminium trmasuk logam ringan yang mempunyai kekuatan tinggi, tahan terhadap karat dan merupakan konduktor listrik yang cukup baik. Logam ini dipakai secara luas dalam bidang kimia, listrik, bangunan, transportasi dan alat-alat penyimpanan.

Paduan aluminium dapat diklasifikasikan dengan tiga cara, yaitu berdasarkan pembuatan, dengan klasiffikasi paduan cor dan paduan tempa, berdasarkan perlakuan

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

panas dengan klasifikasi dapat dan tidak dapat diperlaku-panaskan dan dengan cara yang ketiga berdasarkan unsur-unsur paduan. Berdasarkan klasifikasi yang ketiga ini, aluminium dibagi dalam tujuh jenis yaitu : jenis Al murni, jenis Al-Cu, jenis Al-Mn, jenis Al-Si, jenis Al-Mg, jenis Al-Mg-Si dan jenis Al-Zn.

2.4.2 Klasifikasi Aluminium Paduan

Berbagai usaha dilakukan untuk menghasilkan aluminium paduan. Pembagiannya bermacam-macam, antara lain berdasarkan sifat-sifat unsur paduan yang diberikan seperti Mg, Cu, Si, Zn, Mn yang sangat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis logam paduan yang dihasilkan. Klasifikasi aluminium paduan secara umum dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

2.4.2.1 Aluminium Paduan Tempa

Sistem penunjukan dengan empat angka penomoran digunakan untuk mengidentifikasi aluminium tempa dan aluminium paduan tempa. Angka pertama menandakan kelompok dari paduan, sedangkan angka kedua menunjukkan modifikasi dari keaslian paduan atau batas kemurnian. Sementara dua angka terakhir menandakan tingkat kemurnian dari aluminium. Untuk lebih jelasnya klasifikasi aluminium paduan tempa ditunjukkan pada Tabel 2.2

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 2.2 Kelompok aluminium paduan tempa (Smith, William J., 1980)

Aluminium, 99,00% atau lebih	IXXX
Paduan Aluminium berdasar paduan utamanya	
Tembaga	2XXX
Mangan	3XXX
Silikon	4XXX
Magnesium	5XXX
Magnesium dan Silikon	6XXX
Seng	7XXX
Unsur lainnya	8XXX
Unused series	9XXX

2.4.2.2 Aluminium Paduan Cor

Sistem penunjukkan dengan empat angka penomoran digunakan untuk mengidentifikasi aluminium paduan cor. Angka pertama menandakan kelompok paduan, angka kedua dan ketiga menandakan tingkat kemurnian aluminium, dan angka terakhir yang terpisah dengan tiga angka di depannya dengan koma desimal menunjukkan bentuk produk. Aluminium paduan cor lebih dikenal dengan menunjukkan tiga angka pada Tabel 2.3

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 2.3 Kelompok aluminium paduan cor (Smith, Wiliam F., 1980)

Aluminium, 99,00% alau lebih	1XX,X
Paduan Aluminium berdasar paduan utamanya:	
Tembaga	2XX,X
Silikon dengan penambahan Cu dan atau Mg	3XX,X
Silikon	4XX,X
Magnesium	5XX,X
Seng	7XX,X
Timah	8XX,X
Unsur lainnya	9XX,X
Unused series	6XX,X

2.4.3 Sifat Umum dari Beberapa Jenis Paduan

1) Jenis Al-Murni teknik (seri 1000)

Jenis ini adalah aluminium murni dengan kemurnian antara 99,0% dan 99,9%. Aluminium dalam seri ini disamping sifatnya yang baik dalam tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik juga memiliki sifat yang memuaskan dalam mampu-las dan mampu potong. Hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatan rendah.

2) Jenis Paduan Al-Cu (seri 2000)

Jenis paduan Al-Cu adalah jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Dengan melalui pengerasan endapan atau penyepuhan sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila dibanding jenis paduan lainnya. Sifat mampu lasnya juga kurang baik.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3) Jenis Paduan Al-Mn (seri 3000)

Paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan sehingga penaikan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui penegrjaan dingin dalam proses pembuatannya.

Bila dibandingkan dengan jenis Al-murni paduan ini mempunyai sifat yang dalam hal daya tahan korosi, mampu potong dan sifat mampu lasnya. Dalam hal kekuatan jenis paduan ini lebih unggul daripada jeni Al-murni.

4) Paduan Jenis Al-Si (seri 4000)

Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat-sifatnya, maka paduan jenis ini banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun paduan tempa.

5) Paduan Jenis Al-Mg (seri 5000)

Jenis ini termasuk paduan yang tidak dapat diperlaku-panaskan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu-lasnya. Paduan Al-Mg banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpan gas alam cair dan oksigen cair.

6) Paduan Jenis Al-Mg-Si (seri 6000)

Paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlaku-panaskan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las, dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul.

7) Paduan jenis Al-Zn (seri 7000)

Paduan ini termasuk kedalam jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu, dan Cr.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Kekuatan tarik yang dapat mencapai lebih dari 50 kg/mm^2, sehingga paduan ini dinamakan super duralumin. Berlawanan dengan kekuatan tariknya, sifat mampu las dan daya tahan korosinya kurang menguntungkan. Dalam waktu akhir-akhir ini paduan Al-Zn-Mg mulai banyak digunakan dalam konstruksi las, karena jenis ini mempunyai sifat mampu las dan daya tahan korosi yang lebih baik daripada paduan dasar AL-Zn. Disamping itu juga pelunakan pada daerah las dapat mengeras kembali karena pengerasan alamiah.

2.5 Sifat Mampu Las Aluminium dan Paduan Aluminium

2.5.1 Sifat-sifat Umum

Dalam hal pengelasan, paduan aluminum mempunyai sifat yang kurang baik bila dibandingkan dengan baja. Sifat-sifat yang kurang baik atau merugikan tersebut adalah (Wiryosumarto, 1996) :

1) Karena panas jenis dan daya hantar panasnya tinggi maka sukar sekali untuk memanaskan dan mencairkan sebagian kecil saja.
2) Paduan aluminium mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium Al_2O_3 yang mempunyai titik cair tinggi. Karena sifat ini maka peleburan antara logam dasar dan logam las menjadi terhalang.
3) Karena mempunyai koefisien muai yang besar, maka mudah sekali terjadi deformasi sehingga paduan-paduan yang mempunyai sifat getas panas akan cenderung membentuk retak panas.
4) Karena perbedaan yang tinggi antara kelarutan hydrogen dalam logam cair dan logam padat, maka dalam proses pembekuan yang terlalu cepat akan terbentuk rongga halus bekas kantung-kantung hidrogen.
5) Paduan aluminium mempunyai berat jenis rendah, karena itu banyak zat-zat yang lain yang terbentuk selama pengelasan akan tenggelam. Keadaan ini memudahkan terkandungnya zat-zat yang tidak dikehendaki ke dalamnya.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6) Karena titik cairnya dan viskositasnya rendah, maka daerah yang kena pemanasan mudah mencair dan jatuh menetes.

2.5.2 Retak las

Sebagian besar retak las terjadi pada paduan aluminium adalah retak panas yang termasuk dalam kelompok retak karena pemisahan. Retak las ini dapat terjadi pada proses pembekuan dan proses pencairan. Retak las yang terjadi pada proses pembekuan disebabkan adanya penyusutan logam yang membeku dan dapat membentuk retak manik membujur, retak manik melintang, dan retak kawah. Sedangkan retak yang terjadi pada proses pencairan disebabkan karena adanya pengendapan dari senyawa bertitik cair rendah seperti Mg, Si, Cu, Zn dan lain-lainnya.

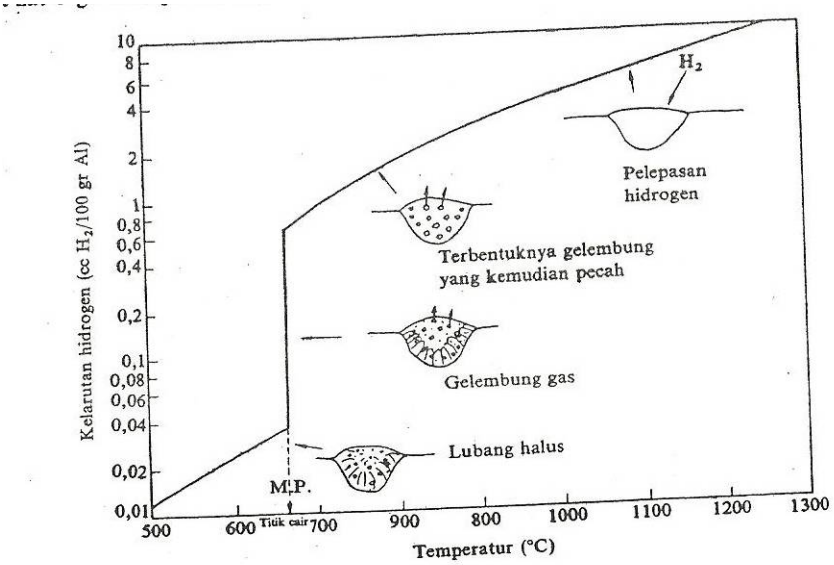
Beberapa hal yang diperkirakan menjadi penyebab terjadinya retak las adalah penggunaan logam las yang tidak sesuai dengan logam induk suhu antar lapis las, dan juru las yang kurang terampil. Sebagai contoh terbentuknya retak manik membujur yang disebabkan oleh tidak sesuainya logam las dan logam induk adalah bila paduan Al-Mg-Si dilas dengan menggunakan logam las yang sama. Retak melintang terjadi karena adanya tegangan penahan arah memanjang yang besar. Sedangkan retak halus yang sukar untuk diperiksa walaupun dengan pemeriksaan radiografi biasanya disebabkan oleh terlalu tingginya suhu antar lapis.

2.5.3 Lubang-lubang Halus (*porosity*)

Lubang halus yang terjadi pada proses pengelasan aluminium disebabkan oleh gas hidrogen yang larut ke dalam aluminium cair. Karena batas kelarutan turun pada waktu pendinginan maka gashidrogen keluar dari larutan ank arena proses pembekuan yang cepat menyebabkan gas ini terperangkap dan membentuk gelembung atau lubang halus seperti terlihat dalam Gambar 2.3. Usaha yang paling

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

baik untuk menghindarinya adalah menghilangkan sumber hidrogen baik yang berbentuk zat-zat organik seperti minyak maupun yang berbentuk uap air.

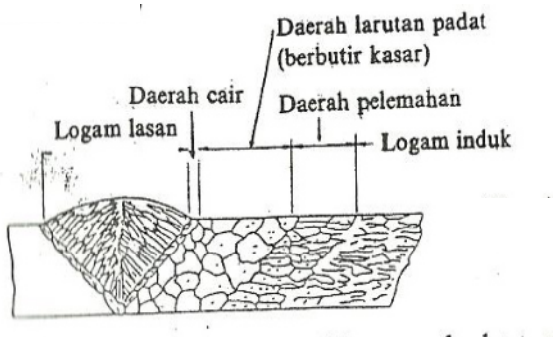


Gambar 2.3 Terjadinya lubang halus dalam Pengelasan Aluminium (Wiryosumarto dan Okumura, 1996)

2.5.4 Pengaruh Panas Pengelasan

Panas pengelasan pada paduan aluminium akan menyebabkan terjadinya pencairan sebagian, rekristalisasi, pelarutan padat atau pengendapan, tergantung pada tinggginya suhu daerah las. Karena perubahan struktur ini biasanya penurunan kekuatan dan ketahanan korosi dan kadang-kadang daerah las menjadi getas. Struktur mikro daerah HAZ dari paduan yang dapat diperlaku-panaskan ditunjukkan dalam Gambar 2.4.

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.4 Struktur Mikro daerah las dari paduan aluminium yang dapat diperlaku-panaskan (Wiryosumarto dan Okumura, 1996)

Pada paduan yang dapat dikeras-endapkan, akan terjadi butir-butir endapan yang kasar sehingga pada daerah ini terjadi penurunan kekuatan dan ketahanan korosi yang paling besar. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa makin besar masukan panas makin besar pula penurunan sifat-sifat yang kurang baik.

2.6 Pengelasan Aluminium dan Paduannya

2.6.1 Hal-hal Umum

Las gas, las busur elektroda terbungkus dan las sinar elektron semuanya dapat digunakan untuk mengelas aluminium dan paduannya. Tetapi walaupun demikian yang paling banyak digunakan pada waktu ini adalah las busur gas mulia. Dengan cara pengelasan ini lapisan oksida yang terjadi pada permukaan logam aluminium, yang menjadi masalah pengelasan, dipecah dan dibersihkan oleh busur listrik yang digunakan. Karena selama pengelasan terlindung oleh gas mulia maka permukaanya bersih dan menyebabkan terbentuknya sifat-sifat yang menguntungkan.

Bila digunakan cara pengelasan yang lain maka diperlukan fluks yang berisi khlorida atau fluorida untuk menghilangkan lapisan oksida yang terjadi. Bahayanya menggunakan fluks adalah bila fluks tertinggal di dalam logam yang akan menyebabkan terjadi korosi. Kaena itu pembersihan sisa fluks harus dilakukan dengan seksama.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.6.2 Persiapan Pengelasan

(a) Persiapan pada Logam Induk

Lapisan oksida dan zat lain yang ada pada permukaan logam induk menjadi salah satu penyebab terjadinya cacat las, seperti peleburan yang tidak sempurna dan lubang-lubang halus. Karena hal ini maka titik berat persiapan adalah membersihkan permukaan yang akan dilas dari zat-zat tersebut.

Lapisan oksida pada permukaan alur akan tumbuh menjadi tebal dan menyerap uap air, bila permukaan tersebut dibiarkan cukup lama setelah proses pembuatan alur. Pembersihan lapisan tebal ini cukup cukar, karena itu pelu suatu cara yang baik. Dalam Tabel 2.4, ditunjukkan cara pembersihan permukaan.

Tabel 2.4 Persiapan Permukaan Las (Wiryosumarto dan Okumura, 1996)

Cara pembersihan	Prosedur Pembersihan
Membersihkan minyak dengan pelarut organik	Dibersihkan dengan lap yang telah dicelupkan ke dalam pelarut seperti alkohol, aseton dan lain-lain. Harus dihindari penggunaan pelarut karbon-khlor
Cara pembersihan mekanik	Disikat dengan sikat baja yang bersih sesaat sebelum dilas.
Cara pembersihan kimia	Dicelupkan dalam larutan natrium hidroksida 5-10%, dengan suhu 70^{o}C selama 30 sampai 60 detik, kemudian dicuci dan dibersihkan. Sudah itu dicelupkan dalam larutan nitrat absolute 15% selama 2 menit yang diikuti dengan pencucian dalam air dingin dan air panas dan kemudian dikeringkan.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Suatu proses pembersihan secara mekanik harus dilakukan bersama dengan penggunaan pelarut organik. Dalam hal pembersihan secara kimia, pencucian dan pengeringan yang tidak sempurna akan merusak logam las.

Persiapan logam dasar ini sebaiknya harus dilakukan sesaat sebelum proses pengelasan. Tetapi apabila tidak dapat segera maka permukaan yang sudah disiapkan tersebut harus dijaga supaya tetap bersih dan pada saat mau mengelas sebaiknya disikat dengan sikat baja yang bersih.

(b) Persyaratan Tempat Mengelas

Karena alasan-alasan seperti disebut sebelumnya, maka diperlukan tempat pengelasan yang bersih. Bila digunakan las busur dengan gas mulia harus ada pelindung angin agar gas pelindung tidak terhembus angin.

Agar tidak terjadi pencampuran oleh zat lain, maka tempat pengelasan harus terpisah dari proses pengerjaan yang lainnya terutama terhadap pengerjaan logam lain seperti baja.

(c) Pemilihan Logam Pengisi

Pada dasarnya logam pengisi harus sejenis dengan logam induk. Tetapi pada kenyataanya sebagian dari unsur yang ada dalam logam pengisi akan teroksidasikan, akan membentuk terak atau menguap, sehingga dalam memilih logam pengisi harus memperhatikan terjadinya peristiwa ini. Dasar yang utama dalam memilih logam pengisi adalah sifat yang dimiliki, cara pengelasan yang akan dilakukan dan sifat lasan yang diharapkan.

Di dalam pelaksanaannya di samping komposisi kimia dari logam pengisi harus juga dipertimbangkan kekerasan dan diameternya yang dihubungkan dengan tingkat penyelesaian permukaan yang juga tergantung dari mesin las yang digunakan. Di samping itu harus juga diusahakan agar waktu penyimpanan logam pengisi sependek mungkin sehingga pembentukan lapisan oksida dan penyerapan uap air dapat dihindari.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

(d) Pembuatan Alur dan Pemahatan lasan

Pembuatan alur dan pemahatan lasan dengan busur pada logam aluminium dan paduannya tidak memberikan kehalusan permukaan yang memuaskan. Karena itu pada pengelasan logam ini, kedua pemotongan tersebut biasanya dilakukan dengan mesin pemotong seperti mesin miling, mesin pemahat, gerinda dan cara mekanik lainnya.

2.7 Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis

Sifat-sifat khas bahan industri perlu dikenal secara baik, karena bahan tersebut digunakan untuk berbagai keperluan dalam berbagai keadaan. Sifat-sifat bahan yang diinginkan sangat banyak, termasuk sifat-sifat mekanik (kekuatan, kekerasan, kekakuan, keliatan, keuletan, kepekaan takikan), sifat-sifat hantaran listrik, sifat magnet, sifat termal (panas jenis, pemuaian, konduktivitas), sifat-sifat fisik (ukuran massa jenis struktur), sifat-sifat teknologi (mampu mesin, mampu keras).

Deformasi terjadi jika bahan mengalami gaya. Regangan adalah besar deformasi persatuan panjang dan tegangan adalah gaya persatuan luas. Selama deformasi, bahan menyerap energi sebagai akibat adanya gaya yang bekerja sepanjang deformasi. Kekuatan dikaitkan dengan besar regangan pemukaan sebelum perpatahan, sedangkan ketangguhan dikaitkan dengan jumlah energi yang diserap bahan sampai terjadi perpatahan.

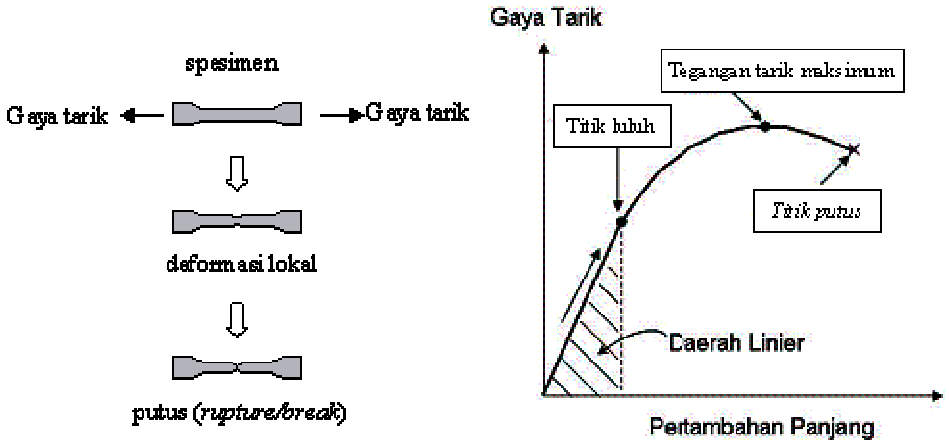
Pengujian yang dilakukan pada bahan ini adalah pengujian sifat fisik dan mekanik bahan meliputi pengujian komposisi kimia, pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan Vickers, dan pengujian tarik.

2.7.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan sebagai data utama bagi spesifikasi bahan. Dengan uji tarik ini akan diperoleh sifat mekanis suatu bahan uji yaitu kekuatan maksimal tarik.

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Uji tarik benda uji dilakukan dengan memberi gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami oleh benda uji. Proses uji tarik akan menarik benda uji sampai putus.



Gambar 2.5 Skema Pengujian Tarik (Raharjo, 2010)

Untuk menghitung tegangan tarik pada benda uji dapat diberikan persamaan berikut (Dieter, 1986) :

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dengan, σ = tegangan (Kg/ mm²)

P = beban (Kg)

A_0 = luas penampang patah (mm²)

Luas penampang benda uji akan terjadi pengecilan (*necking*) setelah beban diberikan sampai terjadi patah. Tetapi luas penampang benda uji (A_o) ini diasumsikan sama sebelum dan sesudah terjadi patah (*fracture*). Tegangan yang sebenarnya dapat didefinisikan sebagai beban yang diberikan dibagi dengan luas penampang aktual yang telah mengalami deformasi (luas penampang yang telah terjadi *necking*).

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Nilai regangan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad \text{.....(2.2)}$$

Dengan, ε = regangan (%)

ΔL = pertambahan panjang (mm)

L_0 = panjang mula-mula (mm)

2.7.1.1 Tegangan dan Regangan

Jika suatu benda uji dengan luas penampang (Ao) dan panjang awal (Lo) diberi beban tarik statik (F), maka akan didapatkan tanggapan berupa tegangan dan regangan secara simultan. Tegangan dan regangan diformulasikan;

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad \text{.....(2.3)}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \text{.....(2.4)}$$

Dengan,

σ = tegangan (Kg/mm^2)

P = beban (Kg)

Ao = luas permukaan benda uji mula-mula (mm^2)

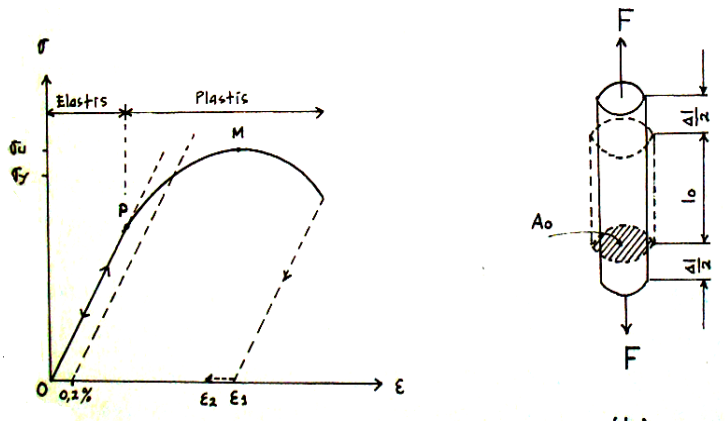
ε = regangan

Δl = pertambahan panjang (mm)

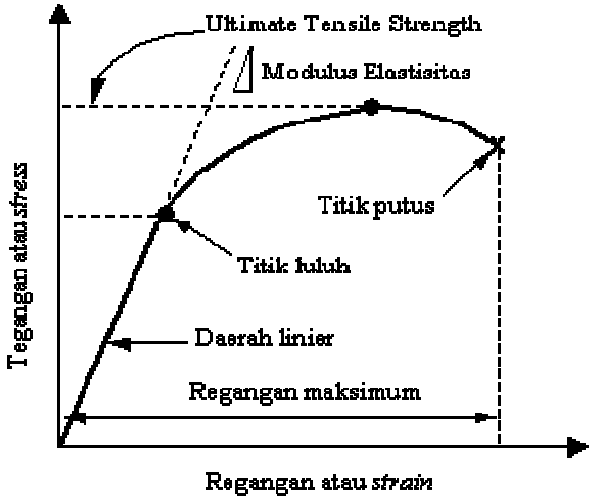
Lo = panjang awal benda uji (mm)

Pada Gambar 2.6 diperlihatkan secara skematik dari benda uji yang menerima beban tarik. Pada pengujian tarik mencapai patah, sehingga akan diperoleh kurva tegangan-regangan seperti Gambar 2.7.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

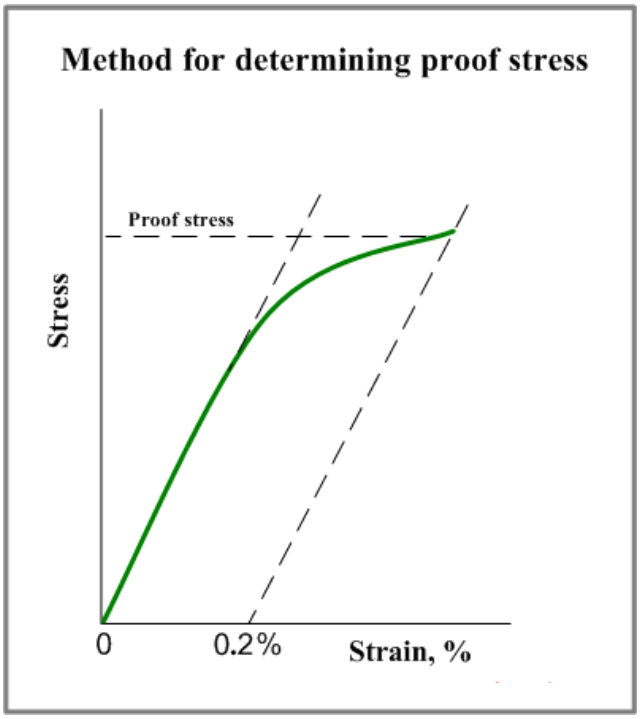


Gambar 2.6 Profil Data Hasil Uji Tarik (Raharjo, 2010)



Gambar 2.7 Kurva Tegangan vs Regangan (Raharjo, 2010)

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.8 Metode Offset Menentukan Tegangan Luluh (Raharjo, 2010)

Untuk hasil uji tarik yang tidak memiliki daerah linier dan landing yang jelas, tegangan luluh biasanya didefinisikan sebagai tegangan yang menghasilkan regangan permanen sebesar 0.2%. Regangan ini disebut *offset-strain*.

2.7.1.2 Daerah Elastis

Tingkat deformasi atau tegangan suatu bahan tergantung dari besarnya tegangan yang diterapkan. Untuk kebanyakan logam yang ditarik dengan regangan yang relatif kecil, akan diperoleh harga tegangan dan regangan yang proporsional, yang diformulasikan sebagai berikut ;

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{.....(2.5)}$$

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Hal ini dikenal dengan hukum Hooke's dan konstanta proporsional (E) dinamakan Modulus Elastisitas atau Young's Modulus. Modulus elastisitas merupakan daerah kekakuan bahan atau ketahanan dari deformasi elastis. Semakin besar harga modulus suatu bahan, maka semakin kaku dan regangan di daerah elastis semakin kecil. Modulus elastisitas ditentukan gaya ikat antar atom, karena gaya-gaya ini tidak dapat diubah tanpa terjadinya perubahan mendasar sifat bahan. Maka modulus elastisitas merupakan salah satu dari banyak sifat-sifat mekanik yang tidak mudah diubah. Sifat ini tidak banyak berubah oleh adanya penambahan paduan, perlakuan panas, atau pengerjaan dingin.

Tidak seperti halnya di daerah plastis, sifat logam di daerah ini tidak banyak dipengaruhi oleh jenis pembebanan ataupun laju regangan. Penerapan laju pembebanan atau regangan yang kecil akan diperoleh perilaku logam yang sama. Sementara di daerah plastis, logam akan menunjukkan sifat getas jika pembebanan atau laju regangan diperbesar, dan sebaliknya laju pembebanan atau regangan yang kecil akan menunjukkan logam bersifat ulet.

Deformasi dimana tegangan dan regangan yang mempunyai nilai proporsional dikenal dengan deformasi elastis, dan akan menghasilkan hubungan yang linier, sebagaimana ditunjukkan pada gambar di atas, oleh garis OP (Gambar 2.6). Deformasi elastis sifatnya tidak tetap, sehingga saat beban ditiadakan benda uji akan kembali ke bentuk semula.

2.7.1.3 Daerah Plastis

Jika pertambahan beban tarik statik melampaui daerah elastis, maka akan terjadi daerah plastis, regangan yang terbentuk bersifat permanen walaupun beban telah ditiadakan. Tegangan untuk mendapatkan sejumlah kecil regangan plastis dikenal dengan tegangan luluh atau hanya sering disebut kekuatan luluh.

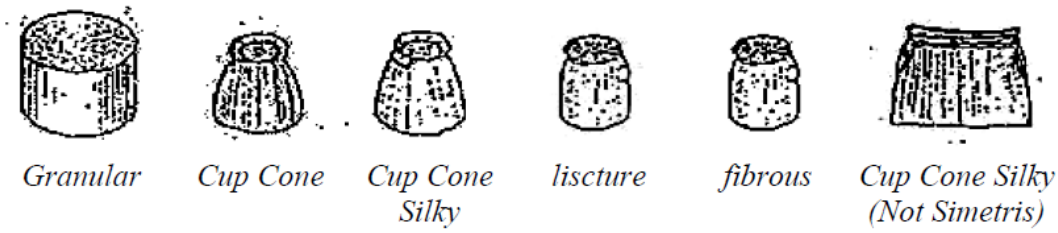
Secara atomik, deformasi plastis merupakan pemutusan ikatan dengan atom tetangga dan membentuk ikatan baru dengan atom tetangga lainnya. Sedangkan

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ditinjau dari struktur kristal merupakan kejadian pergeseran. Semakin besar regangan yang ditimbulkan oleh deformasi plastis, benda uji akan mengalami penguatan regangan.

2.7.1.4 Bentuk Penampang Patah

Bentuk penampang patah dapat diklasifikasikan menurut bentuk tekstur dan warna dari penampang patahan tersebut. Gambar 2.22 memperlihatkan secara detail bentuk dari penampang patah berdasarkan bentuk tekstur dari patahan tersebut. Jenis penampang patah menurut bentuknya terdiri dari simetris, kerucut (c*up cone*), rata, dan tidak teratur. Tekstur penampang patah dapat dideskripsikan sebagai: *silky* (sultra), butir halus, butir kasar (*granular*), berserat (*fibrous*), kristalin seperti kaca (*glass*), dan pudar



Gambar 2.9 Bentuk Penampang Patah

2.7.2 Pengujian Kekerasan

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda (benda kerja) terhadap penetrasi atau daya tembus dari bahan lain yang kebih keras (penetrator). Kekerasan merupakan suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya dan kekerasan suatu bahan tersebut dapat berubah bila

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dikerjakan dengan *cold worked* seperti pengerolan, penarikan, pemakanan dan lain-lain serta kekerasan dapat dicapai sesuai kebutuhan dengan perlakuan panas.

Kekerasan adalah sifat ketahanan bahan terhadap desakan ke dalam yang tetap, disebabkan oleh sebuah alat pendesak dengan bentuk tertentu di bawah pengaruh gaya tertentu. Sifat ini banyak hubungannya dengan sifat kekuatan, daya tahan aus serta kemampuan dikerjakan dengan mesin (mampu mesin).

Ada tiga macam pembebanan untuk pengujian kekerasan yaitu :

1. Goresan
2. Menjatuhkan bola
3. Penekanan

Kekerasan suatu bahan dapat diketahui dengan pengujian kekerasan memakai mesin uji kekerasan (*hardness tester*) menggunakan tiga metode yaitu metode :

1. Brinell
2. Rockwell
3. Vickers

2.7.2.1 Pengujian Kekerasan Brinell

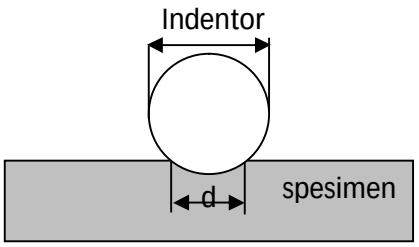
Pengukuran kekerasan *Brinell* menggunakan penumbuk (*penetrator*) yang terbuat dari bola baja. Metode ini dilakukan dengan mengindentasi dengan indentor pada permukaan benda uji dengan beban tertentu kemudian bekas indentor diukur. Bekas indentasi pada kekerasan *Brinell* memberi keuntungan pada material tidak homogen sehingga beban yang diterima lebih merata misalnya pada paduan Alumunium. Selain itu, kekerasan *Brinell* juga tidak begitu dipengaruhi oleh goresan dan kekerasan permukaan dibanding dengan uji kekerasan lainnya. Angka kekerasan *Brinell* dapat ditentukan dengan persamaan berikut (F. Smith, William.1990):

$$BHN = \frac{P}{\frac{\pi}{2} D\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} \qquad \text{.....(2.6)}$$

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Dengan, BHN = angka kekerasan *Brinell* (Kg/mm^2)
P = pembebanan (Kg)
D = diameter indentor (mm)
d = diameter bekas injakan (mm)

Untuk lebih jelasnya tentang mekanisme pengujian kekerasan *Brinell* dapat dilihat pada skema pengujian pada Gambar 2.9 :



Gambar 2.10 Skema Pengujian Kekerasan *Brinell* (Raharjo, 2010)

2.7.2.2 Pengujian Kekerasan Rockwell

Pengukuran secara *Rockwell* dilakukan dengan menggunakan cara yang sedikit berlainan dengan *Brinell* yaitu dengan memakai kerucut intan atau bola salju baja yang telah dikeraskan. Kerucut intan mempunyai sudut puncak 120° dipakai berdiameter 1/16”, 1/8” dan 1/2”, dipakai untuk mengukur logam-logam yang lebih lunak.

Prinsip pengukuran kekerasan didasarkan kepada kedalaman penekanan masuk ke dalam bahan. Makin keras bahan makin dangkal masuknya intan atau bola baja tersebut dan makin lunak, makin dalam.

Untuk lebih praktis dalam penggunaanya dan mengingat kemampuan alat maka dibuat beberapa skala yaitu skala A, B, C, D, E sampai V. Skala A untuk pengukuran kekerasan bahan dari yang lunak sampai yang sangat keras dengan kerucut intan dan beban tekan 60 kg. Skala B untuk kekerasan yang agak rendah

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dengan bola baja 1/16", beban tekan 100 kg. Skala C untuk mengukur kekerasan baja yang dikeraskan, dengan kerucut intan dan beban tekan sebesar 150 kg.

Nilai kekerasan *Rockwell* dinyatakan dengan R_A untuk skala A, R_B untuk skala B, R_C untuk skala C dan seterusnya, dimana dapat dirumuskan sesuai dengan persamaan berikut (F. Smith, William.1990):

$$R_C = \frac{K - (h_1 - h_0)}{C} \quad \text{.....(2.7)}$$

Dengan, R_c= nilai kekerasan *Rockwell*

K = angka ketetapan bahan 0,2 untuk intan dan 0,26 untuk baja

h_1= dalamnya penekanan (bola baja atau kerucut intan) setelah beban utama dihilangkan.

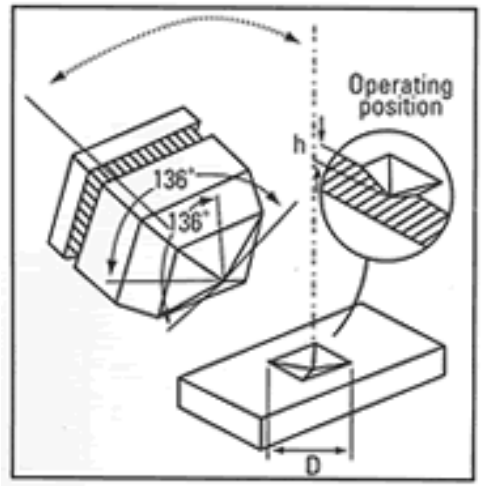
h_0 = dalamnya penekanan pada beban mula

C = angka skala dibagi pada mesin Rockwell (0,002 tiap skala).

2.7.2.3 Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan Vickers pada dasarnya memiliki kesamaan dengan pengujian kekerasan Brinell. Yang membedakan pengujian Brinell dan Vickers adalah penetrator yang digunakan, pada pengujian Brinell penetrator yang digunakan berbentuk bola sedangkan pada pengujian Vickers penetrator yang digunakan berbentuk piramida dengan dasar persegi. Sudut puncak pada penetrator pengujian Vickers membentuk sudut 136^0 yang dapat dilihat pada Gambar 2.10

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 2.11 Penumbuk Pada Uji Kekerasan Vickers (Raharjo, 2010)

Dari hasil penekanan penetrator ini akan diperoleh bekas penekanan yang berbentuk persegi pada benda uji. Kemudian dilakukan pengukuran pada diagonal bekas penekanan benda uji tersebut dengan menggunakan mikroskop yang dilengkapi dengan *ocular micrometer.* Dari hasil pengukuran dengan mikroskop diperoleh hasil pengukuran dalam ukuran strip yang dapat diubah dalam satuan millimeter.

Untuk mengetahui nilai kekerasan Vickers *(Vickers Hardness Number)* hasil pengukuran diagonal bekas penetrator pada benda uji dimasukkan pada rumus berikut:

$$VHN = \frac{2P \sin(\theta/2)}{D^2} \quad \text{.....(2.8)}$$

Atau dapat juga ditentukan dengan persamaan :

$$VHN = \frac{1{,}854P}{D^2} \quad \text{.....(2.9)}$$

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Dengan,

VHN = Nilai kekerasan Vickers (kg/mm$^{2)}$

P = Beban yang bekerja pada penumbuk intan (kgf)

D = Diagonal bekas penekanan penumbuk intan (mm)

θ = Sudut antara permukaan piramida yang berhadapan = 136°

2.7.3 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian ini untuk mengetahui unsur paduan yang terkandung dalam logam dari benda yang akan diuji. Untuk melihat susunan logam tersebut digunakan bantuan mikroskop. Benda uji diletakkan pada cairan resin yang telah mengeras, hal itu dilakukan karena untuk mengurangi resiko kegagalan pada saat pengujian, dan setelah itu material diratakan dengan pengamplasan, dan pemolesan.

Pengamplasan dan pemolesan dilakukan harus berarah saling tegak lurus dengan bahan poles oksida khrom. Bila permukaan sudah mengkilap, spesimen uji di sapukan dengan bahan etsa yang dengan cepat bagian-bagian tertentu dari bahan benda uji. Bahan etsa yang dapat dipergunakan dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Larutan Bahan Etsa (Samsudin, Pengujian Bahan Logam).

Material uji etsa	Bahan etsa	Komposisi
Baja	$H NO_3$	1-5 Cc
	Alkohol	100 Cc
Cu	$Cr O_3$ (15%)	50 Cc
	H Cl	2 tetes
Al	HF	10 Cc
	H Cl	15 Cc
	Air	90 Cc

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Setelah disapukan larutan etsa, logam yang akan dilihat struktur mikronya, selanjutnya dapat dilihat menggunakan mikroskop.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Material yang Digunakan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah 1 buah plat nomor kabin lokomotif yang berbahan paduan cor aluminium silikon dengan ukuran 50 cm x 20 cm dan ketebalan 1 cm. Pelat tersebut akan dilas sehingga dipotong–potong dan ditipiskan terlebih dahulu menjadi 6 buah plat sebagai material yang akan dilas dengan ukuran masing-masing 12 cm x 9 cm x 0.6 cm dan 1 buah plat sebagai raw material yang tidak dilakukan pengelasan dengan ukuran 12 cm x 18 cm x 0.6 cm.

3.2 Alat-Alat Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

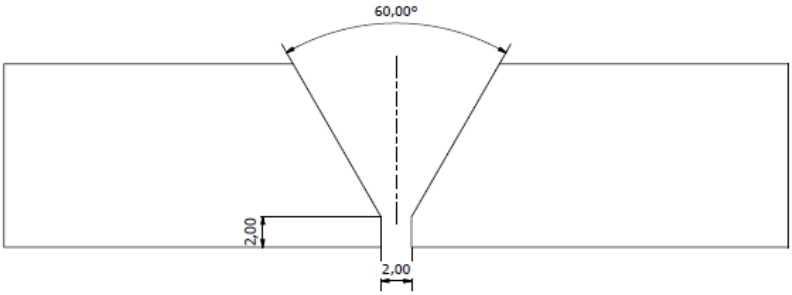
1. Mesin las SMAW dengan merk Lincoln tipe Ideal ARC R3R-400
2. Gergaji
3. Amplas
4. *Universal Servopulser* untuk pengujian tarik
5. Alat uji kekerasan mikro *Vickers hardness* untuk menguji kekerasan.
6. Mikroskop optik merek *Olympus* untuk foto struktur mikro
7. Jangka sorong untuk mengukur dimensi dari spesimen.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Proses pengelasan

Sebelum proses pengelasan dilaksanakan, material lebih dahulu dilakukan pengelasan yaitu las titik antara ujung-ujung material dengan jarak sekitar 2 mm. Gambar 3.1 adalah merupakan bentuk material dengan jenis sambungan tumpul yang telah siap untuk dilas.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 3.1 Jenis Sambungan Tumpul Dengan Bentuk Alur V- Tunggal

Untuk menjaga kualitas las maka pengelasan dilakukan oleh welder dari PT. KAI UPT Balai Yasa Yogyakarta. Pengelasan dilakukan dengan memvariasikan arus yaitu 80 A, 90 A dan 100 A dengan elektroda las yang sama yaitu elektroda Grilumin yang khusus dipakai untuk pengelasan aluminium. Foto mesin yang dipakai untuk pengelasan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Mesin Las Merk Lincoln Type IDEAL ARC R3R-400

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Setelah dilaksanakan proses pengelasan maka logam las dibersihkan dengan sikat kawat. Pada proses las, dilakukan tanpa diadakan *quenching* atau perlakuan sebelum dan sesudah pengelasan. Hal itu ditujukan untuk benar-benar mengetahui sifat fisis dan mekanis material logam las.

3.3.2 Pembuatan Spesimen Benda Uji

Setelah dilakukan pengelasan, selanjutnya adalah pembuatan spesimen benda uji yang jumlah masing-masing spesimen berdasarkan jenis pengujian yang dilakukan yaitu :

Tabel 3.1. Macam dan Jumlah Spesimen Penelitian

No	Jenis Pengujian	Jumlah Spesimen
1	Uji Komposisi	1
2	Uji Tarik	20
3	Uji Kekerasan dan Struktur Mikro	4
Jumlah		**25**

3.3.3 Pengamatan Struktur Mikro

Uji pengamatan ini bertujuan mengamati gambar struktur mikro dari daerah deposit las sebagai salah satu sifat fisis dalam penelitian ini. Untuk pelaksanaan pengambilan foto dari struktur mikro benda uji, penelitian dilaksanakan di laboratorium bahan teknik, jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM. Langkah-langkah pengamatan struktur mikro adalah sebagai berikut:

1. Sambungan las dipotong menjadi spesimen pengamatan struktur mikro.
2. Benda uji yang sudah dipotong kemudian diberi resin untuk mempermudah dalam pengerjaan tahap selanjutnya. Selain itu resin juga mempermudah dilakukannya pengamatan.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3. Permukaan yang akan diamati dihaluskan dengan amplas mulai dari kekasaran 120 sampai 2000. Arah pengamplasan diubah-ubah dan sesekali perlu didinginkan agar tidak merusak struktur mikro.
4. Permukaan yang telah diamplas kemudian dipoles dengan autosol. Pemolesan dilakukan untuk menghaluskan permukaan benda uji sampai tidak ditemukan goresan akibat pengamplasan dan mengkilap seperti cermin. Arah pemolesan tegak lurus dengan arah pengamplasan terakhir.
5. Kemudian benda uji dicelupkan ke dalam larutan etsa yang menggunakan Larutan NaOH. Setelah di-*etsa* benda uji dibersihkan dan dilap dengan kain kering halus yang bersih sehingga tidak merusak material.

Setelah melalui ketiga tahapan di atas, benda uji diamati dengan mikroskop optik merek Olympus yang dilengkapi dengan kamera untuk dapat dilihat dan dianalisa *print-out* struktur mikronya. Perbesaran yang digunakan adalah 50X. Foto mikroskop optik yang dipakai untuk melakukan pengamatan struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Alat Uji Struktur Mikro

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3.4 Pengujian Tarik

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan statik dari sambungan las. Sifat tarik sangat dipengaruhi oleh sifat logam induk, daerah HAZ, logam las, dan sifat-sifat dinamik dari sambungan yang berhubungan erat dengan geometri serta distribusi tegangan dalam sambungan. Mesin yang digunakan untuk pengujian tarik ini adalah *Servopulser* Shimadzu tipe EHF-EB20 yang dapat dilihat pada Gambar 3.4. Dengan pengujian ini akan dapat diketahui σ_t maksimum dan ε setiap parameter dengan berbagai variasi.

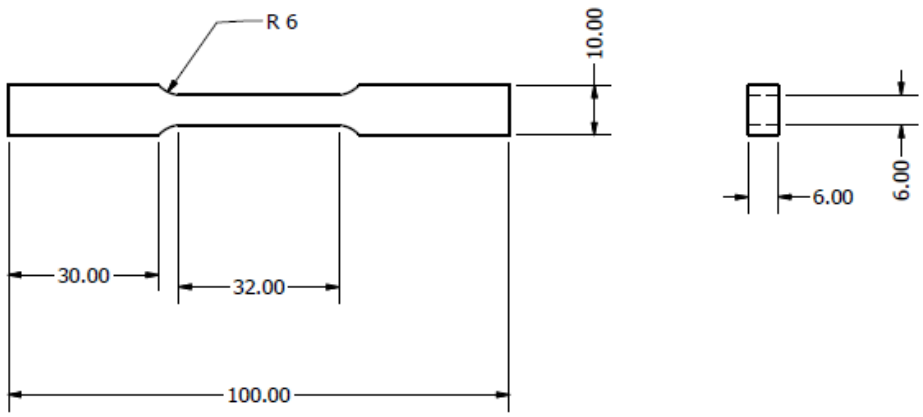


Gambar 3.4 Alat Uji Tarik *Universal Servopulser*

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Uji tarik akan dilakukan pada *raw material*, sambungan las yang menggunakan arus 80 A, 90 A, dan 100 A dengan beban yang digunakan adalah 2 ton.

Standar yang digunakan dalam pembuatan specimen uji tarik adalah ASTM B 557 M-06 seperti pada Gambar 3.5 dibawah ini:

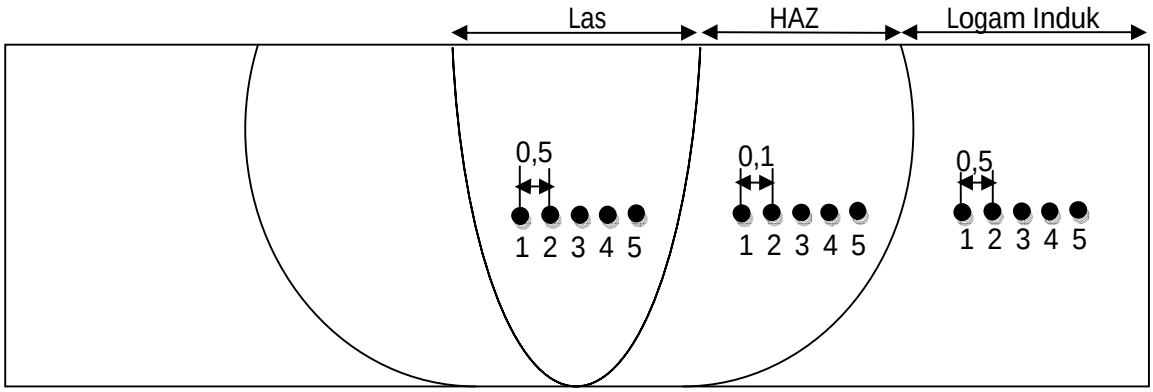


Gambar 3.5 Dimensi Specimen Uji Tarik (ASTM B 557 M-06)

3.3.5 Pengujian Kekerasan Vickers

Kekerasan suatu bahan menyatakan ketahanan bahan tersebut terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen apabila pada bahan tersebut bekerja beban atau gaya dari luar. Untuk menghemat waktu dan efisiensi spesimen, pada pengujian ini yang spesimen yang digunakan adalah spesimen struktur mikro. Beban yang digunakan pada pengujian ini adalah 25 gf serta waktu pembebanan sekitar 10 detik. Pengujian kekerasan dilakukan dari pusat las, daerah HAZ, dan logam induk dengan jarak 0,5 mm, jumlah titik yang digunakan pada pengujian ini adalah sebanyak 15 titik dimana 5 titik pertama dilakukan pada daerah las, 5 titik berikutnya dilakukan pada daerah HAZ, dan 5 titik selanjutnya dilakukan pada daerah logam induk.

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 3.6 Titik-Titik Uji Kekerasan Vickers

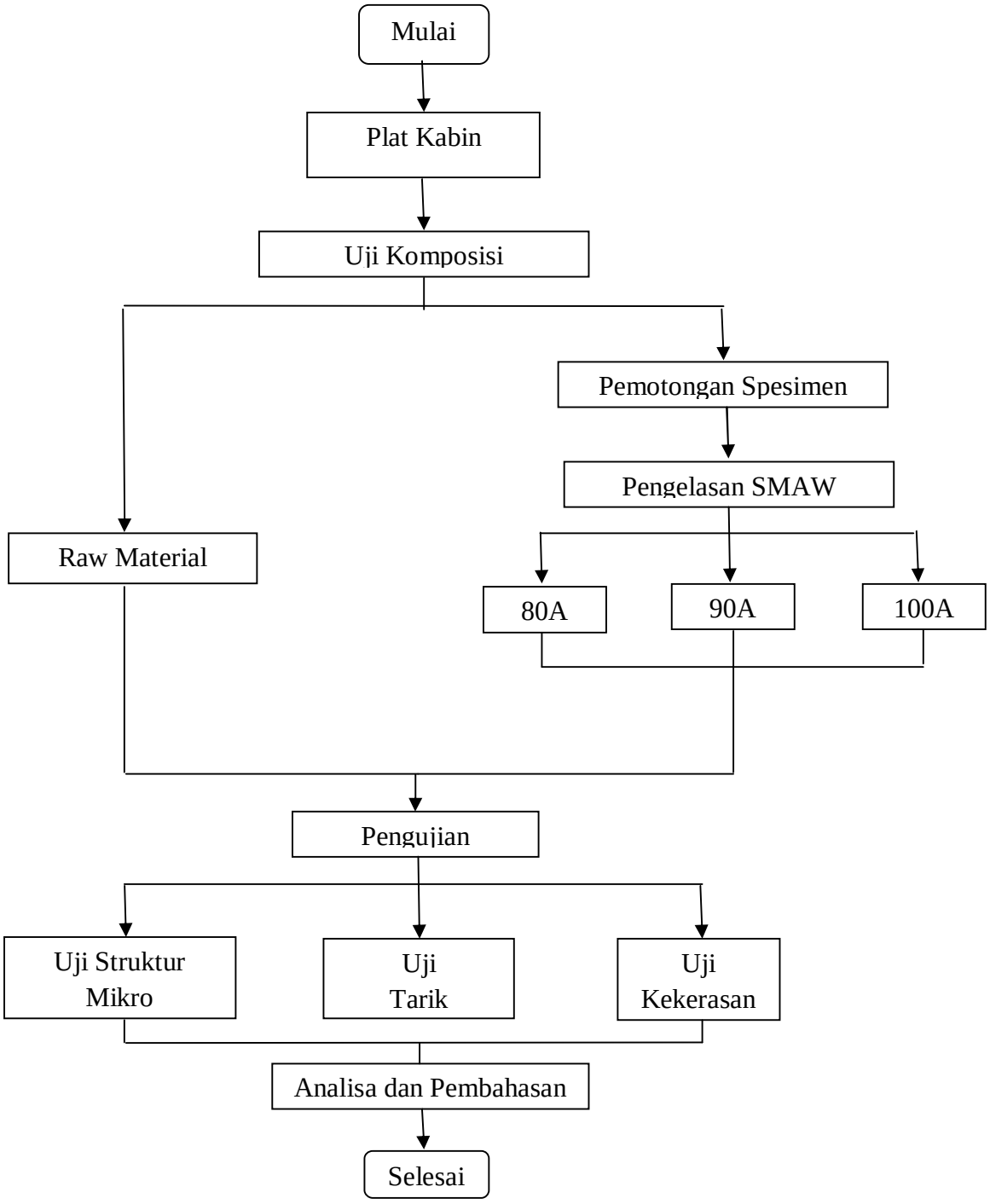


Gambar 3.7 Alat Uji Kekerasan Mikro Vickers

PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3.6 Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Komposisi Kimia

Dari hasil pengujian komposisi kimia yang dilakukan dengan menggunakan spectrometer diketahui bahwa komposisi kimia dari spesimen yang berupa potongan plat nomor kabin lokomotif adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil uji komposisi kimia

Unsur	(%)
Al	93,88
Si	5,32
Fe	0,2463
Cu	0,262
Mn	0,0280
Mg	0,0161
Zn	0,1153
Ti	0,1007
Cr	0,0063
Ni	0,0118
Pb	0,0070
Sn	0,0052

Tabel 4.1 di atas menunjukkan bahwa komposisi kimia plat nomor kabin lokomotif didominasi oleh unsur Al (93,88%) dan Si (5,32%). Hasil uji komposisi

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

tersebut menunjukkan bahwa paduan pokok yang terdapat pada velg hasil pengecoran sentrifugal tersebut adalah Al-Si.

Dengan melihat hasil uji komposisi pada Tabel 4.1, maka dengan melihat tabel komposisi kimia (Alan B. DeRoss, Aluminium Casting Technology), maka material yang diuji tersebut dapat di golongkan ke dalam jenis aluminium paduan cor 443.2. Hal ini berdasarkan Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Komposisi Kimia Aluminium 443.2 (dalam %) (Alan B. DeRoss, *Aluminium Casting Technology)*

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	Unsur Lainnya
4,5-6,0	0,6	0,10	0,10	0,05	-	-	0,10	-	0,20	0,05

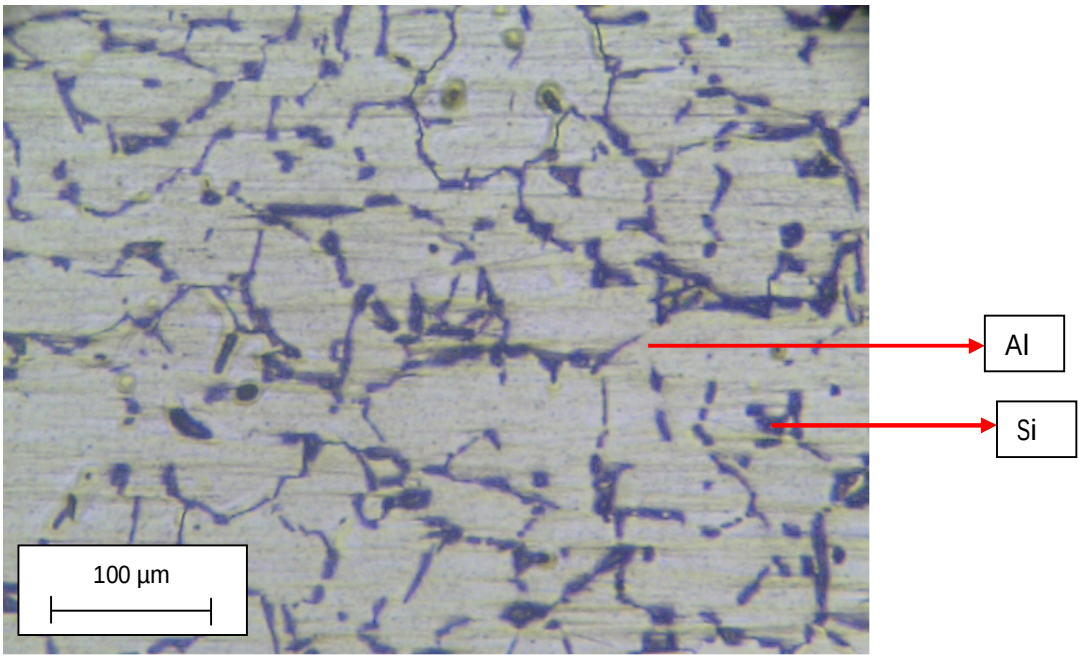
4.2 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan Struktur Mikro ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat kandungan yang terdapat dalam material juga untuk mengetahui posisi unsur tesebut dalam kaitannya dengan pengaruh unsur tersebut pada karakteristik material.

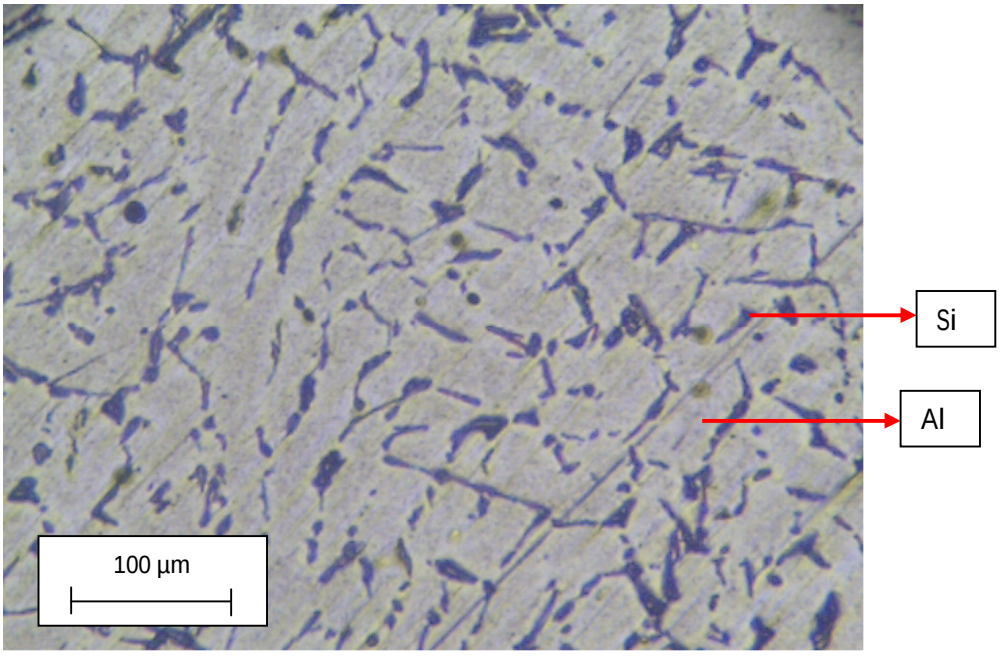
4.2.1 Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Di bawah ini adalah hasil pengamatan struktur mikro pada logam las, HAZ, dan logam induk untuk setiap kombinasi arus listrik dengan perbesaran 50X.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

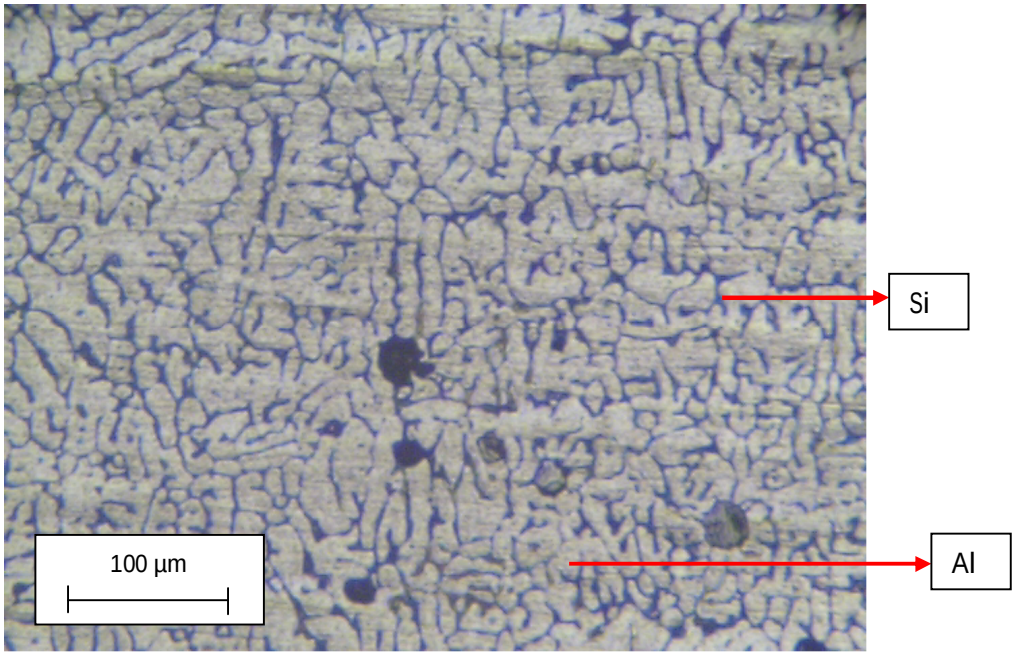


Gambar 4.1 Foto Mikro Pada Raw Material yang tidak dilakukan pengelasan

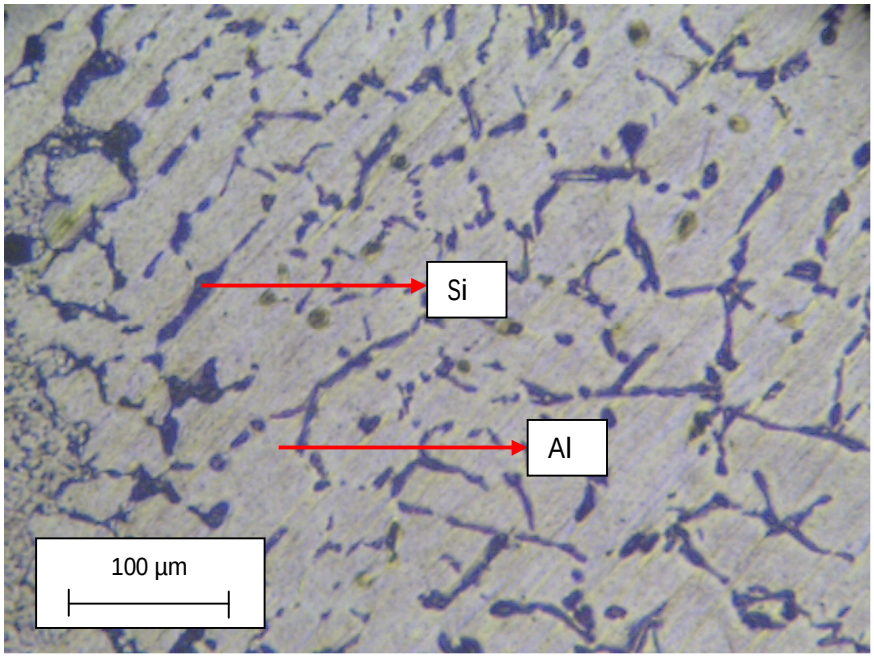


Gambar 4.2a Foto struktur mikro daerah logam induk pada pengelasan dengan variasi arus 80 A

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

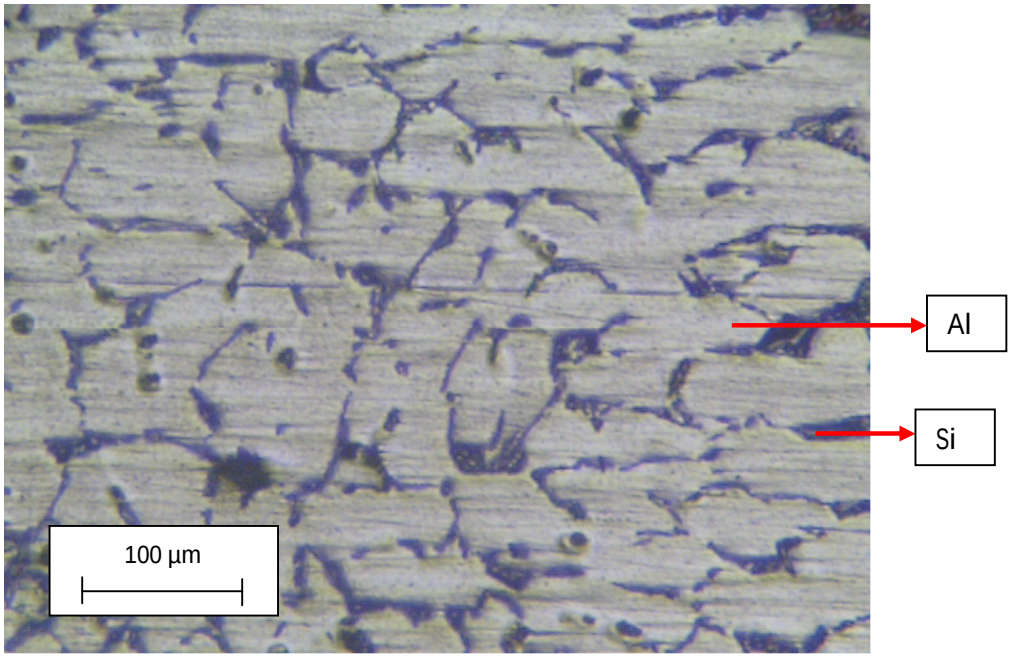


Gambar 4.2b Foto struktur mikro daerah logam las pada pengelasan dengan variasi arus 80 A

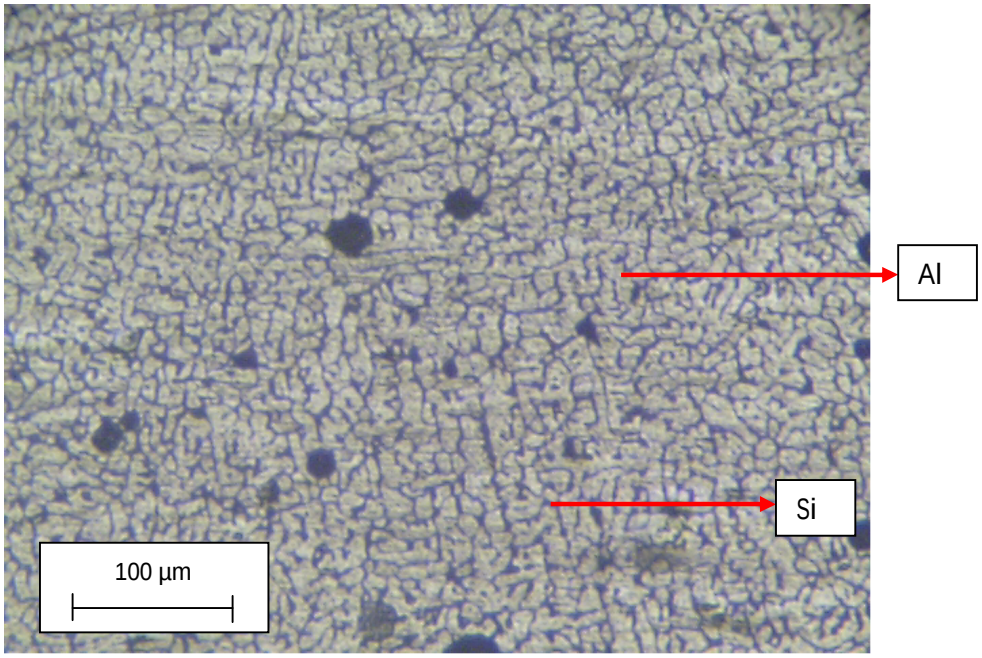


Gambar 4.2c Foto struktur mikro daerah HAZ pada pengelasan dengan variasi arus 80 A

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

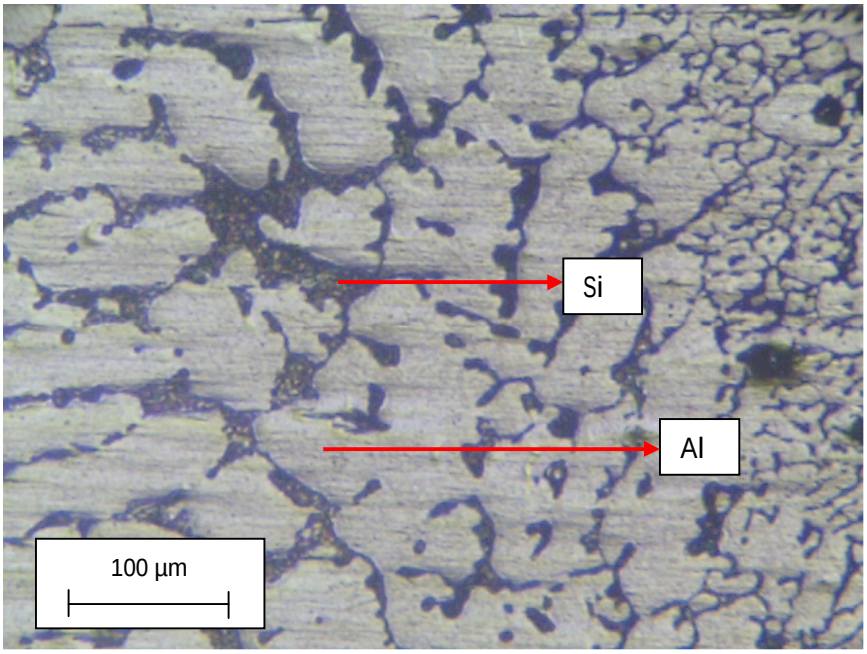


Gambar 4.3a Foto struktur mikro daerah logam induk pada pengelasan dengan variasi arus 90 A

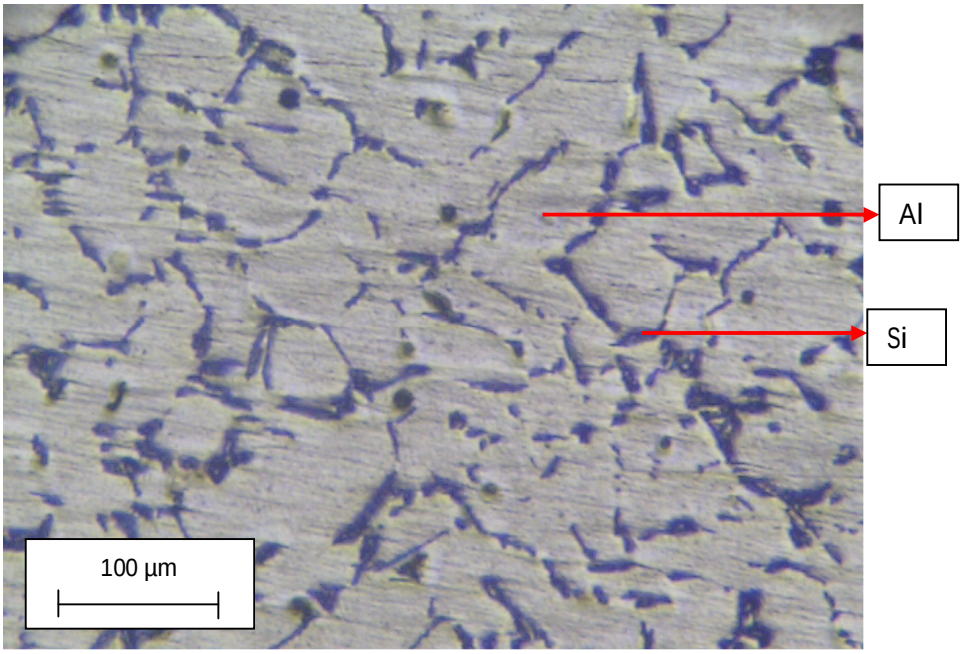


Gambar 4.3b Foto struktur mikro daerah logam las pada pengelasan dengan variasi arus 90 A

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

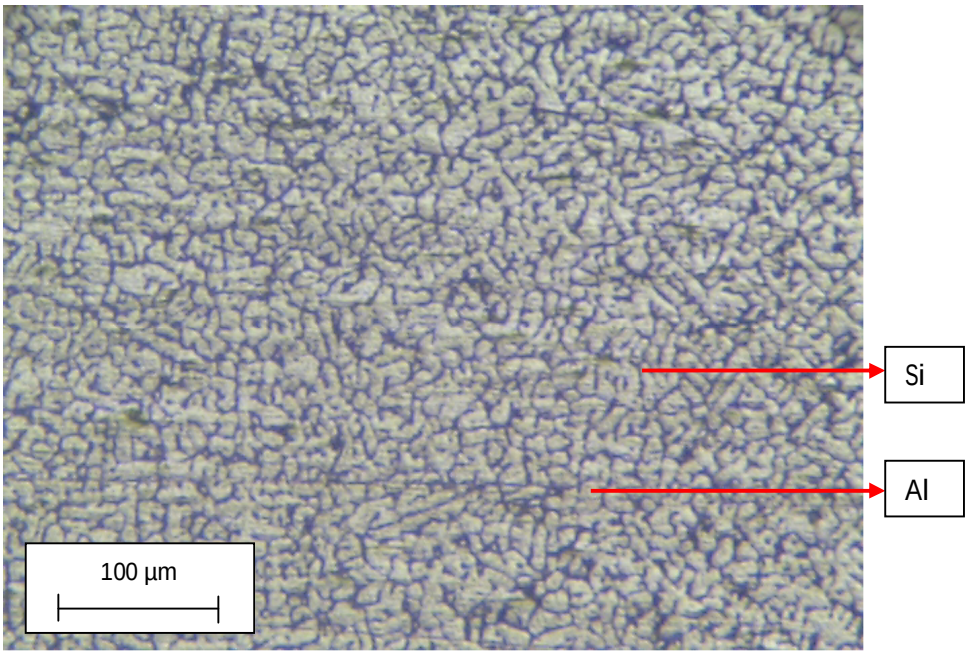


Gambar 4.3c Foto struktur mikro daerah HAZ pada pengelasan dengan variasi arus 90 A

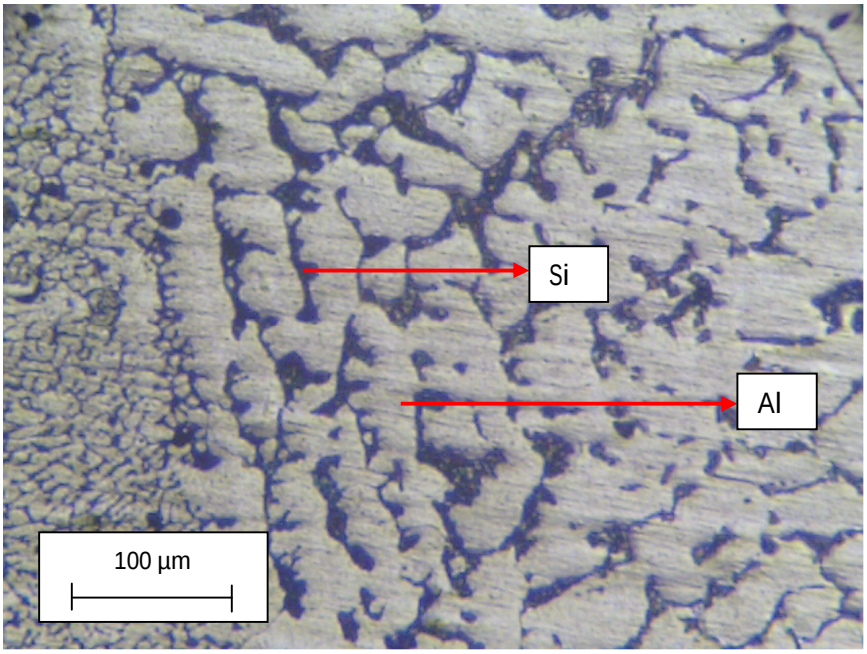


Gambar 4.4a Foto struktur mikro daerah logam induk pada pengelasan dengan variasi arus 100 A

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM
SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar 4.4b Foto struktur mikro daerah logam las pada pengelasan dengan variasi arus 100 A



Gambar 4.4c Foto struktur mikro daerah HAZ pada pengelasan dengan variasi arus 100 A

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.2 Pembahasan

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa struktur mikro daerah logam induk secara umum tidak banyak mengalami perubahan setelah dilakukan pengelasan. Foto di atas menunjukkan bahwa pada logam induk tersusun atas silikon (berwarna gelap) dan aluminium (berwarna terang). Pada logam induk terlihat serat Si yang bentuknya besar dan memanjang yang dihasilkan dari pendinginan lambat dalam cetakan pasir.

Pada proses pengelasan, logam induk yang bersebelahan dengan logam las mengalami siklus termal berupa pemanasan sampai mendekati titik cair kemudian diikuti dengan pendinginan. Keadaan ini mengakibatkan terjadinya perubahan struktur mikro dan sifat-sifat mekanis dari keadaan awal logam induk. Daerah logam induk yang mengalami siklus termal ini disebut *Heat Affected Zone* (HAZ).

Struktur logam pada daerah HAZ berubah secara berangsur dari struktur logam induk ke struktur logam las. Pada daerah HAZ terlihat bahwa struktur mikronya mirip dengan logam induk. Namun seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 (c), Gambar 4.3 (c) dan Gambar 4.4 (c) ukuran butir pada daerah HAZ lebih besar dari pada di logam induk. Pada daerah lebur akan terbentuk logam las karena turunnya suhu dari keadaan cair ke padat. Pada saat yang sama dendrit-dendrit padat maupun interdendrit cair yang baru ikut terbentuk. Dari gambar struktur mikro bisa dilihat struktur silikon menjadi lebih halus dan kecil. Hal ini menyebabkan kekerasan pada daerah logam las menjadi lebih tinggi daripada daerah yang lainnya.

Jika dilakukan perhitungan berdasarkan cara perhitungan besar butir struktur mikro (Van Vlack, 1989) pada masing-masing daerah las dengan variasi arus maka didapatkan panjang busur rata-rata ($\overline{L}$) pada daerah las 80 A adalah sebesar 0,075 mm, pada daerah las 90 A sebesar 0,051 mm dan pada daerah las 100 A sebesar 0,063 mm. Dari hasil perhitungan tersebut bisa dilihat ukuran butir struktur mikro terhalus dan terkecil pada daerah las terdapat pada pengelasan dengan arus 90 A. Hal ini menunjukkan kekerasan pada daerah logam las tertinggi pada pengelasan dengan arus tersebut.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH VARIASI ARUS TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PENGELASAN PADUAN COR ALUMINIUM SILIKON DENGAN METODE PENGELASAN SMAW
Johan Carlos Hutagalung, Ir. Mudjijana, M. Eng
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis dari benda uji. Pengujian tarik dilakukan dengan cara menarik benda uji yang telah dibuat menjadi spesimen uji tarik sampai putus, sehingga akan didapatkan data tentang tegangan tarik maksimum, tegangan luluh dan regangan. Tegangan tarik maksimum adalah tegangan yang diperlukan sampai dengan benda uji putus, sedangkan regangan adalah perbandingan antara selisih panjang benda uji sebelum dan sesudah ditarik dengan panjang awal benda uji.

4.3.1 Data Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan pada *raw material* dan hasil pengelasan dengan variasi arus. *Raw material* yang digunakan adalah paduan cor aluminium-silikon Hasil pengujian tarik *raw material* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian tarik pada *raw material*

Spesimen	A_0 (mm)	A_1 (mm)	L_0 (mm)	L_1 (mm)	ε (%)	q (%)	P (N)	σ_{max} (MPa)	P_{luluh} (N)	σ_{luluh} (MPa)
1	30	28.81	35	35.10	0.29%	3.96%	3390.80	113.03	2018.80	67.29
2	30	29.28	35	36.10	3.14%	2.40%	3077.20	102.57	2103.08	70.10
3	30	28.91	35	36.35	3.86%	3.63%	3273.20	109.11	2110.92	70.36
4	30	29.00	35	35.30	0.86%	3.34%	3292.80	109.76	2220.68	74.02
5	30	28.38	35	35.30	0.86%	5.40%	3292.80	109.76	2220.68	74.02
Rata-rata					1.80%	3.75%		108.85		71.16

Sedangkan hasil pengujian tarik spesimen hasil las dapat dilihat pada Tabel 4.4 sampai Tabel 4.6 dibawah ini.