

38816/H/10



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

RSM

620.112.23

Kur

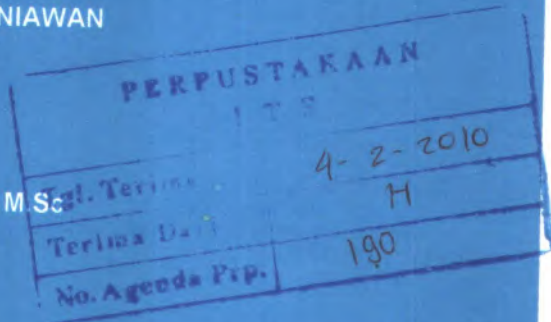
P-1
2009

TUGAS AKHIR (*Metalurgi*) - TM091486

**PENGARUH PARAMETER DAN
KOMPOSISI GAS PELINDUNG TERHADAP
DIMENSI MANIK LAS, POROSITAS DAN LAJU
KOROSI PADA PROSES PELEBURAN LOGAM
MENGUNAKAN TORCH GTAW**

H. PUNGKY ANGGARA KURNIAWAN
NRP. 2103 100 020

Dosen Pembimbing
DR. Ir. ABDULLAH SHAHAB, M.Sc



JURUSAN TEKNIK MESIN

Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2009



FINAL PROJECT (*Metallurgy*) - TM091486

INFLUENCE OF PARAMETERS AND SHIELDING GAS COMPOSITION CONCERNING TO WELD BEAD DIMENSION, POROSITY AND CORROSION RATE ON METAL MELTING PROCESS USING GTAW TORCH

H. PUNGKY ANGGARA KURNIAWAN
NRP. 2103 100 020

Lecturer
DR. Ir. ABDULLAH SHAHAB, M.Sc

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2009

**PENGARUH PARAMETER DAN
KOMPOSISI GAS PELINDUNG TERHADAP
DIMENSI MANIK LAS, POROSITAS DAN LAJU
KOROSI PADA PROSES PELEBURAN LOGAM
MENGUNAKAN TORCH GTAW**

TUGAS AKHIR



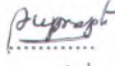

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Metalurgi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

H. PUNGKY ANGGARA KURNIAWAN

Nrp. 2103 100 020

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr.Ir. Abdullah Shahab, Msc  (Pembimbing I)
2. Dr.Ir. Soeharto, DEA  (Penguji I)
3. Ir. Suprapti  (Penguji II)
4. Ir. Hari Subiyanto, MSc  (Penguji III)



**SURABAYA
14 NOPEMBER, 2009**

**PENGARUH PARAMETER DAN
KOMPOSISI GAS PELINDUNG TERHADAP DIMENSI
MANIK LAS, POROSITAS DAN LAJU KOROSI PADA
PROSES PELEBURAN LOGAM MENGGUNAKAN
TORCH GTAW**

Nama Mahasiswa : H. PUNGKY ANGGARA K.
NRP : 2103 100 020
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc.

Abstrak

Dengan adanya perkembangan industri maka teknologi pengelasan juga semakin berkembang. Shielding gas pada pengelasan GTAW yang dulu kebanyakan menggunakan gas Argon, sekarang mulai banyak divariasikan. Hal ini bertujuan untuk memperbesar heat input, menambah kecepatan pengelasan dan memperdalam penetrasi. Namun dengan adanya penambahan variasi tersebut, ternyata menyebabkan terjadinya porositas pada las-lasan serta perbedaan pada laju korosinya. Variasi tersebut juga berpengaruh pada arah aliran konveksi yang berpengaruh pada bentuk dan luasan dari weld metal. Untuk itu perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh dari komposisi gas pelindung terhadap luas permukaan lasan, porositas dan laju korosi dari las-lasan.

Dalam penelitian ini, dilakukan peleburan logam ASTM A36 menggunakan torch GTAW, dengan variasi arus pengelasan (40, 50, dan 60 A), flow rate gas (5, 15, dan 25 lpm), dan campuran 30% CO₂ dan 30% gas He pada gas pelindung Ar. Sebelum dilakukan peleburan, dilakukan pengukuran pada spesimen awal, sebagai data awal. Kemudian dilakukan peleburan pada spesimen. Setelah proses peleburan, spesimen di ukur kembali dimensinya, dan dilakukan pengambilan foto mikro

untuk meneliti besarnya persentase porositas yang terjadi. Selain itu, dilakukan juga penimbangan berat pada spesimen yang dikorosikan pada larutan HCl. Dari penimbangan berat ini akan didapatkan data pengurangan berat dari spesimen. Pengambilan data korosi ini dilakukan selama 2 jam pengkorosian. Kehilangan berat ini akan dibagi dengan lama pengkorosian serta luas permukaan kontak, sehingga akan didapatkan laju korosi dari spesimen tersebut.

Dari penelitian ini didapatkan bahwa dengan penggunaan gas Ar-CO₂, akan menghasilkan luas permukaan logam lebur, porositas dan laju korosi yang paling besar. Sehingga penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ dengan menggunakan metode peleburan seperti yang dilakukan pada penelitian ini sebisa mungkin dihindari.

Kata kunci: porositas, luas permukaan, laju korosi, campuran argon-helium, campuran argon-CO₂, GTAW.

INFLUENCE OF PARAMETERS AND SHIELDING GAS COMPOSITION CONCERNING TO WELD BEAD DIMENSION, POROSITY AND CORROSION RATE ON METAL MELTING PROCESS USING GTAW TORCH

Nama Mahasiswa : PUNGKY ANGGARA K.
NRP : 2103 100 020
Department : Mechanical Engineering FTI-ITS
Lecture : Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc.

Abstract

With the industrial development of welding technology is also growing. Shielding gas in GTAW welding once mostly using is Argon, but now more varied. It aims to increase the heat input, welding speed and increase the depth of penetration. But with the addition of these variations, this causes porosity in the melting metal and a difference in the corrosion rate. These variations also affect the direction of convection flow that will affect the shape and extent of the weld metal. Because of that, will conducted more research to determine the effect of the shielding gas composition to the welded surface area, porosity and corrosion rate of the welded metal.

In this study, conducted an ASTM A36 melting process using the GTAW torch, with the welding current variation (40, 50, and 60 A), gas flow rate (5, 15, and 25 LPM), and mixture of shielding gas (30% CO₂ and 30% He to Ar). Before starting the process, the specimen is measured an initial data. Then performed the melting process on the specimen. After that, the specimen dimensions will measured again, and taking photographs to examine the micro-porosity percentage that was happening. And also, the weight of corroded metal at HCl solution will be measured, to obtain the weight reduce of the specimen. Corrosion data acquisition is carried out for 2 hours

corrosion process. Losing weight will be divided by a time of corrosion process and contact surface area, so the corrosion rate of these specimen can be obtained.

From this study, it was found that the use of Ar-CO² shielding gas, will result the greatest number of metal surface area, porosity and corrosion rate. So the use of Ar-CO² shielding gas on metal melting method as much as possible should be avoided.

Keywords: porosity, surface area, the rate of corrosion, Argon-Helium mixture, Argon-CO₂ mixture, GTAW

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkat, rahmat, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk lulus atau menerima gelar Sarjana Teknik. Selama melakukan Tugas Akhir ini, penulis banyak menerima bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Ir Abdullah Shahab,Msc selaku dosen pembimbing atas kesabarannya dan kesediaan waktunya dalam membimbing penulis.
2. Kedua Orang Tua, Ibu Endang Setyowati dan Bapak Sukanto yang selau mendo'akan dan mendukungku.
3. Bapak Dr.Ir Herman Sasongko selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin ITS.
4. Seluruh Dosen dan civitas akademika Teknik Mesin ITS yang telah banyak memberikan ilmu kehidupan.
5. Adik penulis Robby Fandhita Kurniawan atas keceriaan dan senyumannya yang membuat jenuh hilang saat mengerjakan tugas akhir.
6. Dede' Sinta Dewi, atas segala dukungan, perhatian, do'a, semangat, teman diskusi dan juga kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis. Semoga kita bertemu di dunia dan di akhirat, ana uhubki fillah.
7. Partner mengerjakan lab keahlian sampai Tugas Akhir ini, Ida Bagus Ru, Agus Prihandoko dan I Gede Angga Wiradharma, semoga persahabatan kita bisa terjaga selamanya.
8. Teman-teman seperjuangan, Tuwek, GAM, Ambon, Popin, Rifki, Kingkong, Permana, Fuad, Tipu, Jalu, Adi, Paijo, Rossi, Bayu Tuk, Tungpey, semoga kesuksesan selalu menyertai kalian.

9. Teman-teman lab Metal, Om Bas, Gogod, Melon, Ranjau, Aris, Yogi, John, Mancik Tong, Koplo, Kethek, Maul, Brudu, Gudhil, Umbel, Rombeng, Tito, BCL, Imam, Eva, Rajes, Khemon, Budut, semoga kalian cepat lulus dan meraih cita-cita.
10. Keluarga Besar "Metalurgi Fluida", Anugrah, Antok, Mister, Farih, Babe, Akbar, Pipit, Spike, Wahyu, Tanto, Bagus Arif, Lemak, Komo, Mbah Darmo, Tunz, yang telah meramaikan dan selalu memberikan keceriaan di lab Metal.
11. Teman-teman gg. Makam 15, Daglish, Abid, Alex, Omick, Kipli, semoga diberikan kemudahan dalam meraih cita-cita.
12. Semua teman-teman angkatan 2003 M46, Vivat Mesin !!! You're The Best.
13. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun penulis harapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Nopember 2009

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Tungsten Arc Welding	5
2.1.1 Polarisasi	6
2.1.2 Elektroda TIG	7
2.1.3 Gas Selubung untuk TIG	8
2.2 Aliran Logam pada Pengelasan	10
2.3 Kekentalan Logam Cair	12
2.3 Porositas pada Pengelasan	14
2.4 Korosi pada Pengelasan	16

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Percobaan	19
3.2 Diagram Alir Penelitian	20
3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan	23
3.2.2 Persiapan Spesimen	24
3.3 Pelaksanaan Percobaan	24
3.4 Pengambilan Data	27
3.4.1 Persentase Perubahan Dimensi Logam	27
3.4.2 Penghitungan Persentase Porositas	27
3.4.3 Pengambilan Data Laju Korosi	32



BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian	35
4.2 Analisa Data dan Pembahasan	38
4.2.1 Perubahan Dimensi Spesimen	38
4.2.1.1 Pengaruh Gas Pelindung pada Perubahan Dimensi	45
4.2.1.2 Pengaruh Flow Rate pada Perubahan Dimensi	47
4.2.1.3 Pengaruh Arus pada Perubahan Dimensi ..	48
4.2.2 Porositas Peleburan	49
4.2.2.1 Pengaruh Gas Pelindung pada Porositas Peleburan	53
4.2.2.2 Pengaruh Flow Rate pada Porositas Peleburan	54
4.2.2.3 Pengaruh Arus pada Porositas Peleburan	55
4.2.3 Laju Korosi pada Peleburan	56
4.2.3.1 Pengaruh Gas Pelindung pada Laju Korosi	59
4.2.3.2 Pengaruh Flow Rate pada Laju Korosi	60
4.2.3.3 Pengaruh Arus pada Laju Korosi	60

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
Daftar Pustaka	xiii
Lampiran	xiv



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Skema Peralatan TIG (TIG Handbook, 2007)
- Gambar 2.2 Pengaruh polarisasi pada TIG (TIG Handbook, 2007)
- Gambar 2.3 Perbandingan hasil penetrasi akibat penggunaan beberapa macam gas pelindung (Messler, Robert W, 1999)
- Gambar 2.4 Model arah aliran logam cair karena gaya Bouyancy (Welding Metalurgi, 2003)
- Gambar 2.5 Model arah aliran logam cair karena gaya Lorentz (Welding Metalurgi, 2003)
- Gambar 2.6 Model arah aliran logam cair karena tegangan geser yang dipengaruhi oleh perbedaan tegangan permukaan (Welding Metalurgi, 2003)
- Gambar 2.7 Perubahan kekentalan besi cor (Teknik Pengecoran Logam, 1994)
- Gambar 2.8 Kekentalan paduan 80,8% Pb- 19,2% Sn (Teknik Pengecoran Logam, 1994)
- Gambar 2.9 Skema pengaruh dari dua kemungkinan arah konveksi yang berbeda pada porositas las-lasan; $h_2 > h_1$ (Principles of Welding, 1999)
- Gambar 3.1 Pengukuran dimensi dari hasil peleburan: (a) luasan spesimen; (b) tebal spesimen
- Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

- Gambar 3.3 Dimensi dan bentuk spesimen
- Gambar 3.4 Skema rangkaian peralatan peleburan logam
- Gambar 3.5 Alur pengambilan foto porositas
- Gambar 3.6 Alur pengambilan foto logam peleburan
- Gambar 3.7 Logam hasil peleburan 50 A, shielding gas Ar-He, 15 lpm
- Gambar 3.8 Foto mikro porositas pada permukaan spesimen
- Gambar 3.9 Foto mikro porositas setelah dimasukkan pada software TAIMage
- Gambar 3.10 Hasil pengolahan software untuk menentukan porositas
- Gambar 3.11 Proses pengkorosian logam peleburan
- Gambar 4.1 Grafik pengaruh gas pelindung dan flow rate pengelasan terhadap persentase perubahan luasan pada kondisi pengelasan 60 A
- Gambar 4.2 Grafik pengaruh arus terhadap persentase perubahan luasan pada kondisi pengelasan flow rate 25 lpm
- Gambar 4.3 Grafik pengaruh gas pelindung dan flow rate pengelasan terhadap persentase perubahan ketebalan pada kondisi pengelasan 60 A
- Gambar 4.4 Grafik pengaruh arus terhadap persentase perubahan ketebalan pada kondisi pengelasan flow rate 25 lpm
- Gambar 4.5 Blow hole yang terjadi pada proses peleburan

- Gambar 4.6 Grafik pengaruh gas pelindung dan flow rate pengelasan terhadap persentase porositas pada kondisi pengelasan 60 A
- Gambar 4.7 Grafik pengaruh arus terhadap persentase porositas pada kondisi pengelasan flow rate 15 lpm
- Gambar 4.8 Grafik laju korosi tiap gas pelindung pada arus 60 A fungsi flow rate
- Gambar 4.9 Grafik laju korosi tiap gas pelindung pada arus 15 lpm fungsi arus

DAFTAR TABEL

- | | |
|-----------|--|
| Tabel 3.1 | Tabel data persentase perubahan dimensi logam peleburan |
| Tabel 3.2 | Tabel data jumlah dan persentase porositas |
| Tabel 3.3 | Tabel data berat, weight loss dan persentase laju korosi |
| Tabel 4.1 | Data Hasil Penelitian Persentase Perubahan Dimensi Logam Las |
| Tabel 4.2 | Data hasil penelitian Persentase Porositas |
| Tabel 4.3 | Data hasil penelitian Laju Korosi |

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dengan semakin berkembangnya proses industri, proses pengelasan juga semakin banyak di gunakan, baik dalam proses produksi maupun proses *maintenance*. Hal ini juga berdampak pada semakin berkembangnya teknologi pengelasan. Pengetahuan mengenai teknologi pengelasan sangat diperlukan guna mencapai kesesuaian antara rancangan konstruksi yang diinginkan dengan proses pengelasan yang mungkin dilakukan sehingga diperoleh hasil yang maksimal.

Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) merupakan salah satu jenis las busur (*arc welding*) yang banyak digunakan pada proses penyambungan atau pelapisan pada plat, perpipaan, tangki serta struktur lainnya. Pada pengelasan TIG terdapat gas selubung yang berfungsi sebagai pelindung logam cair dengan udara luar. Sehingga hasil dari pengelasan TIG ini mempunyai kualitas yang baik karena kemungkinan terjadinya kontaminasi antara logam cair dengan udara luar sangat kecil. Adanya kontaminasi antara logam cair dengan udara luar dapat menyebabkan porositas pada hasil lasan.

Pada pengelasan konvensional TIG banyak digunakan gas Argon (Ar), akan tetapi dengan semakin berkembangnya penggunaan las TIG, semakin berkembang pula penggunaan gas pelindungnya. Terdapat gas Helium (He) dan Karbon Dioksida (CO₂) yang digunakan untuk memperbaiki kualitas *arc*, mempertinggi *heat input*, menambah kecepatan pengelasan dan memperdalam penetrasi.

Penambahan He pada gas pelindung Ar lebih dulu dikembangkan. Akan tetapi, karena harga Helium yang cukup mahal, maka gas CO₂ mulai dikembangkan sebagai campuran Argon, karena harganya yang lebih murah. Gas pelindung Ar-CO₂ ini pun mempunyai tempe lur las yang lebih tinggi jika

dibandingkan dengan Ar-He. Walaupun gas Ar-CO₂ memiliki beberapa kelebihan, gas ini juga memiliki beberapa kelemahan, seperti timbulnya porositas pada logam lasan dan munculnya *spatter* pada saat penggunaannya.

Penggunaan beberapa macam gas pelindung ini juga akan memberikan perbedaan sensitivitas logam lasan terhadap korosi, oleh karena itu diadakan pula penelitian tentang pengaruh variasi gas pelindung terhadap laju korosi dari logam lasan.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Pada penelitian kali ini diamati pengaruh dari beberapa parameter pengelasan dan variasi jenis gas pelindung terhadap luas permukaan logam peleburan, porositas dan laju korosi dari logam peleburan.

1.3 BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Arus listrik selama proses pengelasan dianggap stabil.
2. Variabel lain yang tidak dijadikan parameter diasumsikan memberikan efek yang seragam.
3. Pengukuran luasan logam lasan dianggap sudah cukup mewakili kondisi yang sebenarnya.
4. Proses pengkorosian logam diasumsikan seragam.
5. Kondisi peralatan yang digunakan dianggap cukup baik.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari pengaruh jenis dan komposisi gas pelindung, arus, dan *flow rate* gas pelindung terhadap dimensi logam peleburan.
2. Mempelajari pengaruh jenis dan komposisi gas pelindung, arus, dan *flow rate* gas pelindung pada porositas logam peleburan.

3. Membandingkan pengaruh jenis dan komposisi gas pelindung, arus, dan *flow rate* gas pelindung terhadap laju korosi dari logam peleburan.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

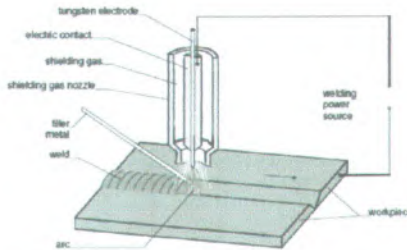
Secara akademis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan informasi tentang salah satu ilmu pada teknologi peleburan, dan secara praktek, hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan pada proses peleburan yang memiliki karakteristik yang sama dengan penelitian yang dilakukan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 GAS TUNGSTEN ARC WELDING

Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) lebih dikenal dengan nama *Tungsten Inert Gas* (TIG). Metode pengelasan ini menggunakan elektroda Tungsten yang tidak habis pakai (*non consummable electrode*). Pada proses pengelasan, permukaan yang dilas akan diselubungi oleh gas pelindung untuk menghindari kontaminasi pada logam yang mencair dari udara luar. Gas yang digunakan biasanya adalah gas *inert* seperti Argon (Ar) atau Helium (He). Namun sekarang telah banyak digunakan gas lain yang digunakan sebagai campuran pada gas Argon atau Helium seperti Karbon Dioksida (CO₂), Hidrogen (H₂), dan Oksigen (O₂). Gas pelindung tersebut nantinya dapat berupa campuran dari dua atau tiga jenis gas.

Dalam penggunaannya, TIG biasa digunakan untuk mengelas logam-logam yang tipis seperti pada pipa, ataupun plat-plat tipis lainnya. Logam-logam yang umumnya dilas adalah logam jenis *stainless steel* ataupun jenis logam ringan seperti aluminium, magnesium dan paduan tembaga.



Gambar 2.1 Skema Peralatan TIG (TIG Handbook, 2007)

Pada pengelasan TIG, logam pengisi (*filler*) tanpa dilapisi fluks, karena fungsi fluks telah digantikan oleh gas *inert*. Pada

saat *filler* mencair, gas pelindung akan dihembuskan agar menyelubungi dan melindungi proses pengelasan dari kontak dengan udara luar. Sehingga hasil pengelasan tidak mengalami pengotoran oleh unsur luar. Gambar skema dari proses pengelasan TIG dapat dilihat pada gambar 2.1.

2.1.1 POLARISASI

Polarisasi merupakan salah satu parameter penting dalam pengelasan TIG. TIG memiliki tiga jenis polarisasi untuk berbagai macam aplikasinya yaitu:

1. *Direct Current Reverse Polarity* (DCRP)







Pada DCRP, kutup negatif arus DC terletak pada benda kerja dan kutup positif pada elektroda. Akibatnya konsentrasi panas yang dihasilkan sebagian besar diterima oleh elektroda sehingga penetrasi yang dihasilkan akan dangkal. Metode ini jarang digunakan karena konsentrasi panas yang terlalu besar pada elektroda dapat menyebabkan elektroda mencair.

2. *Direct Current Straight Polarity* (DCSP)

Pada DCSP, kutup negatif arus DC dipergunakan oleh elektroda dan kutup positif pada benda kerja. Akibatnya konsentrasi panas yang dihasilkan sebagian besar diterima oleh benda kerja sehingga penetrasi yang dihasilkan akan dalam.

3. *Alternating Current High Frequency* (ACHF)

Karena pada arus AC konsentrasi panas yang terbagi, hampir sama antara elektroda dan benda kerja, maka penetrasi yang dihasilkan sedang. Perbedaan pengaruh polarisasi pengelasan TIG antara DCSP, DCRP, dan ACHF dapat dilihat pada Gambar 2.2

CURRENT TYPE	DCEN	DCEP	AC (BALANCED)
ELECTRODE POLARITY	NEGATIVE	POSITIVE	
ELECTRON AND ION FLOW			
PENETRATION CHARACTERISTICS			
OXIDE CLEANING ACTION	NO	YES	YES-ONCE EVERY HALF CYCLE
HEAT BALANCE IN THE ARC (APPROX.)	70% AT WORK END 30% AT ELECTRODE END	30% AT WORK END 70% AT ELECTRODE END	50% AT WORK END 50% AT ELECTRODE END
PENETRATION	DEEP, NARROW	SHALLOW, WIDE	MEDIUM
ELECTRODE CAPACITY	EXCELLENT e.g., 1/8 in. (3.2 mm) 400 A	POOR e.g., 1/4 in. (6.4 mm) 120 A	GOOD e.g., 1/8 in. (3.2 mm) 225 A

Gambar 2.2 Pengaruh polarisasi pada TIG (TIG Handbook, 2007)

2.1.2 ELEKTRODA TIG

Tungsten merupakan unsur yang paling banyak dipakai sebagai elektroda pada pengelasan TIG karena memiliki titik leleh yang tinggi (3410 °C). Selain Tungsten, penambahan unsur Zirconium atau Thorium juga sering dipakai. Penambahan unsur Thorium atau Zirconium akan menaikkan titik lebur dan konduktivitas listriknya serta memperpanjang umur pakai elektroda.

Pada pengelasan dengan polaritas DC, tipe elektroda yang umum digunakan adalah paduan Tungsten dengan bahan radioaktif level rendah bernama Thorium sebesar 1% atau 2% (ThO₂). Elektroda jenis ini mempunyai umur pakai yang lebih baik dibandingkan dengan Tungsten murni. Adanya bahan radioaktif level rendah menyebabkan perlunya kewaspadaan pada saat melakukan pengelasan pada tipe elektroda ini. Meskipun kontaminasi bahan radioaktif akibat Thorium sangat kecil kemungkinannya, namun ketersediaan peralatan keselamatan untuk operator las serta ventilasi ruang yang baik wajib diperhatikan untuk menghindari gangguan kesehatan akibat kontaminasi bahan radioaktif.

2.1.3 GAS SELUBUNG UNTUK TIG

Penggunaan gas selubung sangat penting pada metode pengelasan TIG. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar area pengelasan tidak terkontaminasi oleh gas atmosfer seperti Nitrogen dan Oksigen yang dapat menyebabkan diskontinuitas, porositas, dan penggetasan logam las. Gas selubung ini juga berfungsi sebagai perantara panas dari elektroda ke logam dan menjaga terbentuknya busur yang stabil.

Seiring dengan banyaknya penelitian tentang gas selubung ini, maka jenis dan campuran gas yang digunakan juga semakin berkembang. Ar dan He yang biasanya digunakan pada pengelasan TIG mulai digantikan dengan CO₂ serta campuran Ar-CO₂. Penggunaan gas jenis ini lebih dikarenakan untuk mengurangi ongkos produksi karena harga Helium yang sangat mahal. Jenis dari campuran *shielding* gas tersebut antara lain:

1. Argon

Gas Argon diperoleh sebagai produk sampingan pemurnian gas oksigen dari udara atmosfer. Penggunaan gas Argon pada TIG dapat menjaga agar busur las terbentuk dengan stabil. Dan apabila menggunakan arus bolak-balik, hasil pengelasan yang diperoleh memiliki kualitas yang baik dengan tampilan yang baik pula.

Beberapa keuntungan penggunaan gas Argon sebagai gas pelindung antara lain :

- Argon lebih berat daripada udara dan membentuk lapisan pelindung dari udara atmosfer.
- Resistansi listrik rendah sehingga membuat busur las yang stabil.
- Harga gas Argon yang murah membuat ongkos pengelasan tidak tinggi.

Sedangkan kelemahan penggunaan gas Argon pada pengelasan adalah antara lain:

- Penetrasi yang terjadi dangkal.
- Kecepatan pengelasan rendah

2. Campuran Argon-Helium

Campuran antara Argon dan Helium dengan komposisi tertentu terkadang digunakan dalam TIG. Penggunaan campuran Argon-Helium akan menghasilkan bentuk busur yang halus namun lebih sempit jika dibandingkan dengan busur pada Argon murni serta menghasilkan manik las yang lebih dalam dan lebar.

Karakteristik penggunaan campuran Argon-Helium sebagai gas pelindung pada pengelasan TIG adalah sebagai berikut:

- a. Meningkatkan kecepatan pengelasan melebihi Argon.
- b. Meningkatkan penetrasi melebihi Argon.
- c. Kestabilan busur yang cukup baik.
- d. Harga yang relatif lebih mahal

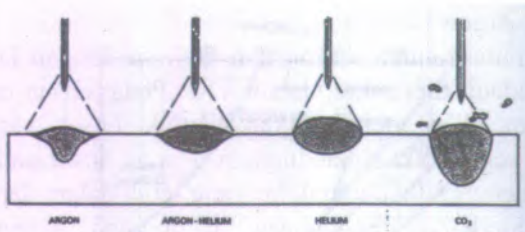
3. Campuran Argon-CO₂

Campuran Argon-CO₂ tergolong hal yang baru digunakan dalam pengelasan TIG. Penambahan CO₂ dapat menghasilkan penetrasi yang lebih dalam dan sempit pada material yang dilas, sehingga sangat cocok untuk mengelas material yang tebal, sedangkan Argon berfungsi sebagai penstabil *arc* dan memperkecil *spatter* yang terjadi.

Karakteristik penggunaan campuran Argon-CO₂ sebagai gas pelindung pada pengelasan TIG adalah sebagai berikut :

- a. Kecepatan pengelasan bisa melebihi Argon dan campuran Argon-Helium
- b. Penetrasi lebih dalam.
- c. Harga relatif lebih murah

Dari penggunaan setiap gas pelindung tersebut akan didapatkan kedalaman penetrasi yang berbeda-beda. Pengaruh penggunaan gas pelindung pada kedalaman penetrasi dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.



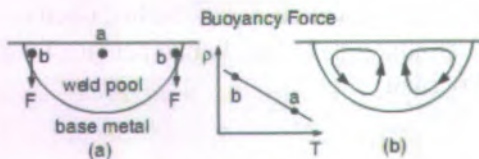
Gambar 2.3 Perbandingan hasil penetrasi akibat penggunaan beberapa macam gas pelindung (Messler, Robert W, 1999)

2.2 ALIRAN LOGAM PADA PENGELASAN

Terjadinya aliran cairan logam pada pengelasan antara lain disebabkan oleh adanya beberapa hal, sebagai berikut:

- Gaya Bouyancy

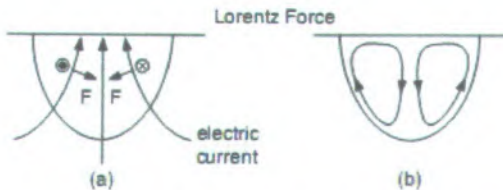
Pada proses ini aliran logam terjadi karena adanya perbedaan densitas dari cairan logam. Densitas dari cairan logam (ρ) akan berkurang dengan meningkatnya temperatur (T). Karena sumber panas pada proses ini terletak pada tengah permukaan *weld pool*, maka logam cair yang lebih hangat terletak pada titik a dan yang lebih dingin adalah titik b. Titik b terletak pada batas daerah *weld pool*, di mana suhu pada titik tersebut adalah suhu terendah pada *weld pool*. Seperti yang terlihat pada gambar 2.4a, gaya gravitasi akan menyebabkan cairan yang lebih berat, yaitu pada titik b akan tenggelam. Akibatnya, cairan logam akan bergerak turun di sepanjang batas kolam dan naik tepat di bawah arc, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4b.



Gambar 2.4 Model arah aliran logam cair karena gaya Bouyancy (Welding Metalurgi, 2003)

- Gaya Lorentz

Sebagai contoh pada proses ini adalah penegasan TIG arus DC dengan elektroda negatif. Arus listrik dalam benda kerja akan bergerak menuju elektroda tungsten (tidak ditampilkan) dan arah alirannya akan menuju pusat permukaan kolam. Logam cair pada kolam ini akan terinduksi oleh medan magnet, dan mengakibatkan terbentuknya aliran ke arah bawah dan tengah dari kolam, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5a. dengan adanya aliran ini, logam cair akan bergerak ke bawah di sepanjang sumbu kolam dan naik di sepanjang batas kolam, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5b. Daerah pada permukaan kolam di mana terdapat aliran listrik di dalamnya dinamakan anoda. Semakin terpusat aliran dari anoda, maka semakin banyak aliran listrik yang terjadi pada benda kerja (melalui kolam las) dan dengan demikian semakin besar gaya Lorentz yang terbentuk untuk mendorong logam cair ke bawah.

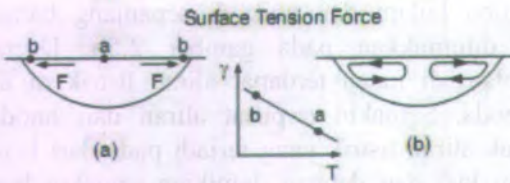


Gambar 2.5 Model arah aliran logam cair karena gaya Lorentz
(Welding Metalurgi, 2003)

- Tegangan Geser yang Dipengaruhi oleh Perbedaan Tegangan Permukaan

Dengan tidak adanya zat aktif pada permukaan, maka tegangan permukaan (γ) dari logam cair akan berkurang dengan meningkatnya temperatur (T), yaitu $\partial\gamma/\partial T < 0$. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6a, logam cair yang lebih hangat dengan tegangan permukaan yang lebih rendah pada titik a akan ditarik keluar oleh logam cair yang lebih dingin dengan tegangan

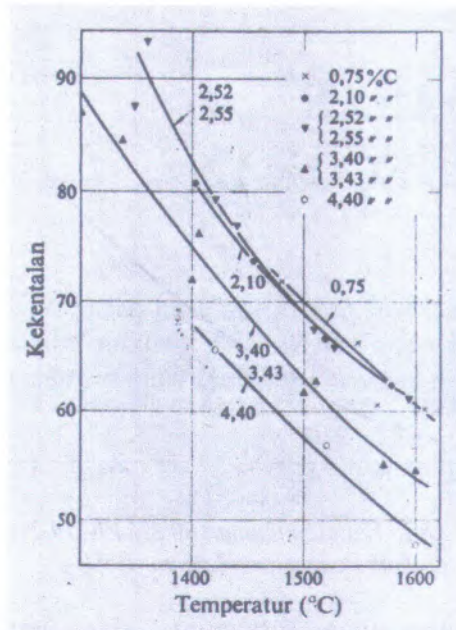
permukaan yang lebih tinggi di titik b. Dengan kata lain, tegangan geser ke arah luar dari kolam permukaan dipengaruhi oleh perbedaan tegangan permukaan di sepanjang kolam. Hal ini menyebabkan logam cair mengalir dari tengah permukaan kolam ke pinggir dan menuju ke bawah permukaan kolam, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6b. Tegangan permukaan yang didorong oleh terjadinya konveksi juga disebut *thermocapillary convection* atau *Marangoni convection*.



Gambar 2.6 Model arah aliran logam cair karena tegangan geser yang dipengaruhi oleh perbedaan tegangan permukaan (Welding Metalurgi, 2003)

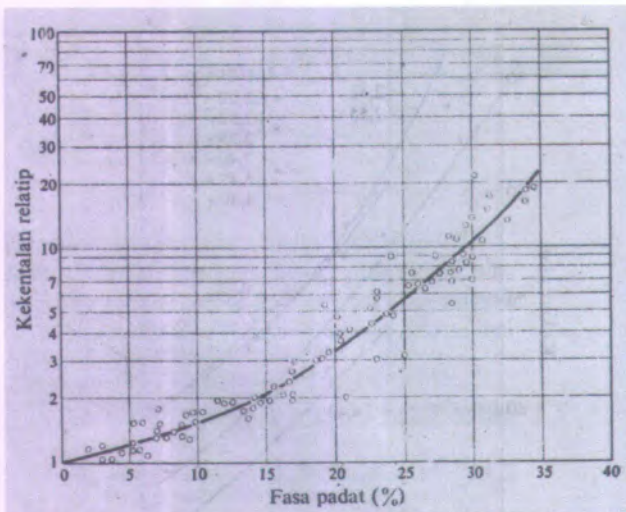
2.3 KEKENTALAN LOGAM CAIR

Kekentalan dari logam cair sangat tergantung oleh temperatur, dimana pada temperatur tinggi kekentalan menjadi lebih rendah, dan pada temperatur rendah kekentalan menjadi lebih tinggi. Gambar 2.7 menunjukkan hal tersebut, dimana harga-harga yang ditunjukkan, diukur pada keadaan dimana logam cair mencair secara sempurna. Harga kekentalan berubah sedemikian rupa sehingga harga maksimumnya adalah 2 sampai 3 kali harga minimum, sesuai dengan perubahan temperatur.



Gambar 2.7 Perubahan kekentalan besi cor
(Teknik Pengecoran Logam, 1994)

Jika logam didinginkan sehingga terbentuk inti-inti kristal, maka kekentalan bertambah sangat cepat, tergantung pada jumlah inti-intinya. Jika inti-inti kristal kurang dari 20% dalam volume, kekentalan akan bertambah berbanding lurus dengan jumlah inti kristal, sedangkan kalau inti-inti kristal lebih dari 30%, harga kekentalan sangat melonjak, dapat melebihi 10 kali harga asalnya. Gambar 2.8 menunjukkan hubungan tersebut. Oleh karena itu kekentalan yang tinggi menyebabkan logam sukar mengalir atau kehilangan mampu alir.



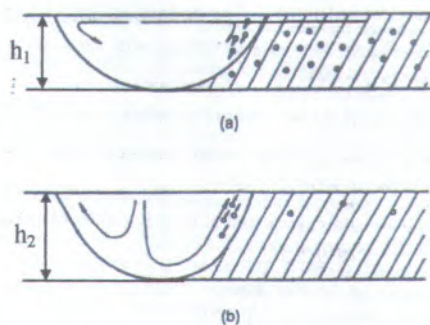
Gambar 2.8 Kekentalan paduan 80,8% Pb- 19,2% Sn
(Teknik Pengecoran Logam, 1994)

Kekentalan juga tergantung dari jenis logam. Beberapa logam menunjukkan kekentalan yang sama atau sedikit lebih rendah dari kekentalan air, seperti aluminium dan timah, dan yang lainnya mempunyai kekentalan yang lebih tinggi, seperti tembaga dan besi. Tetapi bagi setiap logam, harga koefisien kekentalan (kekentalan dibagi berat jenis), lebih kecil dari pada harga kekentalan kinetis air.

2.4 POROSITAS PADA PENGELASAN

Porositas disini sangat berhubungan dengan konveksi pada logam cair. Konveksi yang terjadi pada *weld pool* mempunyai keuntungan dan kekurangan yang sangat bertolak belakang. Di satu sisi konveksi sangat dibutuhkan mengaduk logam cair dan membentuk homogenitas pada logam las. Tapi di lain pihak, hal ini juga menyebabkan logam cair yang reaktif akan

mengalami kontak langsung dengan lingkungan pada permukaan weld metal. Kontak langsung ini akan menyebabkan terjadinya reaksi gas metal pada las-lasan. Gas yang terserap oleh logam cair pada *weld pool* ini dapat menyebabkan porositas setelah terjadi solidifikasi pada metal. Hal ini bisa terlihat dari gambar 2.9



Gambar 2.9 Skema pengaruh dari dua kemungkinan arah konveksi yang berbeda pada porositas las-lasan; $h_2 > h_1$
(Principles of Welding, 1999)

Kebanyakan gas mempunyai kelarutan rendah pada logam cair yang suhunya lebih rendah, dalam hal ini gas yang berbentuk gelembung, akan terbawa oleh aliran logam cair. Gelembung ini akan terbawa ke pinggiran *weld pool* dan setelah terjadi pembekuan logam, gelembung ini akan berubah menjadi porositas. Tergantung dari arah aliran konveksi, gelembung bisa terbawa ke bawah yang akhirnya akan terperangkap oleh logam las yang telah membeku, atau akan terbawa ke bagian permukaan *weld pool* yang akhirnya akan terbebas ke atmosfer. Arah aliran dari logam cair ini tergantung dari *shielding gas* yang digunakan pada pengelasan, seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya.

2.5 KOROSI PADA PENGELASAN

Kegagalan pada las-lasan, yang disebabkan oleh korosi, bisa saja terjadi walaupun pemilihan antara logam dasar dan *filler* telah dilakukan dengan benar, kode industri dan standar telah diikuti, serta bentuk dari las-lasan sudah tepat. Walaupun jarang ditemukan terkadang logam atau paduan yang tahan terhadap korosi pada lingkungan tertentu, juga bisa mengalami korosi, setelah mengalami pengelasan. Pengelasan ini bisa dilakukan dengan adanya penambahan *filler* ataupun tanpa penambahan *filler*. Namun terkadang terdapat juga kasus dimana logam yang telah di las menunjukkan sifat tahan korosinya, daripada logam dasarnya. Sehingga suatu ketahanan logam terhadap korosi setelah dilas sangat sukar untuk ditentukan, karena banyak sekali faktor yang mempengaruhinya. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Desain pengelasan
2. Teknik pembuatan
3. Urutan pengelasan
4. Adanya pengaruh dari kelembaban
5. Kontaminasi dari unsur kimia organik atau anorganik
6. Oksida dan ukuran dari oksida
7. Kotoran dari pengelasan dan *spatter*
8. Porositas
9. *Cracks (crevices)*
10. Tingginya tegangan sisa
11. Kesalahan pemilihan *filler* logam
12. Kurang tepatnya *finishing*

Siklus pemanasan dan pendinginan yang terjadi selama proses pengelasan akan berpengaruh pada struktur mikro dan komposisi dari permukaan logam yang di las serta logam dasar yang berdekatan. Daya tahan korosi dari logam yang akan dilas bisa didapatkan dengan cara pencocokan *filler* metal. Akan tetapi terkadang hal ini juga masih memiliki banyak kekurangan yang disebabkan oleh:

1. *Microsegregation*
2. Presipitasi dari tahapan kedua
3. Adanya pembentukan daerah yang tidak bisa menyatu
4. Rekristalisasi dan besar butir di HAZ
5. Penguapan unsur-unsur paduan dari logam cair
6. Kontaminasi dari solidifikasi logam cair

Pada saat kondisi pengelasan, ketahanan logam terhadap korosi biasanya dapat dipertahankan dengan menyeimbangkan komposisi paduan tertentu untuk mencegah timbulnya reaksi presipitasi, hal ini bisa dilakukan dengan cara melindungi logam cair dan permukaan base metal dari gas reaktif pada lingkungan pengelasan. Hal ini bisa dilakukan dengan penggunaan *shielding* gas pada pengelasan. Dengan menghilangkan lapisan kromium, cat dan juga pengotor pada permukaan yang akan dilas juga bisa mengurangi resiko korosi tersebut, serta dengan adanya pemilihan parameter pengelasan yang tepat.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

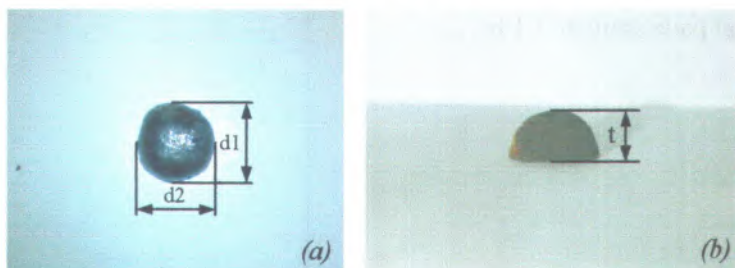
3.1 RANCANGAN PERCOBAAN

Rancangan percobaan merupakan gambaran umum tentang variabel-variabel yang diambil dalam penelitian yang diperkirakan akan mempengaruhi hasil dari parameter yang akan diamati. Pada percobaan ini, parameter yang divariasikan antara lain :

1. Gas pelindung (Ar 100%, 70% Ar-30% He, 70%Ar-30% CO₂)
2. Arus (40 A, 50 A, 60 A)
3. *Flow rate* (5 liter per menit, 15 liter per menit, 25 liter per menit)

Sedangkan parameter yang akan diamati adalah sebagai berikut :

1. Persentase perubahan dimensi logam hasil peleburan dalam hal ini adalah, luas proyeksi permukaan dan tebal spesimen. Jadi sebelum dilakukan peleburan spesimen diukur dimensinya yaitu tebal dan luas permukaan. Setelah dilakukan peleburan spesimen akan berubah bentuk dan diukur kembali dimensinya. Pengukuran dimensinya dapat dilihat pada gambar 3.1. berikut.



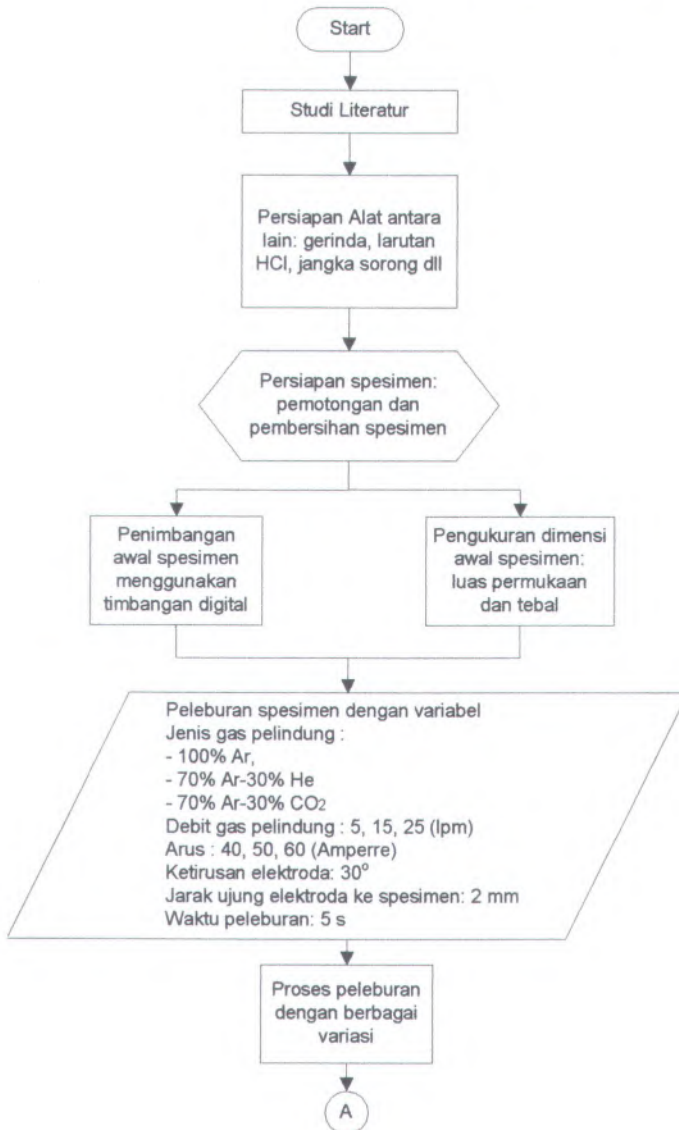
Gambar 3.1 Pengukuran dimensi dari hasil peleburan:
(a) luasan spesimen; (b) tebal spesimen

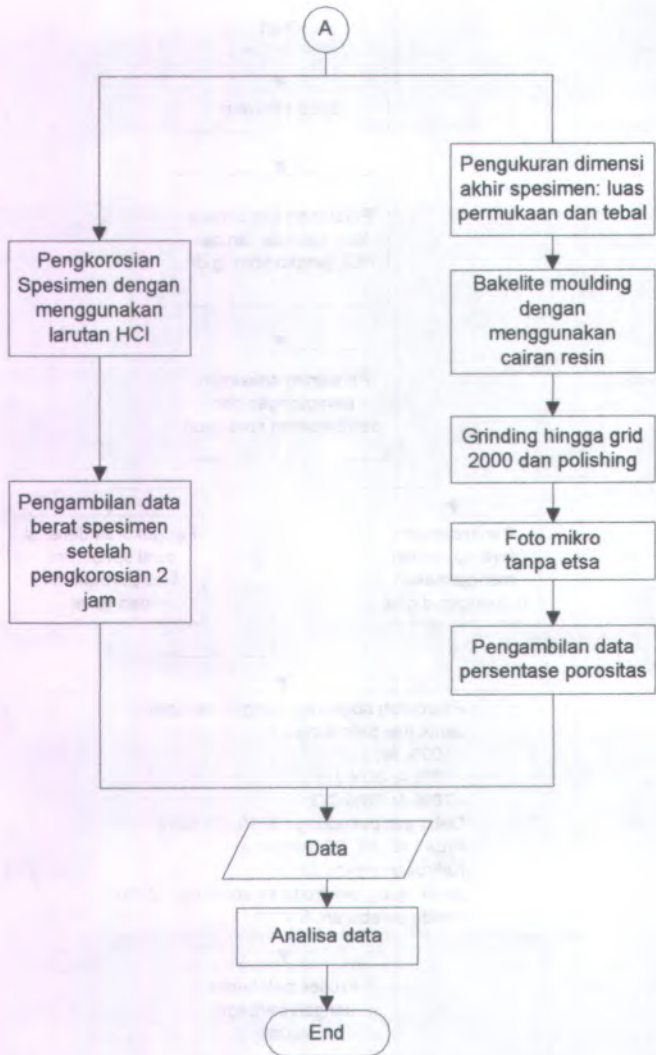
2. Persentase porositas dibandingkan dengan luasan logam peleburan. Pada parameter ini akan diukur luas dari permukaan logam lebur dan kemudian dilakukan foto mikro untuk mengukur luas porositasnya. Yang kemudian luasan keduanya akan dibandingkan.
3. Laju korosi, dalam hal ini adalah *weight loss* spesimen. Spesimen yang telah dileburkan akan dikorosikan pada larutan Hydrochloric Acid (HCl) yang kemudian akan diukur kehilangan beratnya, sehingga bisa didapatkan kecenderungan terhadap korosi.

Pada proses ini spesimen akan di lelehkan dengan menggunakan busur las. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil peleburan yang berupa logam peleburan keseluruhan. Sehingga dengan didapatkannya logam peleburan ini, akan memudahkan dalam proses penganalisaan data.

3.2 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Untuk dapat memperoleh hasil yang diharapkan, suatu penelitian memerlukan langkah-langkah yang sistematis atau lebih dikenal dengan diagram alir penelitian. Diagram alir percobaan ini juga akan memudahkan orang lain untuk memahami langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti saat melakukan percobaan. Prosedur pelaksanaan percobaan dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:





Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.2.1 PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

Peralatan dan bahan yang perlu disiapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Spesimen uji. Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah pelat baja Tipe ASTM A36 dengan tebal 5 mm.
- Gerinda duduk, gerinda tangan dan gerinda potong. Digunakan untuk memotong spesimen dan menghaluskan permukaan dan ujungnya sebelum peleburan, serta untuk membuat sudut pada ujung elektroda tungsten.
- Gergaji. Digunakan untuk memotong spesimen dan elektroda tungsten.
- Mesin las TIG. Digunakan untuk meleburkan spesimen.
- Mesin las semi-otomatis. Digunakan untuk mengontrol parameter-parameter peleburan.
- Larutan HCl. Digunakan untuk membersihkan spesimen dari korosi dan pengotor, sebelum dilakukan peleburan. Larutan ini juga digunakan untuk mengkorosikan spesimen.
- *Stop watch*. Digunakan untuk mengukur waktu peleburan.
- Jangka sorong, mistar, dan busur derajat. Digunakan untuk sebagai alat pengukur dalam persiapan elektroda tungsten.
- Resin serta *hardener*. Digunakan untuk membuat *bakelite moulding*.
- Kertas gosok grid 80–2000 dan kain wool serta bubuk alumina. Digunakan untuk persiapan bahan yang akan diambil foto mikro. Peralatan ini digunakan pada proses *grinding* dan *polishing*.
- Mikroskop optis yang dilengkapi foto mikro. Digunakan untuk mengambil foto mikro.
- Gelas kecil. Digunakan untuk wadah cairan pengkorosi, sekaligus tempat pengkorosian spesimen.

- Timbangan digital. Digunakan untuk mengukur kehilangan berat dari spesimen.

3.2.2 PERSIAPAN SPESIMEN

- Pembersihan permukaan plat spesimen dari korosi dengan menggunakan gerinda tangan.
- Dilakukan pemotongan pada spesimen ASTM A36 yang masih berupa plat lembaran. Pemotongan dilakukan dengan menggunakan gerinda potong. Dimensi pemotongan spesimen adalah 6,5 mm, spesimen berbentuk persegi.
- Spesimen hasil dari pemotongan dihaluskan dari sisa-sisa potongan dengan menggunakan gerinda duduk.
- Spesimen yang telah dibersihkan dari sisa-sisa potongan tersebut kemudian dibersihkan kembali dengan menggunakan larutan HCl. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan adanya korosi yang mungkin masih tersisa.
- Spesimen siap untuk dilebur.

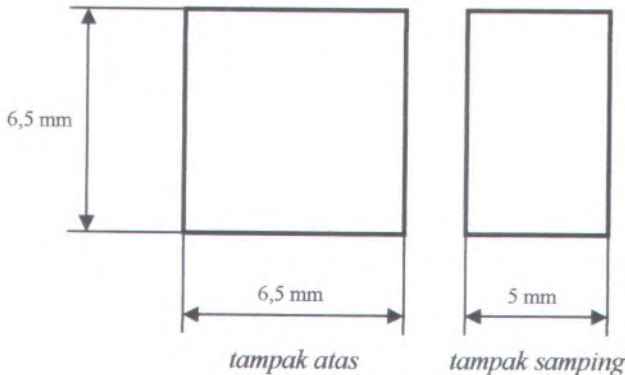
3.3 PELAKSANAAN PERCOBAAN

Proses peleburan dengan menggunakan torch GTAW, dilakukan dengan data-data pengaturan alat sebagai berikut:

1. Mesin Las : TIG HF
2. Polaritas : DCSP
3. Voltage : 20 V (tegangan maksimal yang dapat dicapai)
4. Ampere : 40 A, 50 A, 60 A
5. Gas Pelindung : Ar 100%, Ar 70%-He 30%, dan Ar 70%-CO₂ 30%
6. Debit : 5 lpm, 15 lpm, 25 lpm
7. Elektrode : Tungsten tipe EWTh-2
8. Diameter Elektrode : 2,4 mm

9. Ketirusan elektrode : 30°
10. Jarak elektrode dengan spesimen : 2 mm
11. Waktu peleburan : 5 detik
12. Panjang elektrode dari torch : 4 mm
13. Jenis Material : ASTM A36

Berikut adalah gambar dari dimensi dan bentuk dari spesimen yang akan dilakukan peleburan. Spesimen dilihat dari atas dan samping.



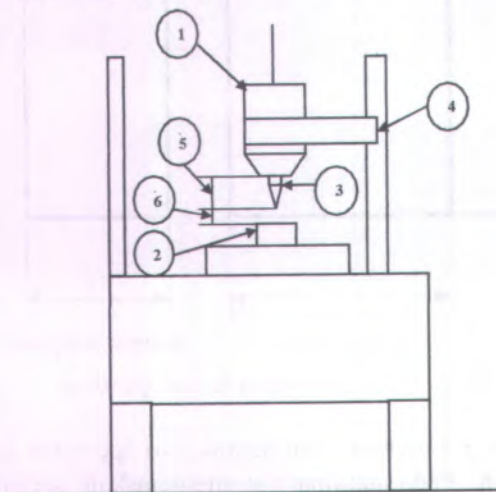
Gambar 3.3 Dimensi dan bentuk spesimen

Gambar 3.3 menjelaskan bentuk dari spesimen awal yang akan dileburkan. Pada gambar (a) menjelaskan spesimen dari pandangan atas sedangkan gambar (b) adalah spesimen dari pandangan samping. Sedangkan skema rangkaian peralatan yang digunakan pada proses peleburan ini dapat dilihat pada gambar 3.4.

Tahapan-tahapan dalam pelaksanaan percobaan adalah sebagai berikut:

1. Permukaan spesimen yang telah di potong, dibersihkan dari korosi dengan menggunakan larutan HCl. Cara

- pembersihan permukaan adalah dengan pencelupan selama 2 menit.
2. Spesimen diletakkan di dudukan mesin las otomatis, tepat berada di bawah torch GTAW.
 3. Mengatur panjang *stick out* elektroda sebesar 4 mm, dengan menggunakan jangka sorong.
 4. Mengatur jarak antar elektroda dengan spesimen sebesar 2 mm.
 5. Mengatur parameter pada mesin las seperti *flow rate*, arus dan waktu pemanasan.
 6. Pelaksanaan peleburan.



Gambar 3.4 Skema rangkaian peralatan peleburan logam

Keterangan:

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1. Nozzle torch | 4. Pemegang torch |
| 2. Spesimen | 5. Panjang <i>stick out</i> |
| 3. Elektroda tungsten | 6. Gap elektroda |

3.4 PENGAMBILAN DATA

Pada eksperimen terdapat beberapa data yang perlu diambil, antara lain data persentase perubahan dimensi logam, persentase porositas dan laju korosi dari spesimen. Untuk keterangan langkah-langkah tentang tata cara pengambilan data tersebut akan dijelaskan pada sub bab berikutnya.

3.4.1 PERSENTASE PERUBAHAN DIMENSI LOGAM

Tahapan-tahapan dalam pengambilan data persentase perubahan dimensi logam lebur adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan peleburan, spesimen di ukur luasan permukaan dan tebalnya, dimana bentuk proyeksi permukaan ini di asumsikan persegi.
2. Peleburan dengan berbagai variabel dari parameter peleburan yang telah ditentukan.
3. Setelah peleburan dilakukan, tebal dan luas proyeksi penampang spesimen diukur. Bentuk permukaan dari hasil lasan adalah lingkaran. Semua pengukuran dimensi menggunakan jangka sorong.
4. Penghitungan persentase perubahan dimensi manik las, dengan cara membandingkan dimensi spesimen akhir dan awal.
5. Pencatatan data pada lembar data.
6. Analisa data.

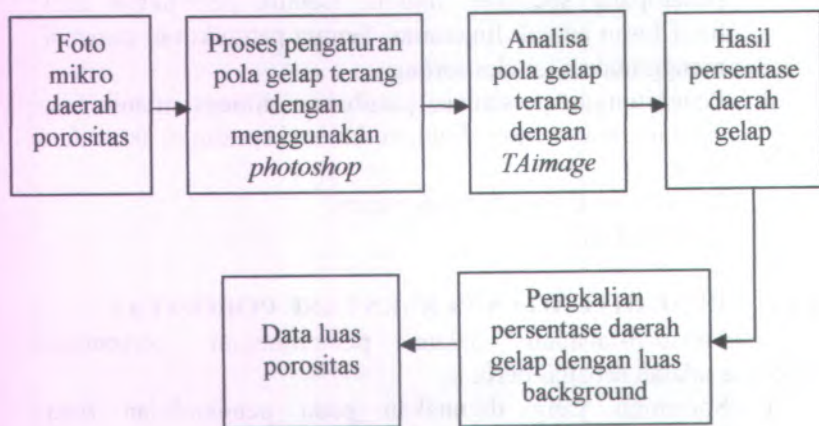
3.4.2 PENGHITUNGAN PERSENTASE POROSITAS

Tahapan-tahapan dalam penghitungan persentase porositas adalah sebagai berikut:

1. Spesimen yang digunakan pada pengambilan data porositas ini sama dengan spesimen yang digunakan pada pengambilan data perubahan dimensi.
2. Dilakukan *bakelite moulding* pada spesimen, dengan menggunakan cairan resin.

3. Proses *grinding* dan *polishing*, dengan menggunakan kertas gosok grid 80-2000, serta kain wool dan bubuk alumina.
4. Pengukuran luasan logam lebur yang di amati.
5. Pengukuran porositas yang terbentuk pada logam lasan, dengan menggunakan foto mikro tanpa etsa.
6. Penghitungan persentase perbandingan porositas terhadap luas logam peleburan yang diamati. Semua pengamatan ini dilakukan pada bagian atas dari logam peleburan.
7. Data yang diperoleh lalu dicatat di lembar data.
8. Analisa data.

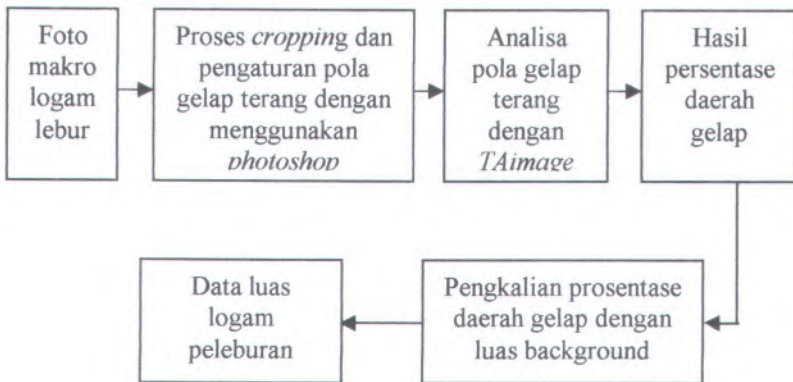
Pada proses penghitungan persentase porositas ini terdapat beberapa langkah yang memerlukan bantuan *software*, antara lain saat dilakukan pengukuran luas porositas serta luas dari logam peleburan. Skema pengambilan data porositas serta luas logam peleburan dapat dilihat pada gambar 3.5 dan 3.6.



Gambar 3.5 Alur pengambilan foto porositas

Dari gambar terlihat urutan pengambilan data porositas dari foto mikro yang telah didapatkan. Saat foto mikro daerah

porositas telah didapatkan akan dilakukan pengaturan pola gelap terang dengan menggunakan *software photoshop*. Kemudian gambar yang telah diolah dimasukkan ke dalam *software TAIMage* untuk di analisa daerah gelap dan terangnya. Daerah porositas akan dianggap sebagai daerah gelap pada *software* ini. Akan didapatkan persentase daerah gelap dan terang pada *software* ini. Nilai persentase daerah gelap akan dikalikan dengan luas dari gambar keseluruhan, sehingga akan didapatkan data luas porositas.



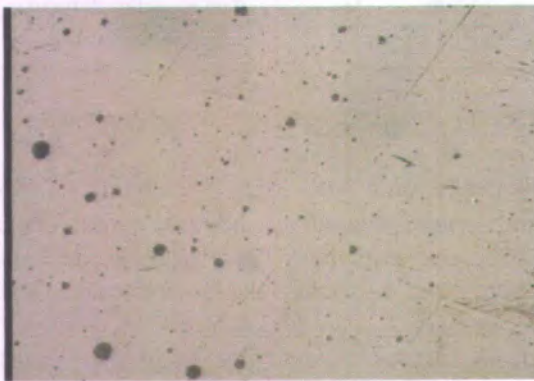
Gambar 3.6 Alur pengambilan foto logam peleburan

Untuk pengukuran luas logam peleburan, *software* dan langkah-langkah yang digunakan hampir sama dengan saat pengukuran data luas porositas. Pada pengukuran luas logam peleburan ini foto yang digunakan adalah foto makro dari logam peleburan yang kemudian akan dilakukan proses *cropping* dengan menggunakan *photoshop*. Setelah itu rangkaian proses sama dengan saat pengambilan data luas porositas. Pada gambar 3.7 berikut adalah salah satu contoh gambar logam peleburan yang akan dianalisa. Logam peleburan didapatkan pada pengelasan 50 A dengan menggunakan gas Ar-He, flow rate 15 lpm.



Gambar 3.7 Foto makro logam hasil peleburan 50 A, shielding gas Ar-He, 15 lpm

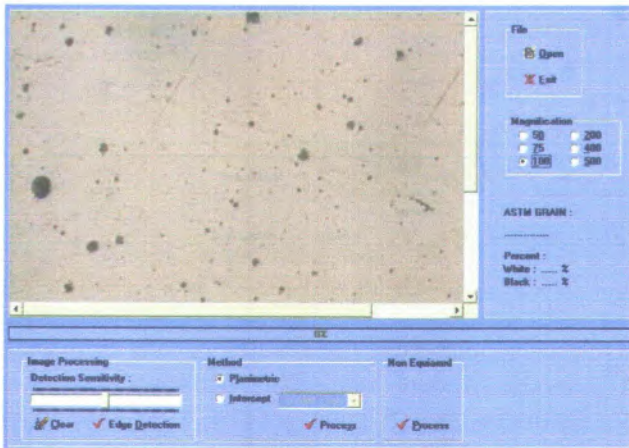
Berikut juga ditampilkan cara pengambilan data porositas dari gambar struktur mikro dengan menggunakan *software* untuk menunjukkan persentase gelap terangnya. Sebagai contoh adalah penentuan persentase porositas pada kondisi peleburan arus 50 A, flow rate 15 lpm gas pelindung Ar-CO₂.



Gambar 3.8 Foto mikro porositas pada permukaan spesimen

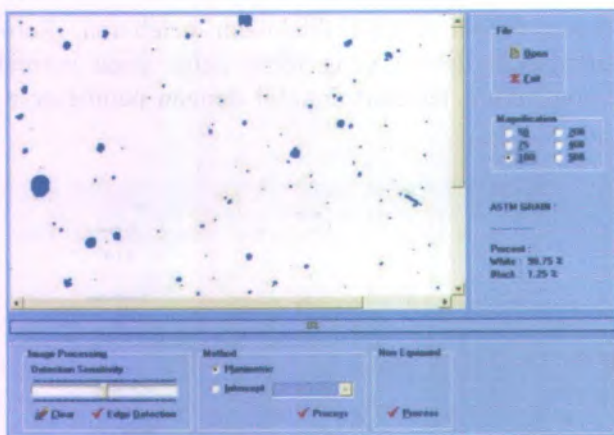
Gambar 3.8 merupakan foto mikro dari spesimen hasil peleburan, dimana pada spesimen tersebut terlihat adanya

porositas yang timbul setelah dilakukan peleburan. Porositas tersebut merupakan daerah yang lebih gelap pada permukaan spesimen. Foto mikro tersebut diambil dengan dengan pembesaran 100 kali.



Gambar 3.9 Foto mikro porositas setelah dimasukkan pada software TAIMage

Pada gambar 3.9 dapat dilihat proses pengolahan foto mikro porositas dengan menggunakan *software* TAIMage. Foto mikro porositas yang telah didapat akan dimasukkan ke dalam *software*. Kemudian dilakukan pengaturan pada sensitivitas pengukuran daerah gelap terangnya, dan dilakukan penyeragaman pengaturan semua variabel pada *software*.



Gambar 3.10 Hasil pengolahan software untuk menentukan porositas

Setelah dilakukan pengaturan variabel pada software akan dilakukan pemrosesan data foto. Dari pemrosesan data akan didapatkan gambaran seperti pada gambar 3.10. Daerah gelap akan berubah menjadi biru dan daerah terang menjadi putih. Sedangkan nilai dari kedua daerah tersebut dapat dilihat pada persentase warna hitam dan putihnya.

3.4.3 PENGAMBILAN DATA LAJU KOROSI

Tahapan-tahapan dalam pengambilan data laju korosi adalah sebagai berikut :

1. Penimbangan berat awal spesimen.
2. Peleburan spesimen dengan *setting* parameter yang telah ditetapkan.
3. Persiapan media korosi yaitu larutan HCl (Hidrochloric Acid) yang telah diletakkan pada gelas kecil. Kemudian spesimen di celupkan pada larutan tersebut.
4. Pengukuran berat dan kehilangan berat dengan menggunakan timbangan digital, yang dilakukan selama 2 jam pengkorosian.

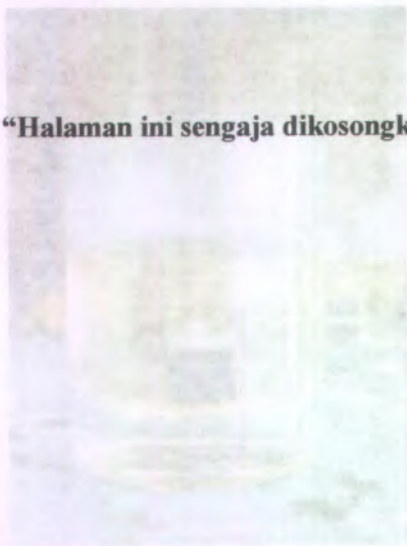
5. Penghitungan luas permukaan spesimen berdasarkan data perubahan dimensi spesimen.
6. Data yang diperoleh dicatat pada lembar data.
7. Analisa data.

Pada gambar 3.11 dapat dilihat proses pengkorosian logam hasil peleburan dengan menggunakan larutan HCl. Pengukuran data laju korosi dihitung berdasarkan pengkorosian pada 2 jam dan akan dibagi dengan luas permukaan kontak dengan larutan pengkorosi, sehingga akan didapatkan data laju korosi yang tidak terpengaruh oleh parameter waktu serta luasan.



Gambar 3.11 Proses pengkorosian logam peleburan

“Halaman ini sengaja dikosongkan“



BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan ditampilkan data hasil penelitian beserta variasi yang dilakukan dan parameter yang diamati sesuai dengan penjelasan pada bab sebelumnya. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan beberapa variasi penelitian, maka akan didapatkan beberapa data yang secara garis besar terdiri dari :

1. Persentase penambahan dimensi logam hasil peleburan
2. Persentase porositas dibandingkan dengan logam peleburan
3. Laju korosi

Dimensi yang di ukur adalah luas proyeksi permukaan logam peleburan serta tebal logam peleburan. Laju korosi di ukur dengan menggunakan data hilang berat dari spesimen setelah mengalami proses pencelupan pada larutan korosif (HCl) yang telah dibagi dengan waktu pengkorosian serta luasan, seperti yang telah di jelaskan pada bab sebelumnya. Berikut akan disajikan data yang telah diperoleh serta analisa data dan pembahasannya.

4.1 DATA PENELITIAN

Data pada penelitian ini akan di sajikan pada 3 tabel yaitu tabel 4.1, 4.2 dan 4.3. semua data diperoleh dari penelitian yang dilakukan berdasarkan pada langkah-langkah yang telah tertulis pada bab 3. Data-data tersebut diperoleh dengan cara pengamatan langsung maupun hasil pengolahan foto mikro dari porositas. Data yang diperoleh dengan cara pengamatan langsung antara lain data tentang laju korosi, luas permukaan dan tebal logam peleburan. Sedangkan data porositas diperoleh dengan cara mengolah foto mikro porositas kemudian diadakan pengukuran dari luas porositasnya dan terakhir dibandingkan dengan foto luas logam peleburan.

Masing-masing data akan dilakukan replikasi sebanyak 3 kali. Mengingat banyaknya data yang di dapatkan, maka pada

tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 di bawah ini akan ditampilkan data yang merupakan hasil rata-rata dari data yang telah diperoleh.

Tabel 4.1 menampilkan data tentang persentase pertambahan dimensi spesimen yang ditinjau dari luas dan tebal awal spesimen, dan luas proyeksi permukaan serta tebal spesimen setelah mengalami peleburan. Sedangkan variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu arus peleburan, *flow rate*, dan gas pelindung.

Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian Persentase Perubahan Dimensi Logam Peleburan

No.	Komposisi Gas Pelindung	Flow Rate	Awal (persesi)					Akhir (logtaran)			Persentase perubahan luas	Tebal Awal	Tebal Akhir	Persentase perubahan tebal	
			Arus	sisi 1	sisi 2	luas	d1	d2	rata-rata	luas					
1	100% Argon	5	40	6.7	6.1	40.87	8.15	8.4	8.275	53.802	31.642	5	5.2	4	
2			50	6.8	7	47.60	9.7	8.3	9	63.643	33.703	5	5.45	9	
3			60	6.2	6	37.20	7.8	8.8	8.3	54.128	45.505	5	5.25	5	
4		15	40	6.3	5.8	36.54	7.5	7.75	7.625	45.682	25.019	5	5.3	6	
5			50	6.4	6.95	44.48	8.5	8.9	8.7	59.471	33.702	5	5.3	6	
6			60	6.5	6.3	40.95	8.4	9.45	8.925	62.587	52.837	5	5.2	4	
7		25	40	6.9	5.95	41.06	7.6	8.3	7.95	49.659	20.958	5	5.25	5	
8			50	6.15	6.45	39.67	7.5	8.85	8.175	52.510	32.375	5	5.25	5	
9			60	6.65	6.45	42.89	8.55	9.3	8.925	62.587	45.915	5	5.35	7	
1		70% Argon - 30% CO ₂	5	40	6.7	6.9	46.23	10.7	11.7	11.2	98.560	113.195	5	4	-20
2				50	6.5	6.3	40.95	11.4	10.65	11.025	95.504	133.221	5	3.75	-25
3				60	6.2	5.3	32.86	10.3	10	10.15	80.946	146.337	5	3.35	-33
4	15		40	6.9	7	48.30	12.65	10.25	11.45	103.009	113.269	5	3.8	-24	
5			50	5.65	6.65	37.57	11.5	10.4	10.95	94.209	150.740	5	3.65	-27	
6			60	5.8	5.6	32.48	10.5	10.75	10.625	88.700	173.090	5	3.3	-34	
7	25		40	6.1	7	42.70	11.65	11.15	11.4	102.111	139.137	5	3.95	-21	
8			50	5.7	6.3	35.91	10	11.3	10.65	89.118	148.170	5	3.7	-26	
9			60	6.2	5.7	35.34	10.8	11.3	11.05	95.938	171.471	5	3.4	-32	
1	70% Argon - 30% He		5	40	6.4	6.9	44.16	8.1	9	8.55	57.438	30.067	5	5.15	3
2				50	5.9	7	41.30	8.5	10	9.25	67.228	62.779	5	5.3	6
3				60	6	5.5	33.00	8.2	8.45	8.325	54.454	65.013	5	5.2	4
4		15	40	6.5	6.9	44.85	8.9	8.15	8.525	57.102	27.318	5	5.1	2	
5			50	6.3	7	44.10	8.5	9.3	8.9	62.236	41.126	5	5.25	5	
6			60	5.9	5.2	30.68	7.65	9.6	8.625	58.450	90.514	5	5.1	2	
7		25	40	6.9	6.9	47.61	8.75	9	8.875	61.887	29.988	5	5.15	3	
8			50	6.6	6.6	43.56	8.55	9.3	8.925	62.587	43.679	5	5.2	4	
9			60	6	5.3	31.80	8.35	8.95	8.65	58.789	84.671	5	5.15	3	

Tabel 4.2 menunjukkan hasil persentase porositas yang terjadi. Data persentase porositas ini diperoleh dengan cara pengambilan foto mikro tanpa etsa dari spesimen, yang kemudian di masukkan ke dalam *software* pembeda gelap terang *TAimage*.

Persentase porositas ini dibandingkan dengan luas permukaan dari logam peleburan, yang telah diukur dengan pengukuran foto makro. Variabel yang digunakan yaitu arus peleburan, komposisi gas pelindung dan *flow rate* gas pelindung.

Tabel 4.2 Data Hasil Penelitian Persentase Porositas

No.	Komposisi Gas Pelindung	Flow Rate	Arus	Luas Weld Metal (mm ²)	Luas Porositas (mm ²)	Persentase porositas
1	100% Argon	5	40	31.2313	0.0056135	0.017974
2			50	33.6681	0.0066227	0.019671
3			60	34.9859	0.0089565	0.025600
4		15	40	28.8456	0.0075486	0.026169
5			50	29.1021	0.0111741	0.038396
6			60	30.2547	0.0102496	0.033878
7		25	40	24.1570	0.0072546	0.030031
8			50	24.1347	0.0104832	0.043436
9			60	26.3657	0.0113255	0.042955
1	70% Argon - 30% CO ₂	5	40	55.3157	0.1369487	0.247577
2			50	59.7596	0.1771827	0.296492
3			60	60.1685	0.2231649	0.370900
4		15	40	35.3679	0.0869966	0.245976
5			50	34.0695	0.0910541	0.267260
6			60	35.1267	0.1164213	0.331433
7		25	40	37.1569	0.0851359	0.229125
8			50	38.8864	0.0955443	0.245701
9			60	40.1535	0.1098546	0.273587
1	70% Argon - 30% He	5	40	31.5457	0.0314854	0.099809
2			50	33.8186	0.0397389	0.117506
3			60	35.1685	0.0451352	0.128340
4		15	40	18.2469	0.0178555	0.097855
5			50	19.8195	0.0209997	0.105955
6			60	23.2469	0.0275642	0.118572
7		25	40	26.1338	0.0216489	0.082839
8			50	28.9014	0.0199130	0.068900
9			60	24.1355	0.0210365	0.087160

Tabel 4.3 menunjukkan hasil laju korosi yang terjadi. Data laju korosi ini diperoleh dengan cara mengkorosikan spesimen yang telah dilas pada cairan pengkorosi yaitu cairan HCl. Laju korosi di dapatkan dari data pengurangan berat spesimen yang diukur setelah 2 jam pengkorosian. Nilai laju korosi didapatkan dengan membagi berat yang hilang dengan luas permukaan dan waktu pengkorosian. Variabel yang digunakan

pada pengambilan ini yaitu arus peleburan, *flow rate* gas pelindung dan komposisi gas pelindung.

Tabel 4.3 Data Hasil Penelitian Laju Korosi

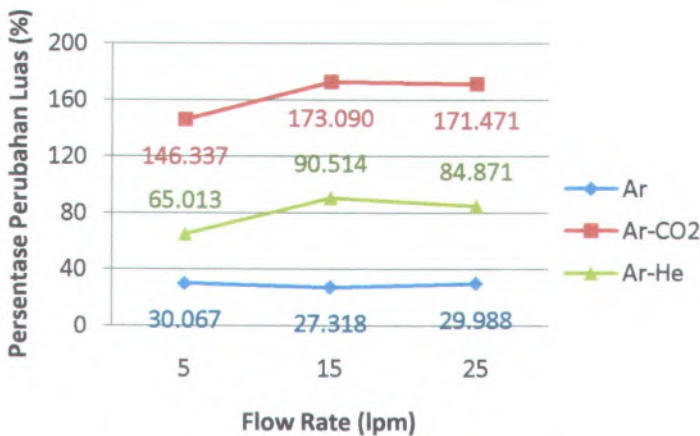
No.	Komposisi Gas Pelindung	Flow Rate	Arus	Weight Loss 2 jam (gram)	luas tembereng (mm ²)	laju korosi (gr/mm ² .jam)
1	100% Argon	5	40	0.065	185.323	0.000175
2			50	0.088	190.768	0.000231
3			60	0.108	160.105	0.000337
4		15	40	0.043	165.588	0.000130
5			50	0.078	201.368	0.000194
6			60	0.117	206.549	0.000283
7		25	40	0.055	230.565	0.000119
8			50	0.073	201.984	0.000181
9			60	0.092	209.988	0.000219
1	70% Argon - 30% CO ₂	5	40	0.103	190.181	0.000271
2			50	0.137	234.991	0.000292
3			60	0.167	196.984	0.000424
4		15	40	0.119	231.173	0.000257
5			50	0.132	230.080	0.000287
6			60	0.173	211.433	0.000408
7		25	40	0.097	190.029	0.000255
8			50	0.110	221.060	0.000249
9			60	0.177	227.999	0.000388
1	70% Argon - 30% He	5	40	0.109	235.243	0.000232
2			50	0.110	219.674	0.000250
3			60	0.120	170.956	0.000351
4		15	40	0.078	191.367	0.000204
5			50	0.082	190.887	0.000215
6			60	0.158	250.570	0.000315
7		25	40	0.059	203.755	0.000145
8			50	0.088	206.549	0.000213
9			60	0.120	210.478	0.000285

4.2 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.2.1 PERUBAHAN DIMENSI SPESIMEN

Pada sub berikut ini akan dibahas mengenai analisa data berdasarkan data yang diperoleh dan telah tersaji pada tabel 4.1 yaitu tentang perubahan dimensi spesimen setelah dilakukan peleburan. Untuk dapat membandingkan antara data perubahan luas proyeksi yang satu dengan yang lain maka digunakan persentase perubahan setiap spesimen yang diukur sebelum dan

setelah dilakukan peleburan. Hal ini dilakukan agar data perubahan luasannya sebanding antara spesimen satu dan yang lain, karena luasan awal dari masing-masing spesimen berbeda, serta bentuk awal dan akhir yang juga berbeda. Sebelum dilakukan peleburan bentuk luasan dari spesimen adalah persegi, sedangkan setelah dilakukan peleburan bentuk dari spesimen adalah lingkaran. Pada perubahan ketebalan juga dibandingkan antara ketebalan sebelum peleburan dan setelah peleburan. Tebal awal spesimen adalah 5 mm. Keterbatasan alat pada pembentukan spesimen awal juga mengakibatkan dimensi spesimen berbeda-beda, karena spesimen sangat kecil.

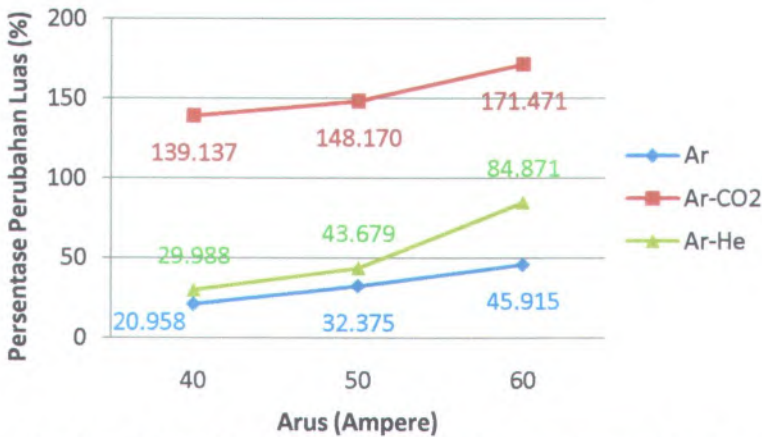


Gambar 4.1 Grafik pengaruh gas pelindung dan flow rate peleburan terhadap persentase perubahan luasan pada kondisi peleburan 60 A

Pada gambar 4.1 ditampilkan grafik hubungan antara penggunaan gas pelindung dan *flow rate* terhadap perubahan luas permukaan peleburan yang terjadi pada kondisi peleburan 60 A. Pada gambar tersebut terlihat bahwa semakin tinggi *flow rate*

yang digunakan persentase perubahan luas juga ikut meningkat akan tetapi perubahannya tidak terlalu signifikan. Pada penggunaan gas Ar tidak terjadi perubahan nilai yang signifikan. Terjadi kenaikan persentase saat *flow rate* 15 lpm, dari 146,3 persen ke 173 persen, dan kemudian penurunan pada *flow rate* 25 lpm senilai 171,4. Begitu juga pada penggunaan gas Ar-He, nilai persentase perubahan luasannya naik dari 65 persen ke 90,5 persen, dan akan turun pada *flow rate* 25 senilai 84,8. Dari gambar tersebut juga dapat terlihat bahwa penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ akan didapatkan persentase perubahan luasan yang paling tinggi diikuti oleh gas pelindung Ar-He dan Ar murni.

Pada penggunaan arus peleburan 40 dan 50 ampere, juga didapatkan grafik yang karakternya hampir sama. Perubahan *flow rate* tidak mengakibatkan perubahan luasan yang signifikan. Pada arus 40 ampere persentase perubahan luasan dari gas pelindung Ar dan Ar-He hampir berhimpit. Penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ akan mengakibatkan persentase perubahan luasan yang paling tinggi. Nilai persentase perubahan luasan tertinggi pada arus ini adalah 139,1 persen dan terjadi saat *flow rate* 25 lpm. Terjadi sedikit penyimpangan pada arus 50 ampere, *flow rate* 5 lpm, dimana nilainya terlalu tinggi, yaitu 62,7 persen. Untuk grafik persentase perubahan luasan pengaruh *flow rate* dengan arus 40 dan 50 ampere bisa dilihat pada lampiran A.1 dan A.2. Dari ketiga grafik tersebut dapat dilihat bahwa persentase perubahan luasan tertinggi adalah saat digunakan gas pelindung Ar-CO₂, diikuti oleh gas pelindung Ar-He dan Ar murni.

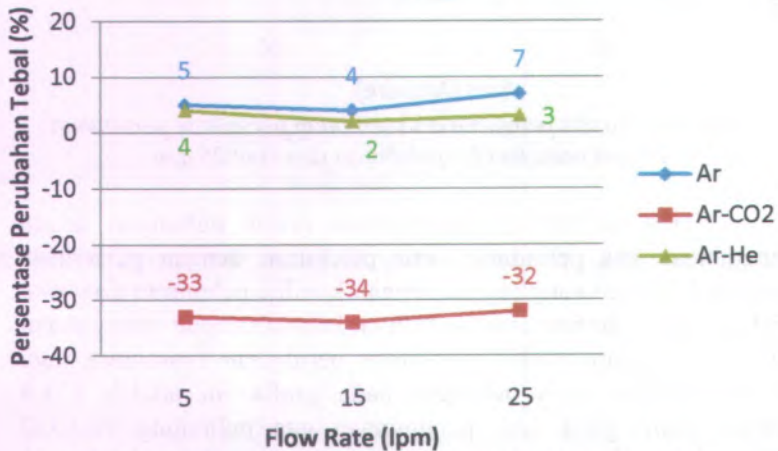


Gambar 4.2 Grafik pengaruh arus terhadap persentase perubahan luasan pada kondisi peleburan *flow rate* 25 lpm

Pada gambar 4.2 ditampilkan grafik hubungan antara penggunaan gas pelindung, arus peleburan dengan persentase perubahan luasan yang terjadi dengan kondisi peleburan *flow rate* 25 lpm. Dari gambar tersebut terlihat bahwa dengan penggunaan arus yang tinggi, maka persentase perubahan luasannya juga semakin tinggi. Nilai tertinggi pada grafik ini adalah 171,4 persen, yaitu pada saat penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ dengan arus 60 ampere, sedangkan nilai terendah adalah saat digunakan gas pelindung Ar dengan arus 40 ampere, yaitu 20,9 persen. Karakteristik grafik yang sama juga bisa dilihat pada saat peleburan dengan menggunakan *flow rate* peleburan 5 dan 15 lpm.

Pada grafik fungsi *flow rate* peleburan 5 lpm terjadi perubahan nilai yang tidak begitu signifikan saat digunakan gas pelindung Ar-He dari arus 50 ke 60 ampere, yaitu dari 62,7 ke 65 persen. Nilai persentase terendah pada grafik *flow rate* 5 lpm ini adalah 30 persen yaitu saat digunakan gas pelindung Ar-He

dengan arus 40 ampere. Nilai tertinggi tetap pada saat penggunaan gas Ar-CO₂ yaitu 146,3 persen dengan arus 60 ampere. Karakteristik grafik fungsi *flow rate* peleburan 15 lpm hampir sama dengan grafik fungsi *flow rate* 25 lpm, yaitu persentase perubahan luasan tertinggi adalah saat digunakan gas pelindung Ar-CO₂, diikuti oleh gas pelindung Ar-He dan Ar murni. Pada ketiga grafik ini secara umum terdapat peningkatan yang signifikan saat terjadi peningkatan arus. Untuk grafik persentase perubahan luasan fungsi arus dengan kondisi *flow rate* 5 dan 15 lpm bisa dilihat pada lampiran A.3 dan A.4.

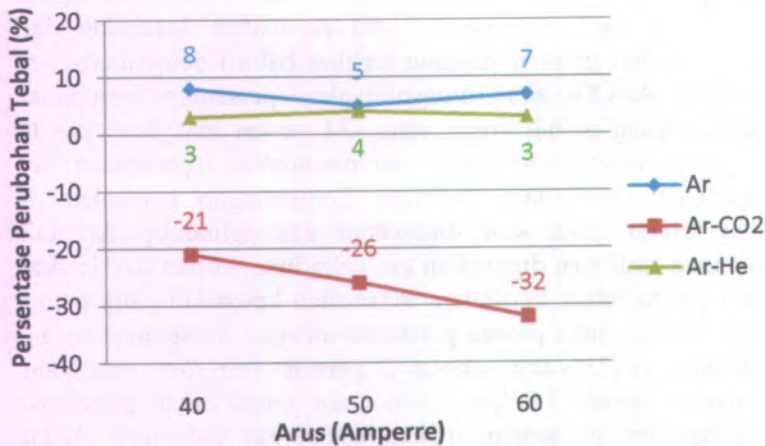


Gambar 4.3 Grafik pengaruh gas pelindung dan *flow rate* peleburan terhadap persentase perubahan ketebalan pada kondisi peleburan 60 A

Pada gambar 4.3 ditampilkan grafik hubungan antara penggunaan gas pelindung dan *flow rate* peleburan dengan perubahan ketebalan dari spesimen peleburan arus 60 ampere. Dengan adanya penambahan *flow rate* tidak terjadi perubahan yang signifikan pada perubahan ketebalannya. Nilai dari persentase perubahan ketebalan cenderung konstan. Nilai persentase perubahan gas pelindung Ar dan Ar-He hampir

berhimpit saat kondisi peleburan *flow rate* 5 lpm. Sedangkan penggunaan gas berpengaruh pada perubahan ketebalan dari spesimen. Dari gambar tersebut terlihat bahwa penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ akan mengakibatkan persentase perubahan ketebalan yang paling tinggi yaitu -34 persen saat *flow rate* 15 lpm. Nilai negatif pada grafik ini merupakan representasi dari pengurangan ketebalan spesimen. Pengurangan ketebalan ini hanya terjadi pada saat digunakan gas pelindung Ar-CO₂, sedangkan pada saat digunakan gas pelindung Ar dan Ar-He akan terjadi penambahan ketebalan. Perubahan ketebalan yang paling rendah adalah pada proses peleburan dengan menggunakan gas pelindung Ar-He yaitu sebesar 2 persen, saat *flow rate* yang digunakan adalah 15 lpm. Sementara untuk nilai persentase perubahan luasan dengan menggunakan gas pelindung Ar-He berada diantaranya.

Grafik persentase perubahan tebal fungsi *flow rate* dengan arus 40 dan 50 ampere mempunyai karakteristik yang sama dengan grafik arus 60 ampere. Tidak terjadi perubahan nilai yang signifikan pada pertambahan tebalnya seiring dengan adanya pertambahan *flow rate*. Semua nilai dari grafik persentase perubahan tebal tersebut hampir konstan. Pada grafik arus 50 ampere nilai persentase pertambahan tebal gas Ar dan Ar-He juga hampir berhimpitan. Nilai yang hampir berhimpit ini terjadi pada *flow rate* 15 dan 25 lpm. Kemudian pada grafik arus 40 ampere nilai yang berhimpitan adalah saat penggunaan gas pelindung Ar dan Ar-He saat *flow rate* 5 lpm. Pada grafik ini juga terdapat sedikit penurunan saat Ar-CO₂ digunakan sebagai gas pelindung. Penurunan ini terjadi saat *flow rate* 15 lpm yaitu senilai -24 persen. Dari ketiga grafik penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ akan menghasilkan perubahan ketebalan paling besar kemudian gas pelindung Ar dan yang paling rendah adalah gas Ar-He. Untuk grafik persentase perubahan ketebalan pengaruh *flow rate* dengan arus 40 dan 50 ampere bisa dilihat pada lampiran A.5 dan A.6.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh arus terhadap persentase perubahan ketebalan pada kondisi peleburan flow rate 25 lpm

Pada gambar 4.4 ditampilkan grafik hubungan antara penggunaan gas pelindung dan arus peleburan dengan perubahan ketebalan dari spesimen peleburan. Pada penggunaan gas pelindung Ar dan Ar-He adanya pertambahan arus juga tidak mengakibatkan perubahan ketebalan yang signifikan. Nilai persentase perubahan luasan saat penggunaan gas pelindung Ar dan Ar-He cenderung konstan. Perubahan ketebalan yang paling signifikan terjadi pada saat proses peleburan dengan menggunakan gas Ar-CO₂, dengan adanya pertambahan arus, maka perubahan ketebalan akan semakin tinggi. Nilai persentase perubahan tertinggi pada grafik ini adalah -32 persen yaitu saat digunakan gas pelindung Ar-CO₂ dengan Arus 60 ampere. Pada grafik persentase pertambahan ketebalan dengan flow rate 5 dan 15 lpm karakteristiknya sama dengan karakter pada flow rate 25 lpm. Dari ketiga grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ akan mengakibatkan persentase perubahan tebal yang paling tinggi, yang lebih tinggi

adalah gas Ar dan yang paling rendah adalah gas Ar-He. Untuk grafik persentase perubahan tebal fungsi *flow rate* dengan kondisi arus 5 dan 15 lpm bisa dilihat pada lampiran A.7 dan A.8.

Dari gambar 4.1 dan 4.2 dapat kita simpulkan bahwa dengan arus yang semakin tinggi maka persentase perubahan luasannya juga semakin tinggi. Selain itu gas pelindung yang digunakan ternyata juga memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan luasan. Penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ akan menghasilkan perubahan luasan yang paling besar diikuti oleh penggunaan gas pelindung Ar-He dan yang paling rendah yaitu gas pelindung Ar 100%. Sedangkan dari gambar 4.3 dan 4.4 perubahan ketebalan tidak dipengaruhi oleh *flow rate* maupun arus dari peleburan, tetapi hanya dipengaruhi oleh gas pelindung yang digunakan. Data secara lengkap mengenai beberapa variabel yang mempengaruhi temperatur peleburan dapat dilihat pada tabel 4.1.

4.2.1.1 PENGARUH GAS PELINDUNG PADA PERUBAHAN DIMENSI

Perubahan luas penampang pada proses peleburan secara umum dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain gaya bouyanci, konveksi karena adanya perbedaan tegangan permukaan serta fluiditas peleburan yang dipengaruhi oleh temperatur dari *arc blow*. Pada sub bab 2.2 telah dijelaskan dengan adanya aliran logam cair ini akan mengakibatkan adanya perubahan bentuk dari logam peleburan. Pada proses peleburan ini perubahan luasan logam peleburan lebih dipengaruhi oleh fluiditas dari cairan logam. Hal ini dikarenakan bentuk dari spesimen yang sangat kecil sehingga seluruh spesimen akan berubah menjadi logam peleburan sepenuhnya.

Pada sub bab 2.1.3 dijelaskan, pada proses peleburan, logam peleburan yang mempunyai penetrasi paling dalam dan sempit adalah saat digunakan shielding gas Ar-CO₂, sedangkan pada proses peleburan didapatkan logam peleburan dengan

shielding gas Ar-CO₂ mempunyai bentuk permukaan paling luas dan paling tipis. Begitu juga pada penggunaan shielding gas Ar dan Ar-He. Pada proses peleburan, dengan penggunaan gas Ar dan Ar-He seharusnya didapatkan logam peleburan yang lebar dan dangkal, sedangkan pada proses peleburan didapatkan hasil peleburan yang sempit dan tebal. Hal ini dikarenakan pada proses peleburan ini digunakan spesimen yang kecil sehingga akan didapatkan spesimen yang merupakan logam peleburan secara keseluruhan dan daerah HAZ serta tidak terdapat base metal pada proses ini. Sehingga arah aliran dari logam cair akan berubah bergantung dari perbedaan tegangan dan fluiditas logam cair yang terjadi, dan perubahan luasan ini tidak dipengaruhi oleh gaya buoyansi.

Pada penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ akan didapatkan logam peleburan yang paling luas dan tipis, hal ini dikarenakan gas pelindung Ar-CO₂ akan menghasilkan temperatur arc yang paling tinggi bila dibandingkan gas pelindung Ar dan Ar-He. Hal ini dikarenakan gas Ar-CO₂ mempunyai *specific heat* yang tinggi. Sehingga saat temperatur yang dihasilkan tinggi maka fluiditas logam cair akan semakin meningkat, logam cair akan cenderung mengalir ke arah samping dan gaya gravitasi akan menarik logam cair ke bawah. Hal ini akan mengakibatkan logam cair semakin luas dan tipis.

Temperatur yang dihasilkan pada penggunaan gas pelindung Ar dan Ar-He mempunyai nilai yang jauh lebih rendah dari pada Ar-CO₂. Gas Ar sendiri akan menghasilkan temperatur yang paling rendah. Pada campuran gas helium akan didapatkan nilai persentase perubahan luasan yang lebih tinggi dari pada Ar. Hal ini dikarenakan helium akan mempengaruhi bentuk busur las yang semakin mampat, sehingga temperatur yang dihasilkan juga akan semakin tinggi, tetapi kenaikan temperatur ini tidak lebih tinggi daripada kenaikan temperatur pada saat digunakan gas pelindung Ar-CO₂. Kenaikan temperatur pada busur las tersebut akan mencairkan logam lebur, sehingga fluiditas dari logam lebur

akan naik. Logam cair akan mengalir dari arah bagian atas menuju ke bawah spesimen. Hal ini dikarenakan oleh adanya perbedaan tegangan permukaan antara daerah bagian atas dan bawah spesimen, sedangkan tegangan permukaan di daerah bagian atas hampir seragam karena dimensi spesimen yang sangat kecil. Saat tegangan permukaan daerah atas lebih tinggi hal ini akan menyebabkan adanya aliran logam cair dari bagian atas ke bawah dari spesimen. Adanya aliran logam cair ini akan mengakibatkan terbentuknya logam cair yang hampir menyerupai bola. Jadi akan didapatkan logam hasil las yang luas permukaannya lebih sempit dan tebal daripada logam hasil peleburan dengan menggunakan gas pelindung Ar-CO₂. Pada penggunaan gas pelindung Ar prosesnya juga hampir sama dengan proses yang terjadi pada Ar-He, akan tetapi karena temperatur yang dihasilkan gas pelindung Ar lebih rendah daripada Ar-He, maka luasan yang terbentuk juga lebih rendah daripada Ar-He.

4.2.1.2 PENGARUH FLOW RATE PADA PERUBAHAN DIMENSI

Pada proses peleburan spesimen, perubahan luasan penampang ini tidak dipengaruhi oleh adanya kenaikan *flow rate* dari gas pelindung. Dengan adanya kenaikan *flow rate* nilai dari penambahan luasan logam peleburan cenderung konstan. Hal ini dikarenakan adanya kenaikan *flow rate* dari gas pelindung tidak berpengaruh pada kenaikan temperatur yang dihasilkan oleh busur lasnya. Penambahan *flow rate* ini hanya mempengaruhi stabilitas dari busur lasnya. Pada gas Ar nilai persentase penambahan luasan cenderung lebih stabil bila dibandingkan dengan gas pelindung Ar-He dan Ar-CO₂, hal ini dikarenakan gas Ar lebih berat dari partikel udara sehingga gas Ar akan membentuk selubung yang sempurna. Dengan adanya selubung yang baik ini akan menghasilkan busur las yang baik dan tidak terkontaminasi oleh udara luar.

Pada proses peleburan dengan menggunakan gas pelindung Ar-He dan Ar-CO₂ terdapat beberapa nilai yang agak menyimpang dari tren grafiknya. Gas helium dan CO₂ ini mempunyai berat yang hampir sama dengan udara lingkungan. Sehingga pada saat proses peleburan terdapat kemungkinan selubung gas ini tidak bisa sempurna menyelubungi busur las. Hal ini akan sangat jelas terlihat pada saat peleburan dengan menggunakan gas pelindung Ar-CO₂. Penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ pada proses peleburan ini akan menimbulkan adanya *spatter*. Sehingga perubahan luasan permukaannya tidak bisa konstan.

4.2.1.3 PENGARUH ARUS PADA PERUBAHAN DIMENSI

Adanya penambahan arus pada proses peleburan ini berpengaruh pada kenaikan nilai persentase perubahan luasan dari logam lebur. Dengan semakin bertambahnya arus maka persentase perubahan luasan juga akan semakin tinggi. Hal ini terjadi pada semua penggunaan gas pelindung. Dengan adanya pertambahan arus ini, maka jumlah elektron per satuan waktu yang menumbuk spesimen juga semakin banyak. Sehingga spesimen akan lebih banyak menerima panas. Kenaikan temperatur ini sekaligus akan mengakibatkan adanya kenaikan temperatur pada busur las dan hal ini akan mengakibatkan adanya peningkatan fluiditas dan perbedaan tegangan permukaan ada logam peleburan. Secara umum kenaikan arus juga akan menaikkan nilai persentase pertambahan luasannya.

Pada beberapa spesimen terjadi perubahan dimensi yang menyimpang, yaitu terjadi penambahan luas penampang serta ketebalannya. Hal ini terjadi pada beberapa spesimen peleburan dengan menggunakan gas pelindung Ar-He dan Ar murni. Pada spesimen ini selalu terjadi penambahan penampang tapi pada beberapa kasus, penambahan penampang ini juga disertai penambahan ketebalan, yang seharusnya akan menurun. Terjadinya fenomena ini dikarenakan oleh adanya *blow hole* pada

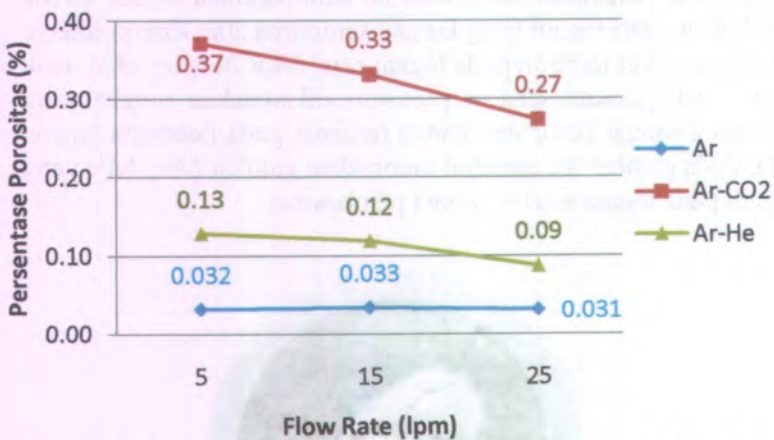
logam hasil peleburan. *Blow hole* ini kemungkinan terjadi karena pembekuan dari logam yang kurang sempurna atau karena adanya udara yang ikut terbawa pada logam cair. *Blow hole* tersebut tidak bisa di kategorikan sebagai porositas dikarenakan rongga yang terbentuk sangat besar dan hanya terdapat pada beberapa bagian saja. Pada gambar 4.5 tersebut merupakan gambar *blow hole* yang terjadi pada logam setelah terjadi pembekuan.



Gambar 4.5 *Blow hole* yang terjadi pada proses peleburan

4.2.2 POROSITAS PELEBURAN

Sub bab berikut ini akan membahas tentang adanya porositas yang terjadi pada logam peleburan, setelah dilakukan peleburan. Data tentang porositas ini telah disajikan pada tabel 4.2. Data porositas ini berupa persentase, yang didapatkan dari perbandingan antara luas dari porositas dan luas dari logam peleburan yang dianalisa. Dari tabel data 4.2 didapatkan grafik pengaruh penggunaan gas pelindung, *flow rate* serta arus peleburan terhadap persentase dari porositas yang terjadi. Hanya sebagian grafik yang ditampilkan disini, dan beberapa grafik yang lain akan ditampilkan pada lembar lampiran.

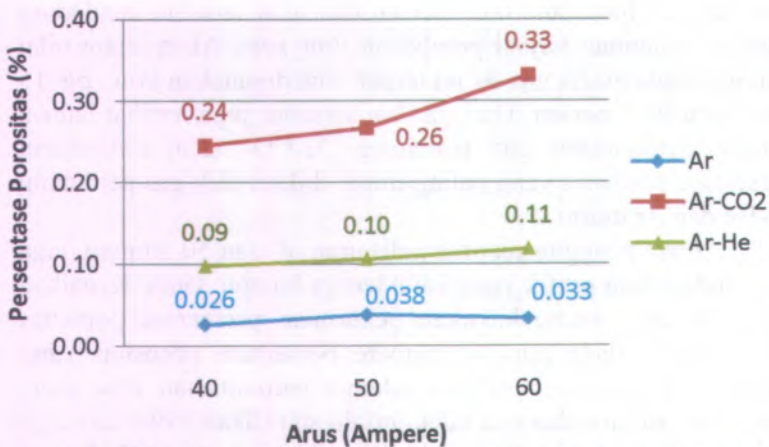


Gambar 4.6 Grafik pengaruh gas pelindung dan flow rate peleburan terhadap persentase porositas pada kondisi peleburan 60 A

Pada gambar 4.6 ditampilkan grafik hubungan antara penggunaan gas pelindung dan *flow rate* terhadap persentase porositas yang terjadi pada kondisi peleburan 60 A. Pada gambar tersebut terlihat bahwa dengan penggunaan semua jenis gas pelindung semakin tinggi *flow rate* yang digunakan persentase porositas akan semakin menurun akan tetapi pada saat penggunaan gas Ar terjadi perubahan yang tidak signifikan. Nilai persentase porositas pada grafik penggunaan gas pelindung Ar cenderung konstan. Pada grafik ini nilai persentase porositas tertinggi terjadi pada saat digunakan gas Ar-CO₂ sebagai gas pelindungnya yaitu 0,37 persen, nilai tersebut semakin turun dengan semakin bertambahnya *flow rate* sampai nilai persentase porositas mencapai 0,27. Pada saat digunakan gas Ar-He sebagai gas pelindung, nilai persentase porositas tertinggi adalah 0,12 persen, terjadi pada saat *flow rate* 5 lpm. Nilai tersebut akan turun hingga mencapai 0,08 persen pada saat *flow rate* 25 lpm. Nilai terendah pada grafik ini adalah saat digunakan gas Ar dengan

flow rate 25 lpm yaitu 0,03 persen dan nilai tersebut cenderung konstan walaupun terjadi perubahan *flow rate*. Akan tetapi nilai tertinggi pada grafik gas Ar ini terjadi saat digunakan *flow rate* 15 lpm yaitu 0,03 persen. Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa dengan penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ akan didapatkan persentase porositas yang paling tinggi diikuti oleh gas pelindung Ar-He dan Ar murni.

Pada penggunaan arus peleburan 40 dan 50 ampere, juga akan didapatkan grafik yang karakternya hampir sama. Kenaikan *flow rate* akan mengakibatkan penurunan persentase porositas yang terjadi. Pada arus 40 ampere persentase porositas yang terjadi akan menurun dengan adanya penambahan *flow rate*, walaupun pertambahannya tidak terlalu signifikan. Nilai tertinggi pada grafik ini terjadi pada saat digunakan gas Ar-CO₂ dengan *flow rate* 5 lpm yaitu 0,24 persen. Sedangkan nilai terendah terjadi saat digunakan gas Ar *flow rate* 25 lpm yaitu 0,025 persen. Pada grafik arus 50 ampere nilai tertinggi terjadi saat penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ dengan *flow rate* 5 lpm yaitu 0,29 persen dan nilainya akan menurun seiring dengan bertambahnya *flow rate*. Sedangkan nilai terendah terjadi saat digunakan gas pelindung Ar *flow rate* 25 lpm dengan nilai 0,035 persen. Terjadi sedikit penyimpangan pada grafik gas argon ini yaitu pada saat *flow rate* 15 lpm nilainya paling tinggi yaitu 0,038 persen. Untuk grafik persentase porositas pengaruh *flow rate* dengan arus 40 dan 50 ampere bisa dilihat pada lampiran B.1 dan B.2. Dari ketiga grafik tersebut dapat dilihat bahwa persentase porositas tertinggi adalah saat digunakan gas pelindung Ar-CO₂, diikuti oleh gas pelindung Ar-He dan Ar murni.



Gambar 4.7 Grafik pengaruh arus terhadap persentase porositas pada kondisi peleburan *flow rate* 15 lpm

Pada gambar 4.7 ditampilkan grafik hubungan antara penggunaan gas pelindung, arus peleburan dengan persentase porositas yang terjadi dengan kondisi peleburan *flow rate* 25 lpm. Dari gambar terlihat bahwa dengan penggunaan arus yang semakin tinggi, maka persentase porositasnya juga semakin tinggi. Nilai tertinggi pada grafik ini adalah 0,33 persen, yaitu pada saat penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ dengan arus 60 ampere, sedangkan nilai terendah adalah saat digunakan gas pelindung Ar dengan arus 40 ampere, yaitu 0,02 persen. Akan tetapi pada saat digunakan gas argon sebagai gas pelindung, terdapat sedikit penurunan nilai persentase, dari arus 50 ampere ke 60 ampere. Nilai persentasenya turun dari 0,038 persen ke 0,033 persen. Karakteristik grafik yang sama juga bisa dilihat pada saat peleburan dengan menggunakan *flow rate* peleburan 5 dan 25 lpm.

Pada grafik fungsi *flow rate* peleburan 5 lpm juga terjadi penurunan nilai persentase dari arus 50 ampere ke 60 ampere, dimana nilainya turun dari 0,36 persen ke 0,03 persen. Nilai

persentase terendah pada grafik *flow rate* 5 lpm ini adalah 0,02 persen yaitu saat digunakan gas pelindung Ar dengan arus 40 ampere. Nilai tertinggi tetap pada saat penggunaan gas Ar-CO₂ yaitu 0,37 persen dengan arus 60 ampere. Karakteristik grafik fungsi *flow rate* peleburan 5 lpm hampir sama dengan grafik fungsi *flow rate* 25 lpm, yaitu persentase porositas tertinggi adalah saat digunakan gas pelindung Ar-CO₂, diikuti oleh gas pelindung Ar-He dan Ar murni. Pada ketiga grafik ini secara umum terdapat peningkatan yang signifikan saat terjadi peningkatan arus. Untuk grafik persentase perubahan luasan fungsi *flow rate* dengan kondisi arus 5 dan 25 lpm bisa dilihat pada lampiran B.3 dan B.4.

4.2.2.1 PENGARUH GAS PELINDUNG PADA POROSITAS PELEBURAN

Terjadinya porositas pada proses peleburan ini dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain karena adanya aliran pada logam cair, dan juga penggunaan gas pelindung pada proses peleburannya. Proses terjadinya porositas ini adalah dampak lain dari adanya perubahan dimensi pada logam hasil peleburan. Sehingga analisa dari timbulnya porositas ini juga berhubungan dengan perubahan dimensi dari logam hasil peleburan. Dari grafik yang telah didapatkan persentase porositas yang terjadi pada penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ selalu paling tinggi. Hal ini dikarenakan aliran pada logam cair ini mengarah ke daerah tepi spesimen, sehingga aliran logam cair ini membawa partikel-partikel udara ke dalam logam cair. Saat logam cair tersebut membeku maka gelembung-gelembung tersebut akan terjebak di dalamnya. Luasan dari logam peleburan hasil peleburan dengan gas pelindung Ar-CO₂ paling besar, sehingga jumlah porositas yang terjebak di dalamnya juga semakin banyak. Pada penggunaan gas Ar-CO₂ juga terdapat kemungkinan bereaksinya gas O₂ dengan logam cair, sehingga hal ini juga akan memperbesar kemungkinan terjadinya porositas.

Nilai persentase yang terjadi pada saat peleburan dengan menggunakan gas Ar-He lebih kecil dari pada gas Ar-CO₂. Hal ini dikarenakan arah aliran dari logam cair menuju ke daerah bawah dari spesimen, sehingga kontak antara logam cair dengan udara luar lebih sedikit. Hal ini terbukti dari bentuk logam peleburan setelah membeku. Bentuk dari logam peleburan pada peleburan ini cenderung berbentuk tebal dan sempit. Kestabilan dari busur las Ar-He ini juga ikut berpengaruh pada terjadinya pembekuan yang sempurna sehingga porositas yang terjadi juga akan semakin sedikit.

Nilai persentase porositas yang paling kecil terjadi pada saat digunakan gas Ar sebagai gas pelindungnya. Proses aliran logam cair pada peleburan ini juga hampir sama dengan proses peleburan dengan menggunakan Ar-He. Bentuk logam peleburan yang dihasilkan cenderung berbentuk bola. Hal ini dikarenakan arah aliran dari logam cair adalah kebawah, sehingga area kontak antara logam cair dan udara luar kecil. Dengan adanya aliran ini maka udara yang terjebak pada logam cair akan semakin sedikit. Nilai porositas pada gas Ar ini paling kecil juga dipengaruhi oleh berat jenis dari gas Ar sendiri. Dari sub bab 2.1.3 telah dijelaskan bahwa Argon lebih berat daripada udara, sehingga gas ini akan membentuk lapisan pelindung yang baik antara logam peleburan dan udara pada atmosfer. Dengan semakin baiknya gas pelindung ini maka persentase porositas pada logam lebur juga akan semakin sedikit. Jadi secara umum persentase porositas tertinggi terjadi pada saat digunakan gas Ar-CO₂, diikuti oleh gas Ar-He, dan yang paling rendah adalah pada saat digunakan gas pelindung Ar.

4.2.2.2 PENGARUH FLOW RATE PADA POROSITAS PELEBURAN

Secara umum, dari seluruh proses peleburan, dengan adanya kenaikan *flow rate* maka nilai dari persentase porositas akan menurun. Dengan semakin tingginya *flow rate* maka jumlah

debit dari gas pelindung yang dikeluarkan juga semakin banyak. Sehingga semakin banyak partikel gas pelindung yang menyelubungi busur las yang terjadi. Saat kerapatan dari partikel-partikel gas selubung ini semakin tinggi maka kontaminasi dari udara luar bisa di minimalisir. Hal ini memberikan dampak yang baik bagi hasil logam lebur, karena dengan semakin sedikitnya udara yang mengkontaminasi busur las, maka porositas yang terjadi juga semakin sedikit. Dengan kata lain, saat debit dari aliran gas selubung naik maka pembentukan gas selubung busur las akan semakin sempurna. Seperti bisa dilihat pada gambar 4.8 dimana nilai persentase porositas akan semakin turun seiring dengan bertambahnya *flow rate*.

Akan tetapi terdapat sedikit penyimpangan pada saat peleburan dengan menggunakan gas pelindung Ar. Pada arus 50 dan 60 ampere, untuk nilai persentase porositas saat 15 lpm justru mengalami sedikit kenaikan. Hal ini kemungkinan dikarenakan oleh kurangnya ketelitian pengukuran luasan dari logam peleburan atau porositasnya. Sehingga dengan adanya sedikit penyimpangan, bisa menimbulkan perubahan nilai pada grafiknya, karena karakteristik dari penurunan nilai persentasenya memang tidak terlalu signifikan bila dibandingkan dengan persentase porositas gas Ar-He dan Ar-CO₂.

4.2.2.3 PENGARUH ARUS PADA POROSITAS PELEBURAN

Dari analisa sebelumnya telah dijelaskan bahwa dengan adanya penambahan arus pada proses peleburan akan mengakibatkan adanya peningkatan temperatur pada busur las yang terjadi. Kenaikan temperatur ini akan berakibat pada peningkatan fluiditas dari logam cair. Saat fluiditas dari logam cair semakin meningkat maka kemungkinan adanya reaksi antar logam cair dengan lingkungan akan semakin besar. Walaupun sudah terdapat selubung gas yang melindungi logam peleburan dari kontaminasi udara luar, masih terdapat udara yang

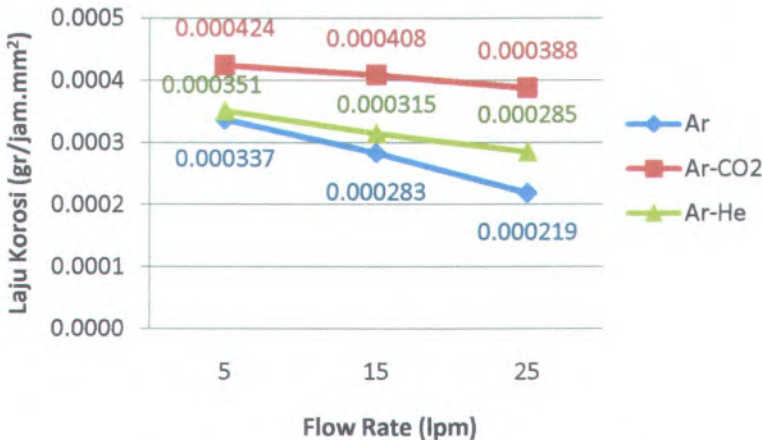
kemungkinan justru terjebak pada selubung gas. Juga terdapat kemungkinan adanya udara yang masuk terbawa oleh aliran gas selubung. Jadi udara tersebut akan bereaksi dengan logam cair dan menimbulkan efek porositas setelah terjadi pembekuan. Peningkatan fluiditas ini kemungkinan juga akan menimbulkan adanya reaksi antara partikel gas dengan logam cair.

Secara umum nilai dari persentase porositas akan naik seiring dengan adanya kenaikan arus dari peleburan. Akan tetapi pada peleburan dengan menggunakan gas Ar dan Ar-He terdapat beberapa nilai yang menyimpang. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya ketidak stabilan arus yang keluar saat pengesetan alat sehingga akan mengakibatkan adanya perbedaan temperatur pada busur las. Perbedaan inilah yang mengakibatkan adanya penyimpangan nilai porositas pada logam cair.

4.2.3 LAJU KOROSI PADA PELEBURAN

Pada sub bab ini akan disajikan data laju korosi dari logam setelah dilakukan peleburan. Laju korosi yang akan diteliti pada sub bab ini berupa terjadinya proses kehilangan berat dari logam yang telah di leburkan. Data kehilangan berat tersebut akan dibagi dengan waktu pengkorosia serta luasan tembereng dari spesimen. Hal ini dilakukan agar nilai dari laju korosi tersebut tidak terpengaruh oleh adanya perbedaan luasan kontak serta waktu. Metode dari pengkorosian sendiri adalah dengan cara pencelupan logam pada cairan pengkorosi yang pada pengamatan berikut menggunakan larutan HCl. Pencelupan dilakukan selama 2 jam. pada Spesimen akan ditimbang beratnya dengan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian hingga 0.001 mg. Data tentang laju korosi tersebut disajikan pada tabel 4.3. Pada tabel terdapat 3 kolom besar dimana kolom tersebut berisi tentang data *weight loss*, luas tembereng serta laju korosi dari spesimen. Grafik pada sub bab ini akan diperoleh dari nilai-nilai persentase pada tabel.

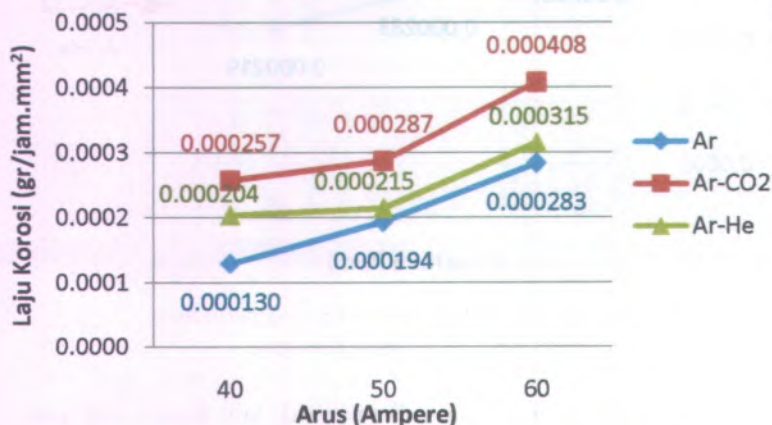
Dari tabel data 4.3 didapatkan grafik pengaruh penggunaan gas pelindung, *flow rate* serta arus peleburan terhadap laju korosi dari spesimen. Pada analisa ini grafik yang ditampilkan hanya sebagian dari grafik keseluruhan, dan grafik yang lain akan ditampilkan pada lembar lampiran C.1 sampai C.4.



Gambar 4.8 Grafik laju korosi tiap gas pelindung pada arus 60 A fungsi *flow rate*

Pada gambar 4.8 ditampilkan grafik laju korosi tiap gas pada arus peleburan 60 ampere fungsi *flow rate*. Dari gambar 4.8 terlihat bahwa dengan adanya kenaikan *flow rate* maka nilai laju korosi akan semakin menurun. Persentase akhir tertinggi terjadi saat penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ yaitu 0,000424 gr/jam.mm² dan akan turun hingga mencapai nilai 0,000388 gr/jam.mm². Kemudian diikuti oleh gas Ar-He dan nilai persentase terendah adalah saat digunakan gas pelindung Ar murni dimana nilai persentasenya adalah 0,000337 gr/jam.mm² sampai 0,000219 gr/jam.mm².

Kecenderungan letak kurva penggunaan gas pelindung serta penurunannya juga terjadi saat digunakan arus peleburan 40 dan 50 ampere, walaupun perubahannya tidak terlalu signifikan. Nilai laju korosi tertinggi terjadi saat digunakan gas pelindung Ar-CO₂ diikuti oleh Ar-He dan yang terendah adalah gas pelindung Ar murni. Jadi secara garis besar ketiga grafik tersebut mempunyai kecenderungan yang sama, yaitu nilai laju korosi tertinggi terjadi saat kurva Ar-CO₂ diikuti Ar-He dan yang terendah adalah Ar murni. Untuk kurva 40 dan 50 ampere bisa dilihat pada lampiran C.1 dan C.2.



Gambar 4.9 Grafik laju korosi tiap gas pelindung pada flow rate 15 lpm fungsi arus

Gambar 4.9 diatas menampilkan grafik laju korosi tiap gas pelindung pada flow rate 15 lpm dengan fungsi arus peleburan. Dari grafik tersebut terlihat bahwa dengan adanya penambahan arus peleburan maka nilai laju korosi akan semakin meningkat. Kecenderungan dari letak kurva pada grafik ini juga hampir sama dengan grafik-grafik sebelumnya, yaitu nilai laju korosi tertinggi terjadi saat digunakan gas pelindung Ar-CO₂

diikuti oleh gas pelindung Ar-He, dan yang terendah adalah gas pelindung Ar murni. Dari grafik terlihat nilai tertinggi terjadi pada kurva Ar-CO₂ dengan arus 60 ampere dimana nilainya adalah 0,000408 gr/jam.mm², sedangkan nilai terendahnya terjadi pada saat kurva Ar dengan arus 40 ampere dimana nilainya adalah 0,00013 gr/jam.mm².

Kecenderungan ini juga terjadi saat *flow rate* yang dipakai adalah 5 dan 25 lpm. Nilai dari persentase akan meningkat seiring dengan adanya peningkatan arus. Sedangkan letak dari kurva cenderung sama, kurva tertinggi adalah saat penggunaan gas Ar-CO₂, kemudian Ar-He, dan yang terendah adalah Ar murni. Untuk grafik laju korosi fungsi *flow rate* 5 dan 25 lpm bisa dilihat pada lampiran C.3 dan C.4.

4.2.3.1 PENGARUH GAS PELINDUNG PADA LAJU KOROSI

Terjadinya korosi pada suatu logam lebur sebenarnya dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti yang telah dijabarkan pada sub bab 2.5. Salah satu faktor yang berpengaruh dan akan di analisa pada penelitian ini adalah porositas. Pada proses korosi ini adanya porositas akan mempercepat terjadinya korosi dari suatu logam peleburan. Dengan adanya porositas pada suatu permukaan maka beda potensial antara daerah yang terdapat porositas dengan daerah yang tidak terdapat porositas akan semakin besar. Adanya lubang-lubang porositas ini secara tidak langsung juga akan memperbesar luas permukaan kontak antara logam lebur dengan larutan pengkorosi, dalam hal ini adalah larutan HCl. Sehingga dengan meningkatnya persentase porositas maka laju korosi yang terjadi juga akan semakin meningkat.

Penggunaan gas pelindung sendiri juga akan berpengaruh pada laju korosi, karena penggunaan gas pelindung juga akan mempengaruhi proses terjadinya porositas. Pada saat digunakan gas pelindung Ar-CO₂, nilai persentase porositas yang terjadi paling tinggi sehingga laju korosi yang terjadi juga tinggi. Nilai

laju korosi yang lebih rendah terjadi saat digunakan gas pelindung Ar-He, hal ini dikarenakan porositas yang terjadi pada logam hasil peleburan ini lebih rendah bila dibandingkan dengan gas pelindung Ar-CO₂. Nilai laju korosi yang paling rendah adalah pada saat digunakan gas pelindung Ar, karena nilai porositas yang terjadi juga paling rendah.

4.2.3.2 PENGARUH FLOW RATE PADA LAJU KOROSI

Flow rate gas pelindung disini berguna sebagai pelindung logam yang akan dileburkan agar tidak terkontaminasi oleh adanya pengotor dan mengurangi timbulnya porositas pada logam peleburan. Dengan adanya kenaikan *flow rate* maka kepadatan dari gas pelindung juga semakin meningkat, sehingga udara luar semakin sulit untuk menembus gas pelindung. Hal ini akan menimbulkan jumlah porositas yang berpengaruh pada laju korosi juga semakin berkurang. Maka dengan adanya peningkatan *flow rate* dari gas pelindung ini, laju korosi yang terjadi pada logam lebur akan semakin berkurang. Dengan semakin tingginya *flow rate* maka jumlah debit dari gas pelindung yang dikeluarkan juga semakin banyak. Partikel-partikel gas tersebut akan semakin sempurna dalam menyelubungi logam peleburan, sehingga ini memberikan dampak yang baik bagi hasil logam lebur. Dengan semakin sedikitnya udara yang mengkontaminasi busur las, maka porositas yang terjadi juga semakin sedikit dan laju korosinya juga semakin lambat. Seperti bisa dilihat pada gambar 4.9 dimana nilai persentase laju korosi akan semakin turun seiring dengan bertambahnya *flow rate*.

4.2.3.3 PENGARUH ARUS PADA LAJU KOROSI

Dari gambar 4.10 terlihat dengan adanya peningkatan arus maka nilai laju korosi juga akan semakin naik. Kenaikan ini terjadi pada setiap variasi gas yang digunakan. Dengan adanya kenaikan arus maka porositas yang terjadi pada spesimen akan semakin naik, hal ini akan menaikkan nilai laju korosi dari

spesimen. Dengan naiknya arus dari peleburan maka temperatur yang dihasilkan oleh *arc* juga semakin naik, sehingga fluiditas dari logam cair semakin naik. Saat fluiditas dari logam cair naik maka kemampuan logam cair untuk bereaksi dengan udara luar juga akan semakin naik, sehingga porositas yang terjadi juga semakin banyak. Seperti yang telah diketahui bahwa dengan naiknya nilai porositas, maka laju korosi akan meningkat. Jadi dengan semakin tingginya arus peleburan maka nilai laju korosi juga akan semakin tinggi.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah dilakukan eksperimen, pengambilan serta analisa data, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan dari penelitian tugas akhir sebagai berikut :

1. Penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ menghasilkan luas permukaan logam yang paling besar bila dibandingkan dengan gas pelindung Ar-He dan Argon murni. Persentase perubahan luas terbesar terjadi saat penggunaan gas pelindung Ar-CO₂, arus 60 A dan flow rate pengelasan 15 lpm dimana nilainya adalah 173 persen. Persentase perubahan luas terkecil terjadi saat penggunaan gas pelindung Argon murni, arus 40 A, dan flow rate 5 lpm dimana nilainya adalah 21 persen.
2. Penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ akan mengakibatkan terjadinya persentase porositas paling besar bila dibandingkan dengan penggunaan gas pelindung yang lain yakni Ar-He dan Argon murni. Persentase porositas tertinggi terjadi saat penggunaan gas pelindung Ar-CO₂, arus 60 A dan flow rate 25 lpm yaitu 0,37 persen. Sedangkan persentase porositas terendah terjadi saat penggunaan gas pelindung Argon murni, arus 40 A dan flow rate 5 lpm yaitu 0,25 persen.
3. Laju korosi pada proses peleburan ini sangat dipengaruhi oleh persentase porositas yang terjadi pada spesimen peleburan. Persentase laju korosi terbesar terjadi saat penggunaan gas pelindung Ar-CO₂, arus 60 A dan flow rate 5 lpm yaitu 0,000424 gr/jam.mm². Sedangkan persentase laju korosi terendah terjadi saat penggunaan gas pelindung Argon murni, arus 40 A dan flow rate 25 lpm yaitu sebesar 0,00013 gr/jam.mm².

4. Secara umum penggunaan gas pelindung Ar-CO₂ akan mengakibatkan terbentuknya luas permukaan logam peleburan, persentase porositas dan laju korosi paling besar dan penggunaan gas Argon murni akan menyebabkan terbentuknya luas permukaan logam peleburan, persentase porositas dan laju korosi paling kecil.

5.2 SARAN

Pada penelitian ini hanya diamati beberapa pengaruh dari parameter pengelasan pada pengelasan TIG seperti gas pelindung, arus, dan flow rate pengelasan terhadap perubahan luas, porositas, dan laju korosi yang dalam hal ini merupakan pengurangan berat spesimen. Pada penelitian selanjutnya diharapkan akan diperoleh analisa mengenai pengaruh beberapa parameter diatas terhadap benda kerja yang digunakan baik mengenai sifat mekanik hasil las-lasan maupun kemungkinan adanya cacat pengelasan, serta kemungkinan adanya perubahan struktur mikro yang terjadi.

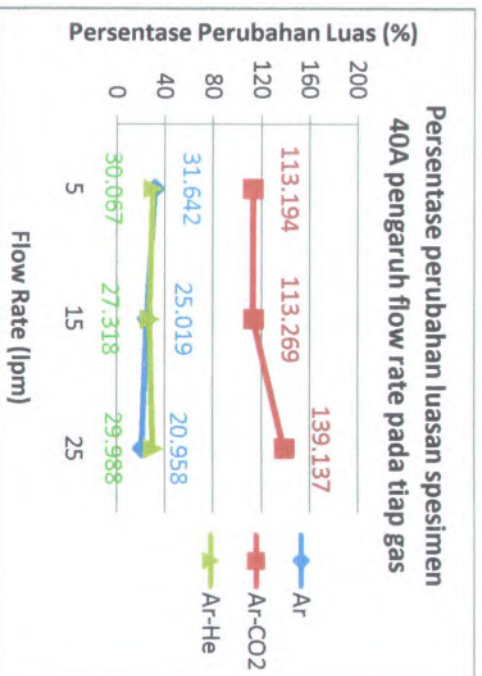
DAFTAR PUSTAKA

1. Jackson, Clarence E., *Welding Journal*, Welding Research Council, 1960
2. Kou, Sindo, *Welding Metalurgi*, USA: John Wiley and Sons, Inc, 2003
3. Liang, Guoli dan Shaoqiang Yuan, *Study on the Temperature Measurement of AZ31B Magnesium Alloyin Gas Tungsten Arc Welding*. Departemen of Electromechanical Engineering, Tanshan College, China. 2007
4. Lu, Shanping, Hidetoshi Fuji dan Kiyoshi Nogi, *Influence of Welding Parameters and Shielding Gas Composition on GTA Weld Shape Journal*, 2004
5. Messler, Robert W., *Principles of Welding*. Troy, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1999.
6. Tanaka, Manabu dkk. *Influence of Shielding Gas on Arc Properties in TIG Welding Process*, JWRI, Osaka University, Japan. 2007
7. *TIG Handbook*, Miller Electric Mfg. Co., 2007
8. *Welding Handbook, Fundamental of Welding*, seventh edition, volume I, Florida:American Welding Society, 1976
9. *Welding Handbook, Material and Application*, eight edition, volume IV, Florida:American Welding Society, 1976
10. Wiryosumarto, Harsono, Prof. Dr. Ir dan Prof. Dr. Toshie Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, PT. Pradnya Paramita, 1994

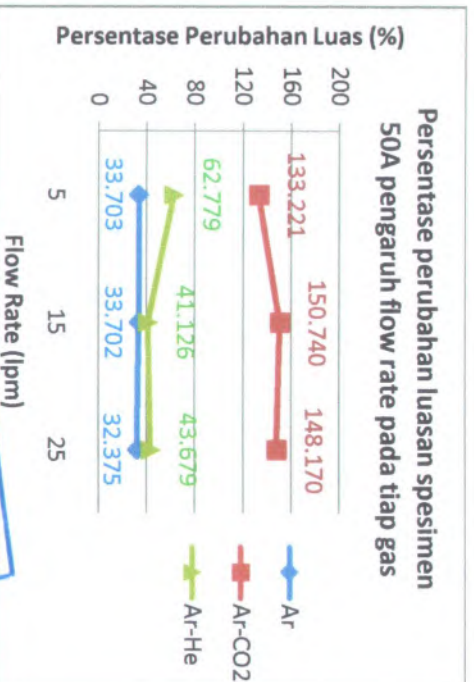
LAMPIRAN

A. Grafik Perubahan Dimensi Spesimen

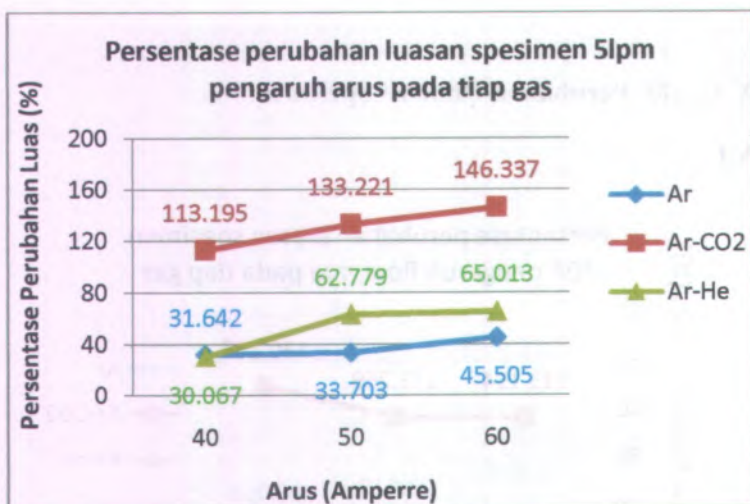
A.1



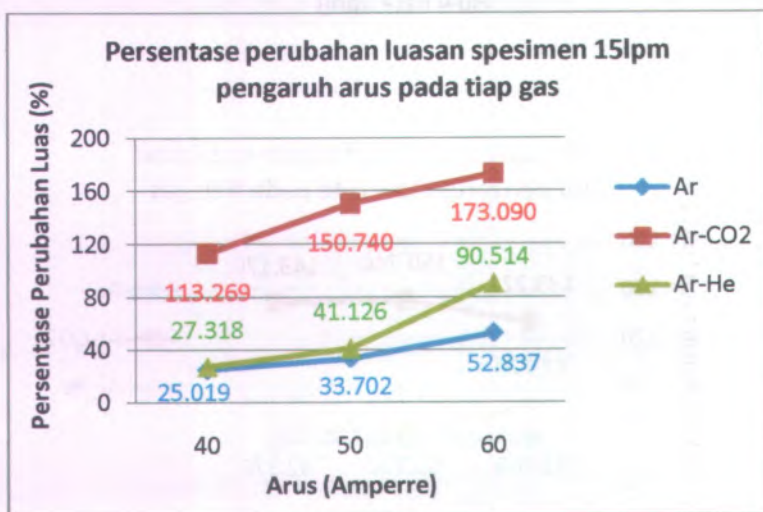
A.2



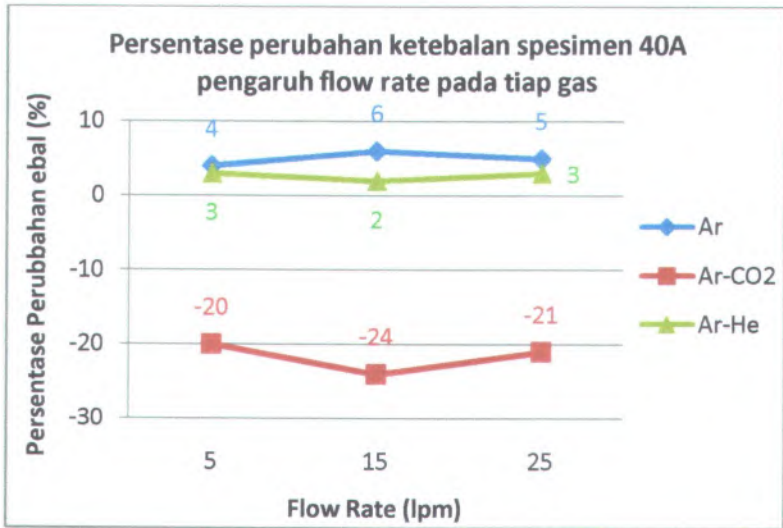
A.3



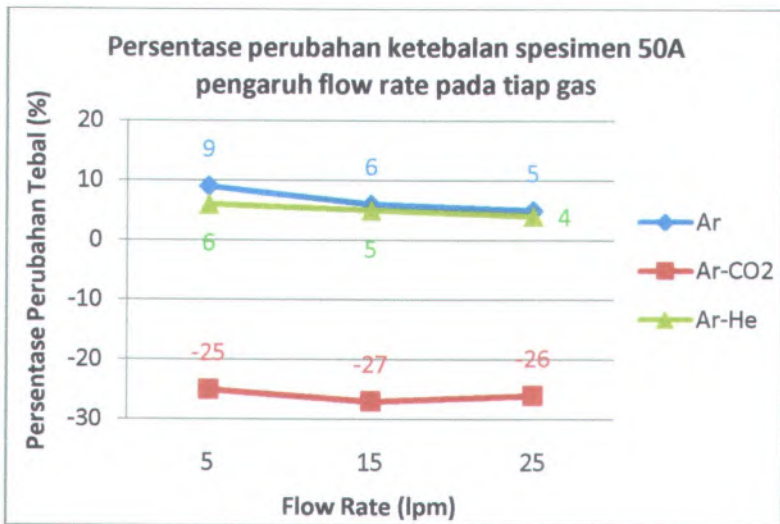
A.4



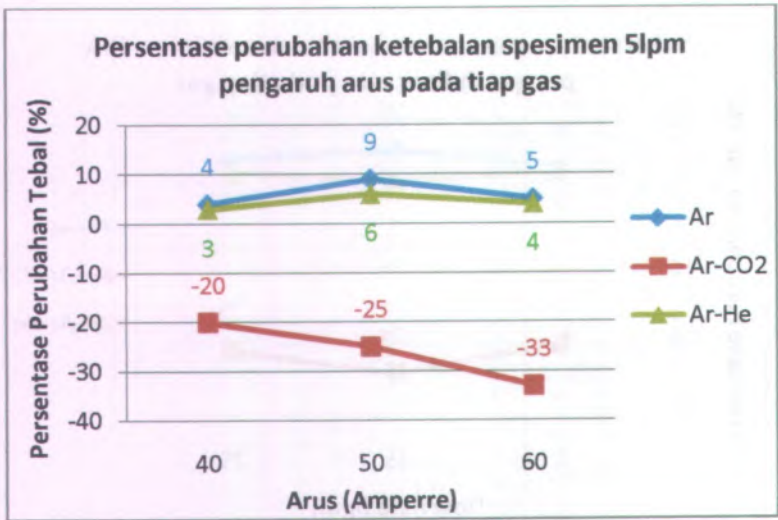
A.5



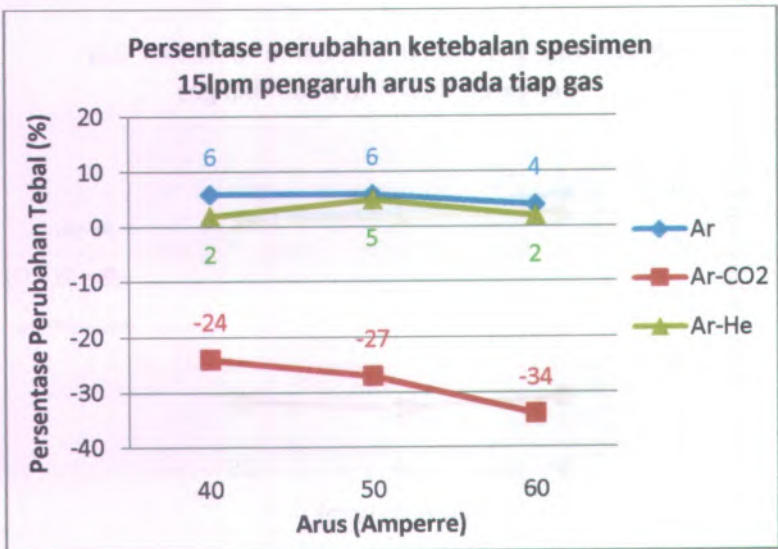
A.6



A.7

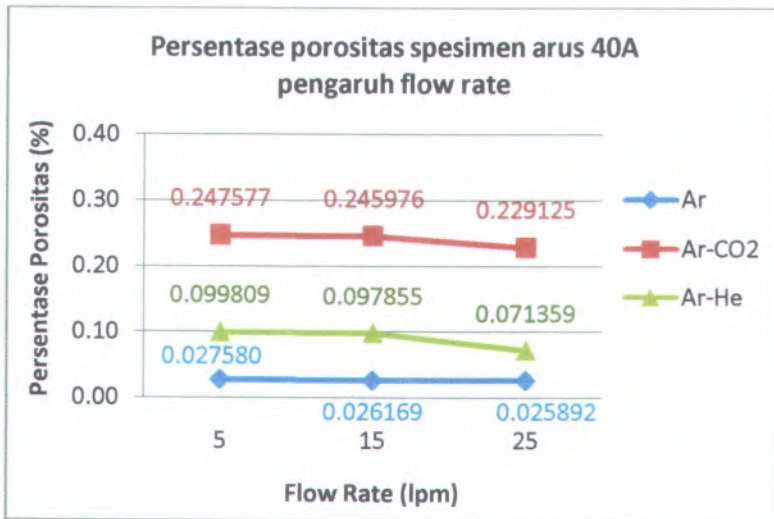


A.8

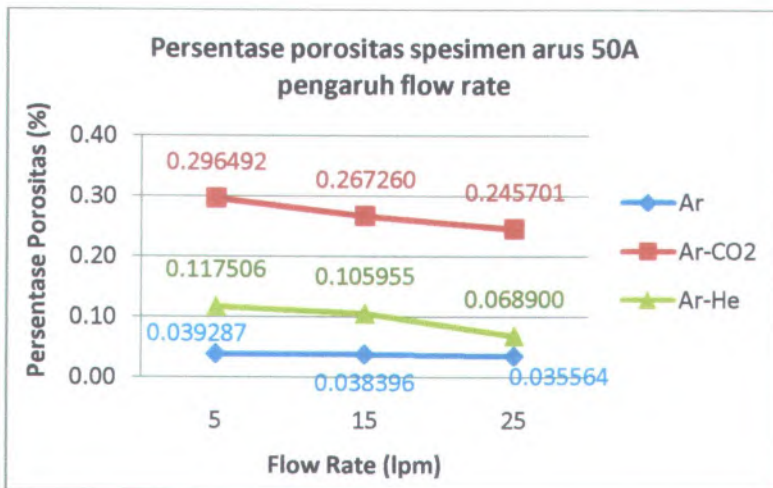


B. Grafik Porositas Peleburan

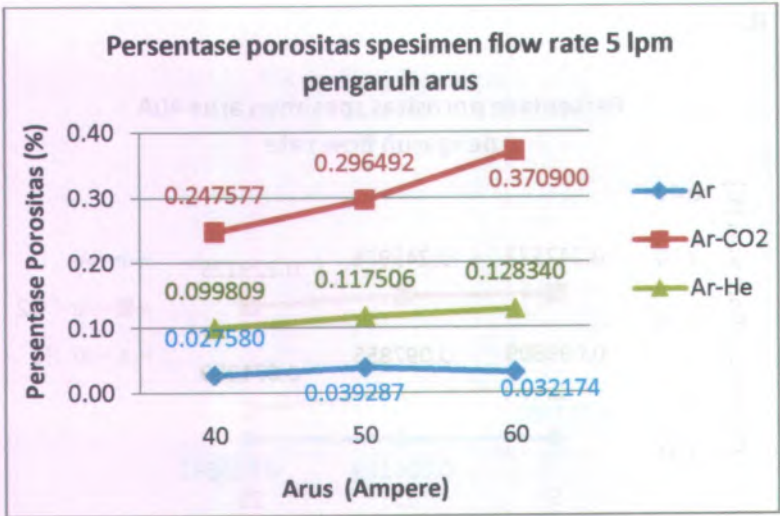
B.1



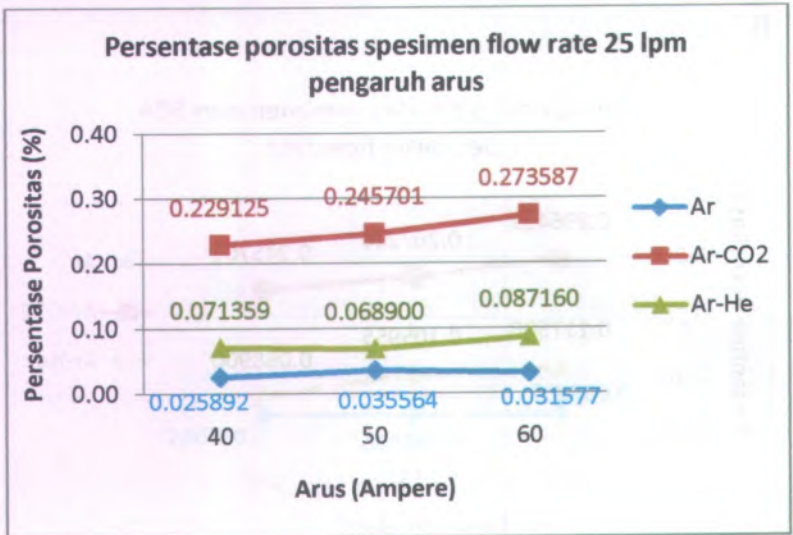
B.2



B.3

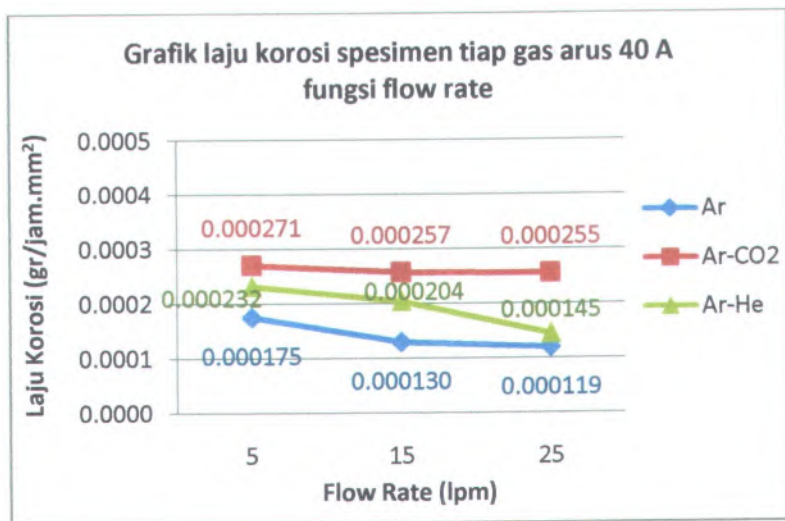


B.4

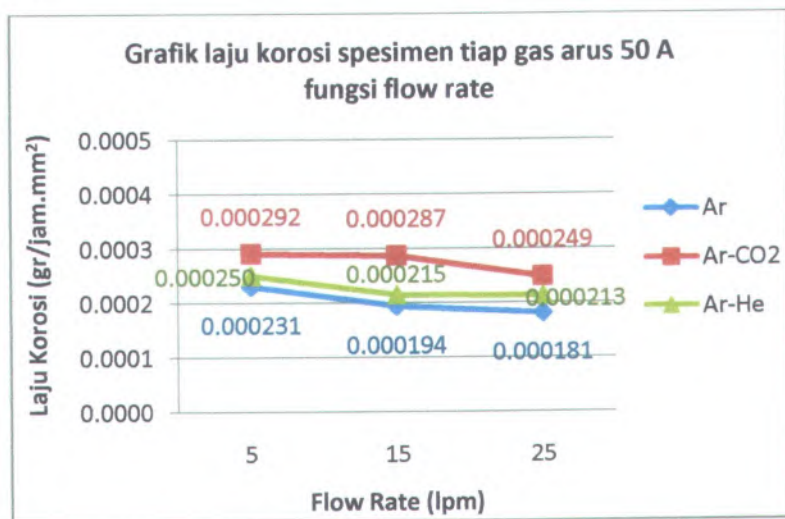


C. Grafik Laju Korosi pada Peleburan

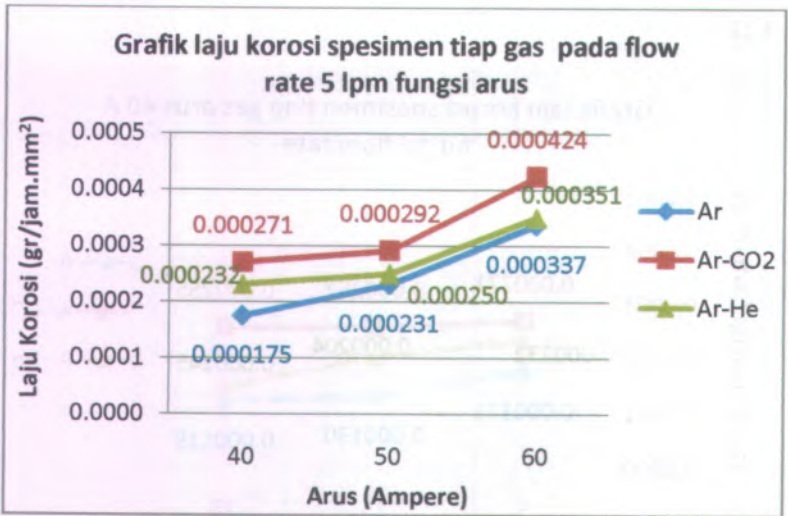
C.1



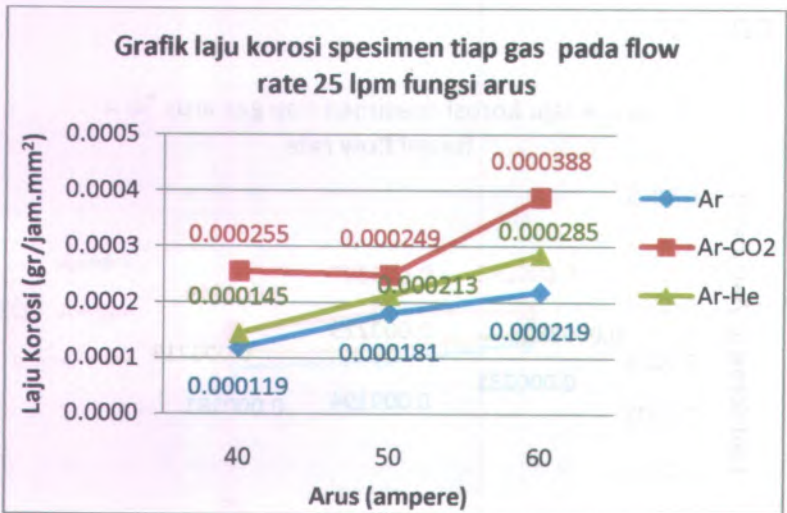
C.2



C.3



C.4



BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap **H. Pungky Anggara Kurniawan** ini lahir di **Ngawi, 1 April 1986**. Dia merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Mantan Anggota OSIS SMU N 2 Madiun ini gemar berorganisasi. Hal ini dibuktikan dengan menjadi anggota dari Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin dan menjadi Ketua Mesin Music Club. Selain itu dia juga banyak berpartisipasi sebagai panitia di setiap event di T. Mesin, seperti Mesin Drag “No Drugs” Bike dan Mesin Fun Rally.

Anak yang gemar bermain sepakbola dan bersepeda ini juga piawai memainkan alat musik seperti gitar dan bass walaupun tidak bisa dibilang *expert*. Selain itu, dia bercita-cita untuk dapat memberikan senyuman bagi orang-orang yang di sekitarnya. Dengan melihat orang lain tersenyum maka kita akan ikut bahagia adalah salah satu motto hidupnya. Masa kuliah yang bisa dibilang cukup panjang tidak disesalnya karena di dunia kuliahlah dia banyak menyerap ilmu baik ilmu kuliah maupun ilmu tentang kehidupan yang banyak diajarkan oleh orang-orang di sekitarnya. Motto hidup yang tidak pernah lepas dari kepalanya yaitu “ Janganlah kau menyerah sebelum kau mengerahkan seluruh kemampuanmu, tapi jangan lupa, tetap berserah dirilah pada Allah SWT ”.