

ANALISA PENGARUH BEDA TEMPERATUR POST HEATING PADA PROSES PENGELASAN GMAW TERHADAP KEKUATAN IMPAK

Disusun Oleh :

Suheni, Syamsuri dan Sukendro BS
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri, ITATS
Email : ssasongko619@gmail.com

ABSTRAK

Proses pengelasan terbagi menjadi beberapa macam, salah satunya adalah *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) yaitu proses las listrik yang menggunakan busur listrik yang berasal dari elektrode, yang dipasok terus-menerus secara tetap dari suatu mekanisme ke kolam las. Gas yang digunakan adalah karbondioksida (CO_2) dan argon (Ar). Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas hasil lasan adalah menggunakan temperatur post heating yaitu pemanasan terhadap workpiece yang dilakukan sesaat setelah pengelasan. Dari hasil penelitian pada masing-masing spesimen benda uji dengan beda temperatur post heating 200°C , 350°C , dan 500°C , menggunakan material baja karbon tinggi ST 60, maka didapatkan rata-rata nilai ketangguhan (IS) adalah : spesimen I dengan temperatur post heating 200°C dengan gas lindung karbondioksida $0,10933 \text{ J/mm}^2$; spesimen II dengan temperatur post heating 350°C dengan gas lindung karbondioksida $0,13768 \text{ J/mm}^2$; spesimen III dengan temperatur post heating 500°C dengan gas lindung karbondioksida $0,06804 \text{ J/mm}^2$; spesimen IV dengan temperatur post heating 200°C dengan gas lindung argon $0,10877 \text{ J/mm}^2$; spesimen V dengan temperatur post heating 350°C dengan gas lindung argon $0,14766 \text{ J/mm}^2$; spesimen I dengan temperatur post heating 500°C dengan gas lindung argon $0,14444 \text{ J/mm}^2$.

Kata kunci : Pengealasan GMAW, Gas Lindung CO_2 dan Ar, Temeperatur Post Heating, Kekuatan Impak

ABSTRACT

The welding process divisible become some kinds of, one of them is Gas Metal Arc Welding (GMAW) that is process las electric using electric bow coming from electrode, what sent continuous in stabilize from a mechanism to welding pool. Used gas is karbondioksida (CO_2) and argon (Ar). One of way to increase quality of the welding result is using temperature of post heating that is warm up to work piece after the welding process. From the result of research of at each spesimen object test with difference of temperature of post heating 200°C , 350°C , and 500°C , using material become high carbon steel ST 60, hence be got by a mean assess toughness (IS) is : the first spesimen with temperature of post heating 200°C with covert gas of karbondioksida 0.10933 J/mm^2 ; the second spesimen with temperature of post heating 350°C with covert gas of karbondioksida 0.13768 J/mm^2 ; the third spesimen with temperature of post heating 500°C with covert gas of karbondioksida 0.06804 J/mm^2 ; the fourth spesimen with temperature of post heating 200°C with covert gas of argon 0.10877 J/mm^2 ; the fiveth spesimen with temperature of post heating 350°C with covert gas of argon 0.14766 J/mm^2 ; the sixth spesimen with temperature of post heating 500°C with covert gas of argon 0.14444 J/mm^2 .

Key Word : GMAW Welding, Covert Gas CO_2 and Ar, Temeperature of Post Heating, Impak Srength.

PENDAHULUAN

Penelitian-penelitian yang berkaitan dengan pengelasan telah banyak dilakukan, seperti yang dilakukan oleh Adi Kristanto, Rui Amandio Gomes Ferreira, Asrul Sani, Muchammad Zamroni, dan Dwi Hadi Suryantoko. Adi Kristanto menyimpulkan bahwa semakin rendah temperatur post heating yang digunakan, kekuatannya semakin tinggi^[1]. Rui Amandio Gomes Ferreira menyimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan aliran gas lindung semakin tinggi pula kekerasannya dan ketangguhannya^[2]. Asrul Sani menyimpulkan bahwa semakin besar arus pengelasan dan kecepatan pengelasan maka

ketangguhan yang didapat akan semakin menurun^[3]. Muchammad Zamroni menyimpulkan bahwa variasi tekanan gas pada proses pengelasan, besar tekanan gas 10 psi yang tertinggi kekuatan impaknya dibandingkan dengan yang 15 psi dan 20 psi^[4]. Dwi Hadi Suryantoko menyimpulkan dari variasi besar arus yang digunakan yaitu 120 A, 125 A, 140 A, besar arus 140 A yang tertinggi sifat kekerasannya^[5].

DASAR TEORI

Gas Metal Arc Welding (GMAW) adalah proses las listrik yang menggunakan busur listrik yang berasal dari elektrode, yang dipasok terus menerus secara tetap dari suatu mekanisme ke kolam las^[6]. Untuk mencegah terjadinya oksidasi, pengelasan ini dilindungi oleh aliran gas lindung yang dapat berupa gas aktif, misalnya CO₂, sehingga disebut *Metal Active Gas* (MAG), atau gas inert (misalnya argon) sehingga disebut *Metal Inert Gas* (MIG), karenanya GMAW juga disebut *MIG MAG Welding*^[6].

Pengujian bending (*impact test*) menggunakan sample uji batang bertakik, energi yang digunakan berasal dari bandul yang diayunkan bebas dari ketinggian tertentu, kemudian akan menumbuk sample uji hingga mengalami perpatahan^[2].

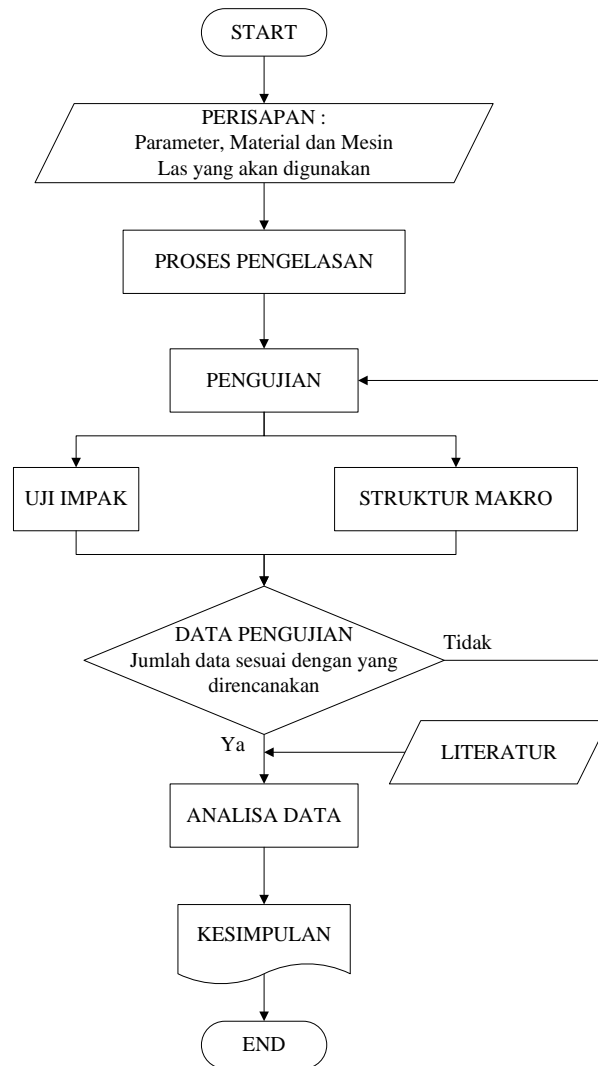
Suatu material bila diberi pembebanan kejut maka akan mengalami proses penyerapan energi, sehingga akan terjadi plastis maksimum (bahan patah). Keuletan material dapat diketahui dengan jalan pengujian tarik, akan tetapi data tersebut tidak dapat digunakan untuk mengetahui secara langsung sifat getas alamiah yang ada pada material tersebut oleh karena itu dilakukan pengujian impact. Pengujian impact perlu dilakukan untuk mengetahui ketangguhan bahan yaitu sifat mekanis dari bahan terhadap beban kejut dan temperatur transisi dari material^[2].

Dasar dari pengujian impact adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun yang menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi plastis. Faktor banyaknya energi yang mampu diserap oleh bahan uji dapat digunakan sebagai indikasi awal sifat getas-ulet dari suatu bahan sebelum terjadinya perpatahan, dimana bahan yang ulet menunjukkan harga impact yang besar^[2].

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan Pengelasan

1. Persiapan benda kerja yang berdimensi 100 x 100 x 10 (mm), sebanyak 6 plat.
2. Benda kerja dibentuk menjadi spesimen tes, sisi samping dibuat groove berguna untuk alur las model V dengan sudut 60°.
3. Alur yang akan dilas dibersihkan terlebih dahulu menggunakan sikat baja untuk menghilangkan segala macam kotoran baik itu berupa oli, debu, dan kotoran lain untuk mengurangi cacat.
4. Mengatur parameter pengelasan pada mesin las dan mengatur posisi material yang akan di las.
5. Melakukan las titik yang berguna untuk mengikat sementara material pada posisi yang diinginkan.
6. Setelah itu pada masing-masing benda kerja dilas dengan pengelasan GMAW dengan gas lindung karbondioksida (CO₂) dan gas lindung argon (Ar).
7. Kemudian dilanjutkan dengan proses post heating dengan memblender benda kerja sampai dengan temperatur 200°C, 350°C, 500°C.

Diagram Alur PenelitianGambar 1. *Flow chart* penelitian.**Pelaksanaan Pengujian Impak**

Untuk pengujian logam induk menggunakan standar ASTM E-23 dan untuk hasil lasan menggunakan standar AWS D.1.1. Pengujian dilakukan di laboratorium Metalurgi ITATS dengan persiapan sebagai berikut:

1. Spesimen dipotong melintang terhadap alur las.
2. Spesimen yang telah dipotong dibentuk sesuai dengan dimensi 55 mm x 10 mm x 10 mm, kemudian di tengah-tengah dibuat takikan (*nocth*) berbentuk V *nocth* dengan menggunakan mesin sekrup.
3. Spesimen tersebut diletakkan pada rol penumpu yang sebelumnya telah diatur jarak tengahnya.
4. Setelah itu baru dilaksanakan pengujian impak dengan metode charpy.

Pengamatan Foto Makro

Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk mengetahui lebar daerah yang berpengaruh panas (HAZ) dan kedalaman penetrasi yaitu seberapa dalam logam las masuk kedalam logam induk dengan adanya perbedaan gas pelindung dan temperatur post heating. Adapun urutan proses pengamatan struktur makro adalah:

1. Benda kerja setelah di las dan dipotong, kemudian penampang lintangnya diratakan dengan kikir kasar kemudian kikir halus.
2. Lakukan penggosokan permukaan spesimen dengan kertas amplas dari rigid 100, 220, 500, 800, 1000, 1200 sampai 1500. Selama proses penggosokan berlangsung di beri air pendingin. Arah penggosokan adalah satu arah saja digosok sampai permukaan benar-benar halus.
3. Bersihkan spesimen dengan air dan lakukan proses polishing dengan menggunakan kain sutra yang ditaburi dengan bubuk alumina yang berukuran 0,3 mikro.
4. Etsa permukaan benda kerja dengan menggunakan methanol 95% sebanyak 20 ml dicampur dengan asam nitrat (HNO_3) murni sebanyak 1 ml dan dicelupkan selama 5 detik. Angkat benda kerja dan bersihkan permukaannya yang sudah dietsa dengan alkohol dan keringkan. Kemudian dilakukan foto struktur makro dengan pembesaran tiga kali.

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Data Pengujian Logam Induk

Material logam induk adalah baja karbon tinggi ST 60

Tabel 1. Hasil Pengujian Impak Logam induk

Sample Test Piece	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	f (mm)	A=c.d(mm ²)	α (°)	β (°)
1	55	10	9,00	6,75	2	43,35	60,75	150	115

Data Pengujian Spesimen I

- Gas lindung karbondioksida (CO_2)
- Temperatur post heating 200°C

Tabel 2. Hasil Pengujian Impak Spesimen I

Sample Test Piece	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	f (mm)	A=c.d(mm ²)	α (°)	β (°)
1	55	10	11,37	8,74	2	43,35	99,37	150	9
2	55	10	11,58	7,53	2	43,35	87,20	150	50

Kejadian-kejadian pada saat pengelasan spesimen I :

1. Banyak percikan bunga api.
2. Banyak sparter karena di daerah terbuka.
3. Slag berwarna cerah.
4. Timbul letusan dan keras.
5. Tidak terjadi cacat las.

Data Pengujian Spesimen II

- Gas lindung karbondioksida (CO_2)
- Temperatur post heating 350°C

Tabel 3. Hasil Pengujian Impak Spesimen II

Sample Test Piece	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	f (mm)	A=c.d(mm ²)	α (°)	β (°)
1	55	11,02	7,34	2	43,35	80,87	150	9	11,02
2	55	10,26	8,04	2	43,35	82,49	150	50	10,26

Kejadian-kejadian pada saat pengelasan spesimen II :

1. Banyak percikan bunga api.
2. Banyak sparter karena di daerah terbuka.
3. Slag berwarna cerah.
4. Timbul letusan dan keras.
5. Tidak terjadi cacat las.

Data Pengujian Spesimen III

- Gas lindung karbondioksida (CO₂)
- Temperatur post heating 500°C

Tabel 4. Hasil Pengujian Impak Spesimen III

Sample Test Piece	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	f (mm)	A=c.d(mm ²)	α (°)	β (°)
1	55	10	11,31	8,58	2	43,25	97,04	150	9
2	55	10	10,99	8,83	2	43,25	97,04	150	50

Kejadian-kejadian pada saat pengelasan spesimen III :

1. Banyak percikan bunga api.
2. Banyak sparter karena di daerah terbuka.
3. Slag berwarna cerah.
4. Timbul letusan dan keras.
5. Tidak terjadi cacat las.

Data Pengujian Spesimen IV

- Gas lindung argon (Ar)
- Temperatur post heating 200°C

Tabel 5. Hasil Pengujian Impak Spesimen IV

Sample Test Piece	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	f (mm)	A=c.d(mm ²)	α (°)	β (°)
1	55	10	12,84	8,36	2	43,25	107,34	150	11
2	55	10	12,11	8,22	2	43,25	99,54	150	11

Kejadian-kejadian pada saat pengelasan spesimen IV :

1. Banyak percikan bunga api tapi lebih sedikit dibandingkan spesimen I.
2. Banyak sparter karena di daerah terbuka.
3. Slag berwarna lebih cerah dibandingkan spesimen I.
4. Timbul letusan tapi lebih lembut dibandingkan spesimen I.
5. Terjadi deformasi.

Data Pengujian Spesimen V

- Gas lindung argon (Ar)
- Temperatur post heating 350°C

Tabel 6. Hasil Pengujian Impak Spesimen V

Sample Test Piece	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	f (mm)	A=c.d(mm ²)	α (°)	β (°)
1	55	10	9,50	7,90	2	43,25	75,65	150	10
2	55	10	9,17	8,36	2	43,25	76,66	150	11

Kejadian-kejadian pada saat pengelasan spesimen V :

1. Banyak percikan bunga api tapi lebih sedikit dibandingkan spesimen I.
2. Banyak sparter karena di daerah terbuka.
3. Slag berwarna lebih cerah dibandingkan spesimen I.
4. Timbul letusan tapi lebih lembut dibandingkan spesimen I.
5. Tidak terjadi cacat las.

Data Pengujian Spesimen VI

- Gas lindung argon (Ar)
- Temperatur post heating 500°C

Tabel 7. Hasil Pengujian Impak Spesimen VI

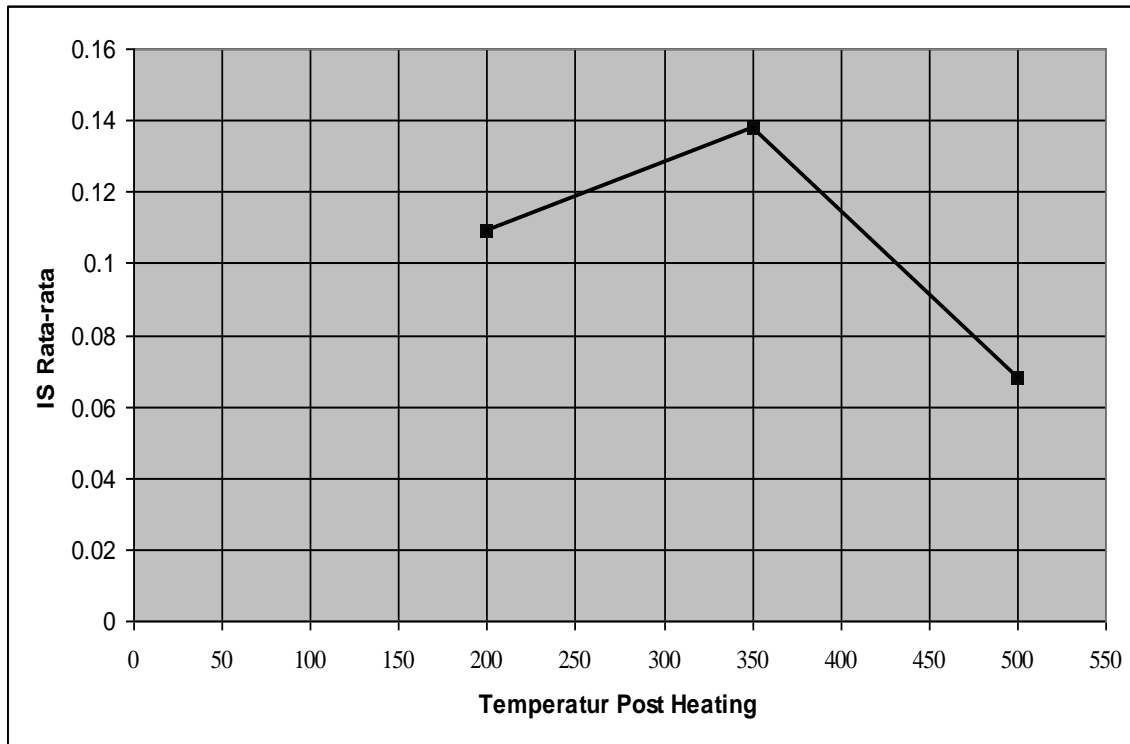
Sample Test Piece	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	f (mm)	A=c.d(mm ²)	α (°)	β (°)
1	55	10	10,91	8,08	2	43,25	88,15	150	11
2	55	10	9,51	7,33	2	43,25	69,71	150	10

Kejadian-kejadian pada saat pengelasan spesimen VI :

1. Banyak percikan bunga api tapi lebih sedikit dibandingkan spesimen I.
2. Banyak sparter karena di daerah terbuka.
3. Slag berwarna lebih cerah dibandingkan spesimen I.
4. Timbul letusan tapi lebih lembut dibandingkan spesimen I.
5. Tidak terjadi cacat las

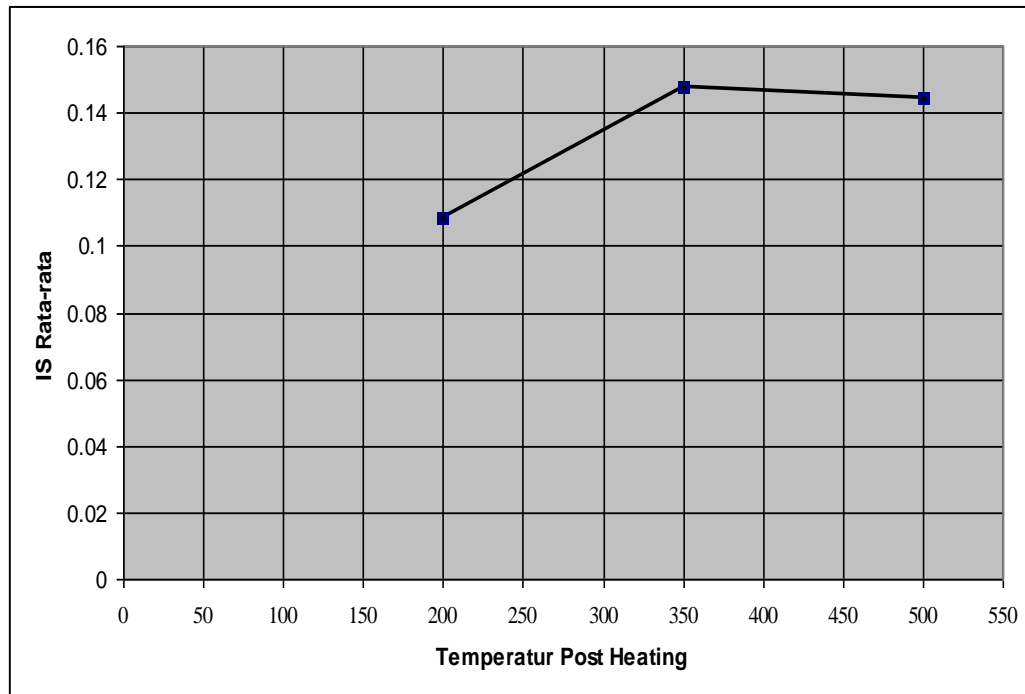
Data dan Grafik Hasil Perhitungan Pengujian Impak**Tabel 8. Pengelasan GMAW Dengan Gas Lindung Karbondioksida (CO₂)**

Temperatur Post Heating (°C)	Sample Test Piece	α (°)	β (°)	IS (J/mm ²)	IS Rata-rata (J/mm ²)
200	1	150	9	0,11343	0,10933
	2	150	50	0,10521	
350	1	150	9	0,13917	0,13768
	2	150	11	0,13620	
500	1	150	20	0,11315	0,06804
	2	150	120	0,02296	

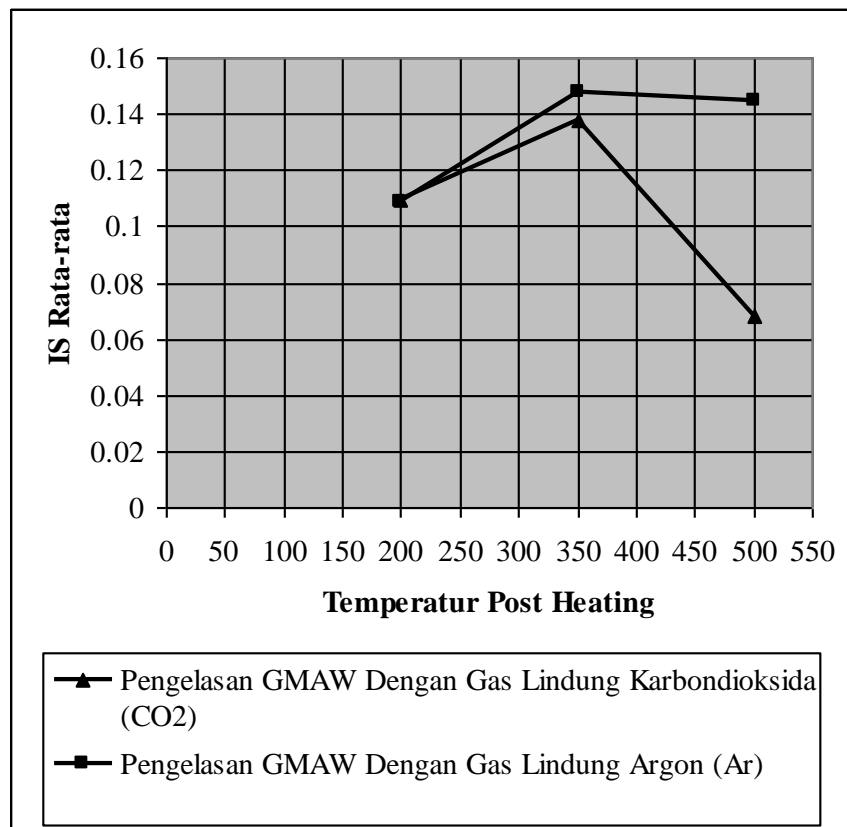
Gambar 2. Grafik Hasil Uji Impak Dengan Gas Lindung Karbondioksida (CO₂)

Tabel 9. Pengelasan GMAW Dengan Gas Lindung Argon (Ar)

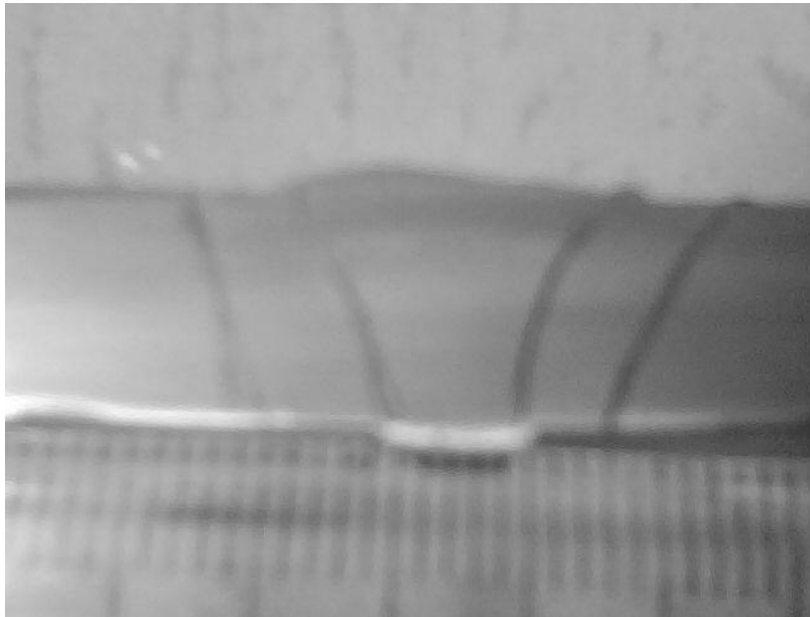
Temperatur Post Heating (°C)	Sample Test Piece	α (°)	β (°)	IS (J/mm ²)	IS Rata-rata (J/mm ²)
200	1	150	11	0,10466	0,10877
	2	150	11	0,11287	
350	1	150	10	0,14877	0,14766
	2	150	11	0,14656	
500	1	150	11	0,12746	0,14444
	2	150	10	0,16145	



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Impak Dengan Gas Lindung Argon (Ar)



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Impak Secara Keseluruhan



Gambar 5. Lebar HAZ pada Pengelasan GMAW dengan Temperatur Post Heating 350°C dan Gas Lindung Argon.



Gambar 6. Lebar HAZ pada Pengelasan GMAW dengan Temperatur Post Heating 500°C dan Gas Lindung Karbondioksida.

Analisa Data Hasil Perhitungan Uji Impak

Setelah dilakukan perhitungan dari data yang didapat pada pengujian impak dengan menggunakan pengelasan GMAW pada spesimen yang menggunakan temperatur post heating dan jenis gas pelindung yang berbeda maka didapatkan :

1. Dari grafik 4.3 pada pengelasan yang menggunakan gas lindung karbondioksida spesimen yang menggunakan temperatur post heating 350°C memiliki ketangguhan terbesar dengan nilai ketangguhan 0,13768 J/mm². Kemudian yang kedua terbesar adalah spesimen yang menggunakan temperatur post heating 200°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,10933

J/mm². Sedangkan yang terkecil adalah spesimen yang menggunakan temperatur post heating 500°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,06804 J/mm².

2. Dari grafik 4.4 pada pengelasan yang menggunakan gas lindung argon spesimen yang menggunakan temperatur post heating 350°C memiliki ketangguhan terbesar dengan nilai ketangguhan 0,14766 J/mm². Kemudian yang kedua terbesar adalah spesimen yang menggunakan temperatur post heating 500°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,14444 J/mm². Sedangkan yang terkecil adalah spesimen yang menggunakan temperatur post heating 200°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,10877 J/mm².
3. Dari grafik 4.5 hasil perhitungan pengujian impak secara keseluruhan menunjukkan hasil pengelasan GMAW dengan gas lindung argon (Ar) relatif lebih baik dari pada pengelasan GMAW dengan menggunakan gas lindung karbondioksida (CO₂). Akan tetapi pada temperatur post heating 500°C perbedaannya sangat jauh yaitu dengan menggunakan gas lindung argon IS rata-rata sebesar 0,1444 J/mm², sedangkan dengan menggunakan gas lindung karbondioksida IS rata-rata sebesar 0,06804 J/mm². Hal ini disebabkan 500°C berada diatas temperatur *interpass* (400°C) yang menyebabkan kandungan oksigen yang terserap kedalam logam las lebih besar sehingga menyebabkan berkurangnya ketangguhan.

Analisa Statistik Pengujian Impak

Analisa statistik ini adalah bertujuan untuk mengetahui apakah terjadi pengaruh atau tidak terjadi pengaruh dari perbedaan temperatur post heating pada saat pengelasan baik itu menggunakan gas lindung karbondioksida (CO₂) maupun gas lindung argon (Ar).

A. Pengelasan GMAW Dengan Gas Lindung Karbondioksida (CO₂)

Tabel 4.10 Data Analisa Statistik Ketangguhan Dengan Gas Lindung CO₂

Spesimen	Nilai Ketangguhan (J/mm ²)			Total Baris
	200°C	350°C	500°C	
I	0,11343	0,13917	0,11315	
II	0,10521	0,13620	0,02294	
Total	0,21864	0,27537	0,13609	0,6301
Nilai Tengah	0,10932	0,13769	0,06804	0,31505

a. Hipotesa

Dari tabel dapat diolah untuk mendapatkan analisa klasifikasi satu arah. Sebelum analisa data, perlu ditetapkan hipotesa nol yang harus diuji terlebih dahulu, yaitu :

- H₀ ditolak = Ada pengaruh yang signifikan dari perbedaan temperatur post heating terhadap ketangguhan spesimen.
- H₀ diterima = Tidak ada pengaruh yang signifikan dari perbedaan perbedaan temperatur post heating terhadap ketangguhan spesimen.

Tabel 4.11. Tabel Anava Dengan Gas Lindung CO₂

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F _{hitung}	F _{tabel}
Nilai Tengah Kolom	0,00491	2	0,00246	1,8	9,55
Nilai Tengah Galat	0,0041	3	0,00137		
Total	0,00901	5	0,00383		

- Kaidah keputusan

H_0 diterima karena $F_{tabel} > F_{hitung}$ ($9,55 > 1,8$), jadi tidak ada pengaruh yang signifikan dari perbedaan perbedaan temperatur post heating terhadap ketangguhan spesimen.

B. Pengelasan GMAW Dengan Gas Lindung Argon (Ar)

Tabel 4.12 Data Analisa Statistik Ketangguhan Dengan Gas Lindung Ar

Spesimen	Nilai Ketangguhan (J/mm^2)			Total Baris
	200°C	350°C	500°C	
I	0,10466	0,14877	0,12746	
II	0,11287	0,14656	0,16145	
Total	0,21753	0,29533	0,28891	0,80177
Nilai Tengah	0,10877	0,14766	0,14446	0,40089

a. Hipotesa

Dari tabel dapat diolah untuk mendapatkan analisa klasifikasi satu arah. Sebelum analisa data, perlu ditetapkan hipotesa nol yang harus diuji terlebih dahulu, yaitu :

- H_0 ditolak = Ada pengaruh yang signifikan dari perbedaan temperatur post heating terhadap ketangguhan spesimen.
- H_0 diterima = Tidak ada pengaruh yang signifikan dari perbedaan perbedaan temperatur post heating terhadap ketangguhan spesimen.

Tabel 4.11. Tabel Anava Dengan Gas Lindung Ar

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F_{hitung}	F_{tabel}
Nilai Tengah Kolom	0,00187	2	0,00094	4,63	9,55
Nilai Tengah Galat	0,00061	3	0,000203		
Total	0,00248	5	0,001143		

- Kaidah keputusan

H_0 diterima karena $F_{tabel} > F_{hitung}$ ($9,55 > 4,63$), jadi tidak ada pengaruh yang signifikan dari perbedaan perbedaan temperatur post heating terhadap ketangguhan spesimen.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa penelitian yang telah dilakukan pada proses pengelasan GMAW dengan temperatur post heating 200°C, 350°C, dan 500°C dan dengan gas lindung karbondioksida dan argon pada material ST 60, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil uji impact

- Pada pengelasan yang menggunakan gas lindung karbondioksida spesimen yang menggunakan temperatur post heating 350°C memiliki ketangguhan terbesar dengan nilai ketangguhan 0,13768 J/mm^2 . Kemudian yang kedua terbesar adalah spesimen yang menggunakan temperatur post heating 200°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,10933 J/mm^2 . Sedangkan yang terkecil adalah spesimen yang menggunakan temperatur post heating 500°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,06804 J/mm^2 .
- Pada pengelasan yang menggunakan gas lindung argon spesimen yang menggunakan temperatur post heating 350°C memiliki ketangguhan terbesar dengan nilai ketangguhan 0,14766 J/mm^2 . Kemudian yang kedua terbesar adalah spesimen yang menggunakan temperatur post heating 500°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,14444 J/mm^2 . Sedangkan

- yang terkecil adalah spesimen yang menggunakan temperatur post heating 200°C dengan nilai ketangguhan sebesar 0,10877 J/mm².
- Hasil perhitungan pengujian impak secara keseluruhan menunjukkan hasil pengelasan GMAW dengan gas lindung argon (Ar) relatif lebih baik dari pada pengelasan GMAW dengan menggunakan gas lindung karbondioksida (CO₂).
2. Hasil analisa statistik
 - Dari hasil perhitungan analisa statistik pada pengelasan yang menggunakan gas lindung karbondioksida menunjukkan bahwa $F_{tabel} > F_{hitung}$ (9,55 > 1,8), jadi tidak ada pengaruh yang signifikan dari perbedaan perbedaan temperatur post heating terhadap ketangguhan spesimen.
 - Dari hasil perhitungan analisa statistik pada pengelasan yang menggunakan gas lindung karbondioksida menunjukkan bahwa $F_{tabel} > F_{hitung}$ (9,55 > 4,63), jadi tidak ada pengaruh yang signifikan dari perbedaan perbedaan temperatur post heating terhadap ketangguhan spesimen.
 3. Hasil analisa foto struktur makro
 - Hasil pengelasan yang memiliki ketangguhan terbesar adalah pengelasan dengan menggunakan temperatur post heating 350°C dengan gas lindung argon (Ar) memiliki lebar HAZ sebesar 4,5 mm. Sedangkan hasil pengelasan yang memiliki ketangguhan terkecil adalah pengelasan dengan menggunakan temperatur post heating 500°C dengan gas lindung karbondioksida (CO₂) memiliki lebar HAZ sebesar 3,5 mm.
 4. Dilihat dari segi ekonomi, pengelasan GMAW dengan menggunakan gas lindung karbondioksida lebih murah dari pada dengan menggunakan gas lindung argon.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. **Adi Kristanto**; 2006; “*Akibat Pengaruh Beda Temperatur Post Heating Pada Proses Las SMAW Material S 45 C Terhadap Kemampuan Menerima Beban Kejut*”; Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya; Surabaya.
- [2]. **Rui Amandio Gomes Ferreira**; 2007; “*Pengaruh Aliran Gas Pelindung CO₂ Terhadap Kekerasan Dan Ketangguhan Pada Material ST 60 Dengan Proses MIG*”; Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya; Surabaya.
- [3]. **Asrul Sani**; 2006; “*Analisa Pengaruh Masukan Panas Pengelasan SMAW Terhadap Ketangguhan Dan Lebar HAZ Pada Baja ST 60*”; Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya; Surabaya.
- [4]. **Muchammad Zamroni**; 2003; “*Pengaruh Tekanan Gas Argon Pada Material ST.60 Terhadap Kekuatan Impact Pada Proses Pengelasan TIG*”; Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya; Surabaya.
- [5]. **Dwi Hadi Suryantoko**; 2003; “*Pengaruh Perbedaan Besar Arus Pada Elektroda E7018 Terhadap Kekerasan Dan Kedalaman Penetrasi Dari Baja Karbon Medium (ST 60) Pada Proses Pengealasn SMAW*”; Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya; Surabaya.
- [6]. **Sri Widharto**, 2007; “*Menuju Juru Las Tingkat Dunia*”, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [7]. **Harsono Wiryosumarto; Toshie Okumura**; 2000; “*Teknologi Pengelasan Logam*”, Pradnya Paramita, Jakarta.