

Pengaruh Kuat Arus Dan Campuran Gas Argon – CO₂ Pada Pengelasan Gmaw Terhadap Kekuatan Tarik Dan *Impact* Pada Baja Karbon Medium Fasa Ganda

Eko Hendry Suyono¹⁾, Yudy Surya Irawan²⁾, Anindito Purnowidodo³⁾
Mahasiswa Teknik Mesin, Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya¹⁾
Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya^{2,3)}.
E-mail : exohen@yahoo.com

Abstract

The function of shielding gas is the most importance in gas metal arch welding, because it protected the oxidation from out side. Argon and CO₂ are the shielding gas that often used, choosing the CO₂ on mixing shielding gas for some reasons that is readystock , cheap and good penetration. The aim of this research are to know the influence of welding current and mixing shielding gas Argon – CO₂ against tensile strength and impact strength on weld of medium carbon steel dual phase. The method of this research as follow AISI 1045 steel forged on temprature 900°C - 950°C then dual phase on 770°C holding tome 90 minutes as dependent variables. The Welding currents are 80A, 100A and 120A , mixing shielding gas , Argon – CO₂ : (0 – 100%), (100% - 0) and (50% - 50%). Both are as independent variables. Tensile strength and impact strength are as fixed variables. From this research, It can be concluded that welding current and shielding gas have the influenced toward heat input and caused the weld metal fusion or unfusion. This situation influenced toward tensile strength and impact strength. It was proved that on 80A for the 3rd shielding gas had defect (incomplete fusion and porosity) so the tensile strength and impact strength was very low. On 120A, ArCO₂ mixing shielding gas had the highest tensile and impact strength because no defect in it, good fusion.

Keywords: Dual phase steel, welding current, mixing shielding gas Ar – CO₂, GMAW, tensile strength, impact strength

PENDAHULUAN

Hampir semua industri otomotif selalu berusaha untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar, berusaha selalu menggunakan suku cadang yang awet, mudah dilas, mudah di repair dan mudah dilapisi agar terhindar dari korosi. Berdasarkan kebutuhan tersebut maka banyak penelitian tentang efisiensi bahan bakar dengan cara mengurangi berat kendaraan, salah satu metoda yang sangat populer di industri otomotif adalah *weight – reduction methods* dengan mengembangkan material baru yang mempunyai kekuatan tarik tinggi.

Komponen mesin, otomotif berbahan baja fasa ganda dari hasil *treatment* dan

proses *forging* tempa masih sulit untuk digantikan dengan proses lainnya, contohnya: *chasis; spindle, connecting rod, flens, hubs*, dan lain-lain.

Komponen otomotif dalam perakitannya sering menggunakan proses pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). Gas pelindung yang sering digunakan campuran gas Argon dan CO₂ dengan perbandingan Argon–50%CO₂, keuntungannya adalah penetrasi yang dalam, *low spatter, high travel speed* dan baik untuk segala posisi pengelasan. Dengan proses las tersebut tentunya akan mempengaruhi sifat mekanik dari komponen yang terbuat dari baja karbon fasa ganda (*dual phase*). Baja fasa ganda di pasaran pembuatannya diawali proses

rolling, sementara dalam penelitian ini akan dibuat baja fasa ganda yang diawali dengan proses tempa / *forging*.

Penelitian Terdahulu

J.Lis et al [1], meneliti tentang baja C–Mn dengan dua proses perlakuan pertama proses *thermomechanical rolling* pada temperatur 1273K – 1298K (temperatur austenit), dibiarkan diudara untuk suhu tertentu kemudian di*quench* dalam air. Kedua dengan proses *annealing* pada temperatur $\alpha+\gamma$, ditahan untuk beberapa saat lalu didinginkan dengan cepat diair dan selanjutnya ditemper. Hasilnya adalah setelah *thermomechanical treatment (TMT)*, maka struktur mikronya menjadi *Bainit – Martensite – Austenite island (BAM)* dalam matrik ferit. Hasil dari proses *annealing* struktur mikronya terdiri dari *Ferrite – Martensit* dan ada sedikit karbida dan perlit. Kekuatan tertinggi diperoleh dari proses *thermomechanical rolling*, *Tensile Strength (TS)*= 959 MPa, *Yield Strength (Ys)* = 795 MPa dan *Elongation (EI)* = 9,9%, sedang hasil proses *annealing* *TS* = 510 MPa, *Ys* = 328MPa dan *EI* = 37,3%.

W.J So et al, [2], meneliti tentang *weldability* sambungan las *Gas Metal Arc Welding (GMAW)* baja fasa ganda untuk bodi mobil dengan las *GMAW*. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah ER 70S-6, Hasil analisa menunjukkan bahwa *welding speed 0,5mpm* dengan kuat arus 200A merupakan kondisi pengelasan yang sesuai untuk material DP780, dengan *low heat input* (kecepatan pengelasan tinggi, arus pengelasan rendah) maka terjadi kurang fusi (*lack of fusion*), sebaliknya jika *heat input* tinggi (kecepatan pengelasan rendah, arus pengelasan tinggi) maka terjadi *burn-through*.

Kim et al [3] mereka meneliti tentang karakteristik beberapa jenis baja antara lain *Hot-rolled steel* jenis SAPH 370 dan 440; DP 590 dan TRIP 590 ; DP 780 dan CP 1180 dan Usibor, semua jenis baja tersebut untuk aplikasi otomotif. Semua material uji di las dengan menggunakan *CO₂ Laser Welding*, hasil pengelasan diuji tarik, uji kekerasan, serta dilakukan foto mikrostruktur. Hasil yang diperoleh setelah diuji tarik terjadi perbedaan kekuatan tarik

antara *base metal* dan *weld-metal*, kekuatan tarik *weld metal* lebih tinggi dibanding kekuatan tarik pada *base metal*, kecuali material uji SAPH370 terjadi sebaliknya.

Dari foto mikrostruktur dapat diketahui bahwa SAPH 370 dan 440 pada *base metal* terdapat ferit dan sedikit bainit, pada *weld metal* terjadi martensit dan pada HAZ terjadi transformasi dari ferit ke austenit, untuk DP590 dan TRIP 590 , DP590 terdapat fasa matrik ferit dan bentuk fasa ganda dengan martensit disepanjang batas butir. Pada HAZ terjadi peningkatan fase matrik ferit yang bertransformasi kedalam austenit. DP 780 dan CP 1180 pada daerah HAZ terbentuk martensit temper serta terjadi dekomposisi martensit, pada daerah *weld metal* mempunyai struktur martensit. Dan Usibor dimana pada daerah base metal berstruktur martensit, pada daerah HAZ strukturnya campuran antara martensit dan ferit.

Wêglowski et al [4], meneliti tentang pengaruh arus pengelasan terhadap pemindahan logam (*metal Transfer*) pada pengelasan *GMAW*, terutama bentuk cairan kawat las/ *molten liquid droplets* pada benda kerja. Dalam penelitian ini menggunakan deskripsi matematik untuk meperoleh data *droplet light trajectory* dan *droplet velocity*. Mereka menyimpulkan bahwa terjadi perubahan diameter droplet dari $1.29 \pm 0,25$ mm ke $0,51 \pm 0,15$ mm untuk *shielding* gas argon murni, pada kondisi *welding wire speed* dari 150 inch/min sampai 240 inch/min. *Wire feed speed (welding current)* cenderung berpengaruh terhadap diameter *droplet*, *droplet velocity* dan *transfer rate*.

METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur Persiapan Pembuatan Spesimen

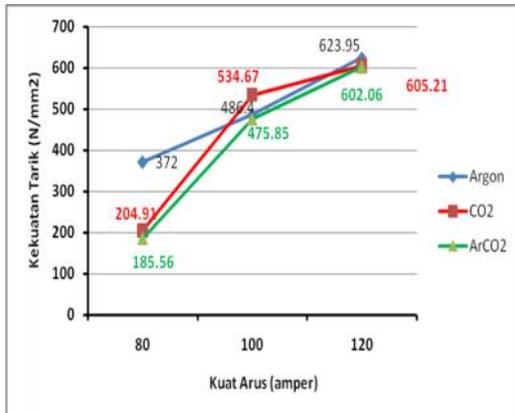
1. Memotong material baja 1045 ukuran $\varnothing 16\text{mm} \times 150\text{mm}$
2. Menyiapkan peralatan tempa.
3. Menempa material uji 1045 dari ukuran $\varnothing 16\text{mm} \times 150\text{mm}$ menjadi $16\text{mm} \times 10\text{mm} \times 175\text{mm}$. Dengan temperatur $900^{\circ}\text{C} - 950^{\circ}\text{C}$ dan beban tempa 75 kg

4. Setelah proses tempa selesai dilanjutkan dengan proses pembentukan fasa ganda pada material uji dengan memanaskan sampai temperatur 770°C diholding selama 90 menit. Dan diquenching di oli.
 5. Membuat *champer* 30° pada ujung benda uji yang berfungsi sebagai celah untuk sambungan pengelasan.
 6. Sebelum dilas material uji ditempatkan pada jig pengelasan agar saat pengelasan tidak terjadi material uji bergeser atau tidak lurus.
 7. Pengelasan material uji dengan parameter yang telah ditentukan kuat arus 80A, 100A dan 120A serta menggunakan gas pelindung Argon – CO₂ (100%- 0); (0- 100%) dan (50% -50%).
 8. *Machining* untuk membentuk spesimen uji tarik standar JIS Z 2201 dan uji *impact* standar ASTM E 23- 02°.
- Prosedur Penelitian**
1. Setelah material uji diproses *machining* menjadi bentuk spesimen uji tarik dan spesimen uji *impact* maka dilakukan proses pengujian.
 2. Pelaksanaan uji tarik
 - a. Ukur diameter dan panjang awal kemudian diberi tanda.
 - b. Memasang spesimen pada mesin uji tarik.
 - c. Menyetel jarum pada skala beban (posisi nol) mistar pengukur pertambahan panjang posisi nol.
 - d. Menyetel mesin, menjalankan mesin serta mencatat hasilnya.
 3. Pelaksanaan uji *impact*,
 - a. Atur pendulum pada posisi vertikal dan kedua jarum penunjuk diatur searah
 - b. Putar *handwheel* hingga jarum menunjuk angka nol. Dan jarum dalam berimpit dengan jarum luar.
 - c. Lepas pengunci, pendulum berayun hingga jarum penunjuk α_0 , ulangi, pasang material uji hingga punggung *notch* tepat pada posisi jatuhnya pendulum.
 - d. Lepas pengunci hingga pendulum berayun mematahkan spesimen, dan jarum menunjuk simpangan tertentu (β°).
 4. Pelaksanaan uji *impact*,
 - a. Atur pendulum pada posisi vertikal dan kedua jarum penunjuk diatur searah.
 - b. Putar *handwheel* hingga jarum menunjuk angka nol. Dan jarum dalam berimpit dengan jarum luar.
 - c. Lepas pengunci, pendulum berayun hingga jarum menunjuk α_0 , ulangi, pasang material uji hingga punggung *notch* tepat pada posisi jatuhnya pendulum.
 - d. Lepas pengunci hingga pendulum berayun mematahkan spesimen, dan jarum menunjuk simpangan tertentu (β°).
 5. Mencatat semua data diatas untuk dibahas dan dianalisa sehingga bisa disimpulkan hasil penelitian

HASIL PENELITIAN

Tegangan Tarik (Σu) Vs Kuat Arus (Ampere)

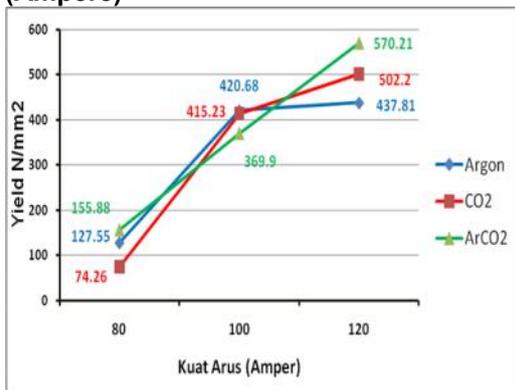
Hasil uji tarik dari material uji hasil las dengan gas pelindung Argon, CO₂, campuran Argon – CO₂ dengan kuat arus 80 amper, 100 amper dan 120 amper, bisa dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Grafik kekuatan tarik – Kuat arus

Gambar 1. Dapat dilihat bahwa: Dari keseluruhan penggunaan gas pelindung (Argon, CO₂, dan Ar – C O₂) mengalami peningkatan dengan naiknya amper . pada kuat arus 80A maka pemakaian gas pelindung Argon menghasilkan kekuatan tarik tertinggi 372 N/mm². Pada kuat arus 100A maka pemakaian gas pelindung CO₂ tertinggi yaitu 534.67 N/mm² dan pada kuat arus 120A maka ketiga gas pelindung mempunyai kekuatan tarik yang hampir sama.

Tegangan Tarik Yield (Σy) Vs Kuat Arus (Ampere)

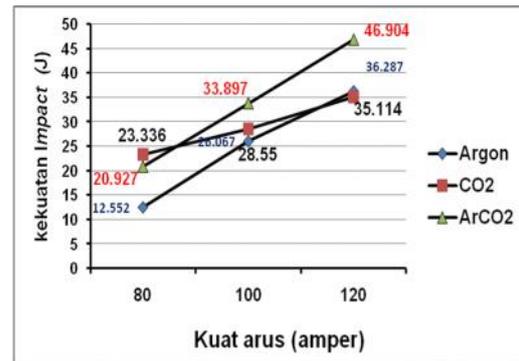


Gambar 2. Grafik kekuatan tarik Yield (σy) Vs kuat arus (Ampere)

Dari grafik 2 dapat dilihat bahwa penggunaan gas pelindung (Argon; CO₂; dan Ar – CO₂) mengalami kenaikan yield (σy) bersamaan dengan naiknya kuat arus.

Pada kuat arus 80A maka gas pelindung Ar –CO₂ mempunyai σy = 155.83 N/mm² ini tertinggi diantara kedua gas lainnya. Pada kuat arus 100A yield tertinggi dicapai pada gas argon yaitu σy = 420.68 N/mm² pada kuat arus 120A maka yield tertinggi pada gas Argon – CO₂ σy =570.21 N/mm²

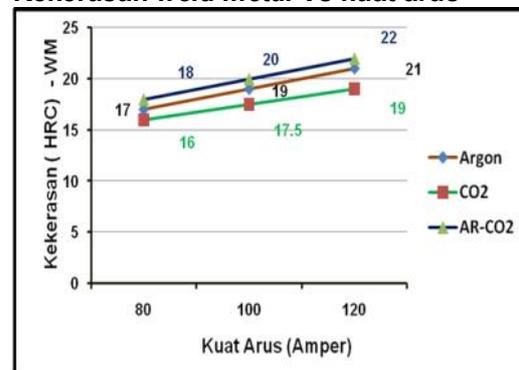
Kekuatan Impact Vs Kuat Arus



Gambar 3. Grafik Kekuatan Impact Vs Kuat Arus.

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa penggunaan gas pelindung (Argon; CO₂; dan Ar – CO₂) mengalami kenaikan kekuatan impact bersamaan dengan naiknya kuat arus. Pada kuat arus 80A kekuatan impact tertinggi pada gas CO₂, sedangkan pada kuat arus 100A kekuatan impact tertinggi ada pada Ar –CO₂ sebesar 33.897J. pada kuat arus 120A kekuatan tertinggi terjadi pada gas pelindung Ar – CO₂ sebesar 46.904 J.

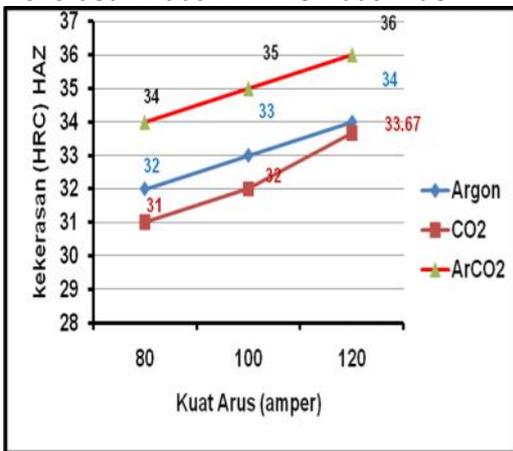
Kekerasan weld metal Vs kuat arus



Gambar 4. Grafik Kekerasan (HRC) Vs Kuat arus

Gambar 4 menjelaskan bahwa pemakaian gas pelindung argon, CO₂ dan campuran gas Argon – CO₂, cenderung kekerasannya naik seiring dengan naiknya kuat arus. Kekerasan tertinggi terjadi pada pemakaian gas pelindung campuran Argon – CO₂ yaitu 18 HRC (80A); 20 HRC (100A); dan 22 HRC (120A). sementara itu kekerasan terendah terjadi pada pemakaian gas pelindung CO₂ dan kekerasan pada *weld metal* adalah 16 HRC (80); 17.5HRC (100) dan 19 HRC (120).

Kekerasan Pada HAZ Vs Kuat Arus



Gambar 5. Grafik Kekerasan (HRC) Vs Kuat arus

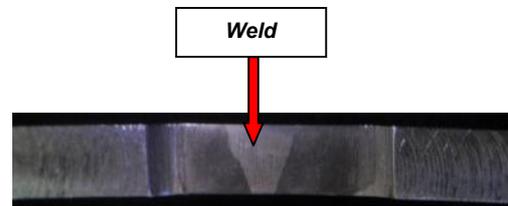
Gambar 5 menjelaskan bahwa pemakaian ketiga gas pelindung argon, CO₂ dan campuran gas Argon – CO₂, cenderung kekerasannya naik seiring dengan naiknya kuat arus. Kekerasan tertinggi terjadi pada pemakaian gas pelindung campuran Argon – CO₂ yaitu 34 HRC (80A); 35 HRC (100A); dan 36 HRC (120A). sementara itu kekerasan terendah terjadi pada pemakaian gas pelindung CO₂ dan kekerasan pada *HAZ* adalah 31 HRC (80); 32 HRC (100) dan 33.67 HRC (120).

PEMBAHASAN

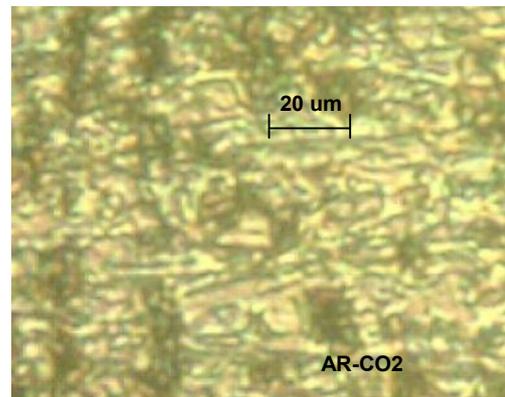
Kekuatan Tarik Max (σU)

Dari gambar 1 dapat dijelaskan bahwa kekuatan tarik tertinggi dari hasil pengelasan dengan gas pelindung Ar –

CO₂ pada kuat arus 100A dan 120A, (gambar 1 dan 2) hal ini disebabkan oleh masukan panas cukup yang membuat *weld metal* dan *base metal* fusi dengan baik serta **tidak** terjadi cacat *lack of fusion*. Seperti pada gambar 6 pada *weld metal* kekerasannya rendah berarti lunak jika dibandingkan dengan kekerasan pada HAZ karena pada *weld metal* feeler metalnya adalah *low carbon steel* sedangkan pada HAZ,base metalnya adalah medium *carbon steel*, sebagaimana terlihat pada gambar 4, dan 5

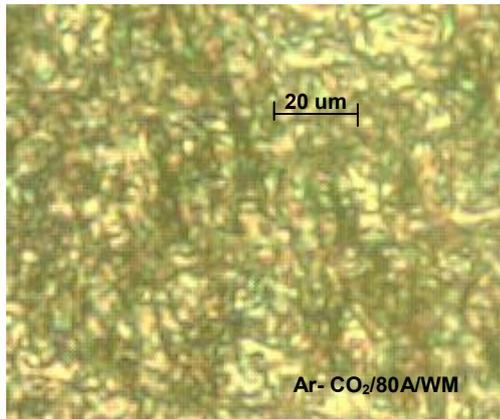


Gambar 6. foto makro hasil las- Ar- CO₂, 20A



Gambar 7. Foto mikro *weld metal*-AR-CO₂ -120A

Gambar 7. Foto mikro *weld metal* dengan gas pelindung Ar –CO₂, pada 120A, terdapat striktur ferit (terang) dan perlit (gelap) dan ada sedikit martensit.



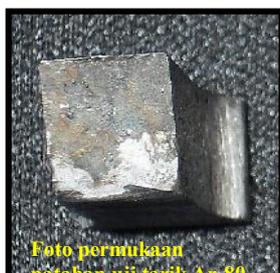
Gambar 8. Fotomikro WM

Sedangkan pada kuat arus 80A, semua penggunaan gas pelindung (Argon; CO2 dan Ar – CO2) ,gambar 8 dan hasil kekuatan tariknya rendah hal ini disebabkan pada kuat arus 80A *heat input* pengelasan kurang sehingga terjadi cacat *lack of fusion* dan terlihat pada gambar foto makro *weld bead* gambar 9 serta patahan permukaan hasil uji tarik gambar 10 dan foto makro gambar 11

Incomplete fusion



Gambar 9. Foto makro *weld bead*



Gambar 10. Foto patahan permukaan uji tarik.



Gambar 11. Foto makro patahan uji tarik

Kekuatan *Impact*

Penentuan letak *notching* uji *impact* dibuat pada daerah *weld metal*, karena pada daerah ini mempunyai *kekuatan impact yang paling rendah*.Tabel 1.

Tabel 1. Tabel hasil pengujian *impact* HSLA Steel weld .

Specimen	Test temperature °C	Energy		
		total, A_T, J	for initiation A_I, J	for propagation A_P, J
BM-1a	20	118	43	75
BM-2a		126	49	77
BM-3a		131	50	81

Table 6. Impact test results for specimen with notch in WM.
Tabela 6. Rezultati ispitivanja udarom za epruvetu sa zarezom u WM

Specimen	Test temperature °C	Energy		
		total, A_T, J	for initiation A_I, J	for propagation A_P, J
WM - 1a	20	47	17	30
WM - 2a		40	12	28
WM - 3a		43	19	24

Table 7. Impact test results for specimen with notch in HAZ.
Tabela 7. Rezultati ispitivanja udarom za epruvetu sa zarezom u HAZ

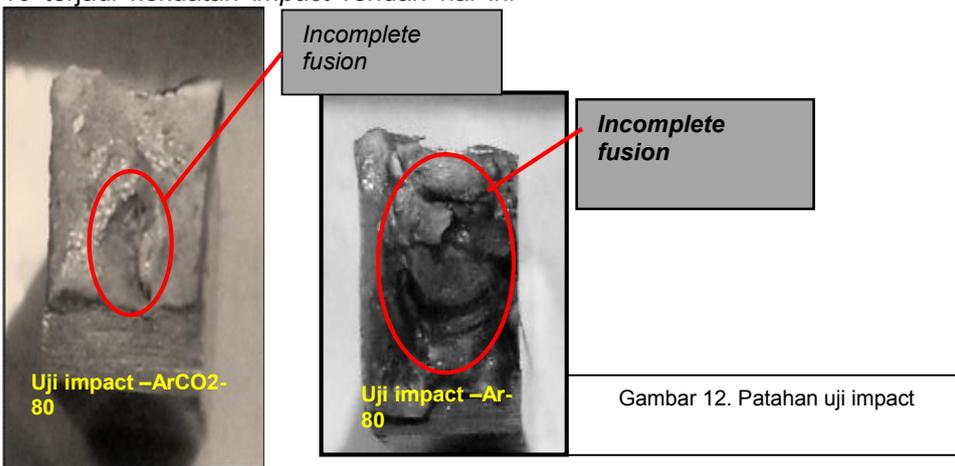
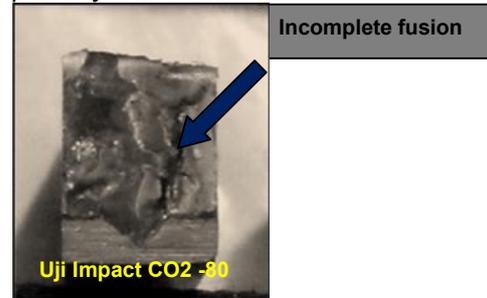
Specimen	Test temperature °C	Energy		
		total, A_T, J	for initiation A_I, J	for propagation A_P, J
HAZ - 1a	20	129	45	84
HAZ - 2a		124	41	83
HAZ - 3a		119	39	80

Sumber: Structural Integrity and Life[6]

Dari gambar 3 diketahui bahwa kekuatan *impact* tertinggi dari hasil pengelasan dengan gas pelindung ArCO₂ pada kuat arus 100A dan 120A, (gambar 3) hal ini disebabkan oleh *heat input* yang cukup membuat weld metal dan base metal fusi dengan baik serta tidak terjadi cacat *lack of fusion*.

Sedangkan pada pengelasan dengan gas pelindung Ar; CO₂; maupun Ar- CO₂ dengan kuat arus 80A masih pada gambar 10 terjadi kekuatan *impact* rendah hal ini

disebabkan kuat arus yang rendah berakibat terhadap kurangnya cukup masukan panas, sehingga logam las tidak bisa ber fusi dengan sempurna. Akibat dari rendahnya masukan panas dalam pengelasan maka akan terjadi kurang mencair *weld metal* dan *base metal* sehingga tidcairan logam tidak sempat berfusi dengan baik antara *weld metal* dan *base metal*. Akibatnya terjadi cacat dalam las. Cacat las ini berakibat terhadap rendahnya kemampuan logam las menerima beban tarik maupun beban kejut. Gambar menunjukkan patahan permukaan material uji. Dari hasil patahan bisa disimpulkan bahwa rendahnya kekuatan *impact* memang akibat dari cacat las yaitu *incomplete fusion* maupun *porosity*



KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari uraian pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa:

Kuat arus berpengaruh terhadap masukan panas pada logam las yang mengakibatkan logam las berfusi dengan baik atau tidak. akibatnya. berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekuatan *impact*.

Saran

Agar penelitian ini berkelanjutan maka ada beberapa saran sebagai berikut:

1. Setelah proses pengelasan perlu dicoba proses berikutnya *quenching* dengan beberapa media.
2. Setelah proses pengelasan perlu diteliti jika dilanjutkan dengan proses *heat treatment* yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Lis, J, A.K Lis and C. Kolan., 2005, "Processing and Properties of C – Mn steel with dual – phase microstructure", *Achievements in Mechanical and Materials Engineering*, p.395 – 398.
- [2]. So, W.J , Kang, M.J, Kim, D.C. ,2010, "Weldability of pulse GMAW joints of 780 Mpa dual- phase steel", *Archives of Materials Science and Engineering*, 41 (1) : 53 – 60.
- [3]. Kim, C-H, Choi,J-K , Kang, M-J , Park, Y-D., 2010,"A Study on the CO₂ Laser Welding characteristics of High Strength Steel up to 1500 Mpa for Automotive application", *J AMME, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 39 (1) : 79 -86.
- [4]. Wegloswski, M.St., 2008,"Effect of Welding Current on Metal transfer in GMAW. Archives of Materials Science and Engineering. 33 (1) : 49 – 56.
- [5]. Čamagič, Ivaca. ,2010,"Variable and Impact testing of HSLA Steel Welds", *Structural Integrity And Life*, Vol 10, 3, p.231-234