

BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1. Data Hasil Penelitian

Pada penelitian pengaruh variasi kuat arus dan debit Gas CO₂ terhadap kekuatan *impact* hasil sambungan las yang dilakukan didapatkan hasil melalui pengujian kekuatan *impact* dengan data didapatkan dari pembacaan metode *impact charpy test*.

4.1.1. Data Hasil Pengujian *Impact*

Pengaruh variasi kuat arus dan debit Gas CO₂ terhadap kekuatan *impact* hasil sambungan las didapatkan hasil melalui pengujian kekuatan *impact*. Dari beberapa sampel data kekuatan *impact* dibawah ini dapat dilihat hasil sebagai berikut :

Spesifikasi pendulum :

- Panjang lengan pendulum : 750 mm
- Berat pendulum : 26,2 kg
- Sudut akhir *dry run* : 101°

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian *impact Charpy*

Arus (ampere)	Debit Gas CO ₂ (l/mnt)	P (mm)	L (mm)	T (mm)	H (mm)	A (mm ²)	sudut awal α (°)	sudut akhir β (°)
120	5	55	10	10	8	80	120	78
120	8	55	10	10	8	80	120	61
120	12	55	10	10	8	80	120	60
160	5	55	10	10	8	80	120	54
160	8	55	10	10	8	80	120	47
160	12	55	10	10	8	80	120	37
200	5	55	10	10	8	80	120	19
200	8	55	10	10	8	80	120	9
200	12	55	10	10	8	80	120	2



4.1.2. Perhitungan Nilai Kekutan Impact

- o Energi yang dibutuhkan secara ideal (Verma, ER. CL, 1976 : 86) :

$$E' = WH1 - WH2$$

$$E' = W (H1 - H2)$$

$$E' = W ((R - R \cos \beta) - (R - \cos \alpha))$$

$$E' = W((1 - \cos \beta) - (1 - \cos \alpha))$$

$$E' = W R (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (2.2)$$

$$E' = 26.2 \times 10 \times 0.75 (\cos 120 - \cos 78)$$

$$E' = 146,027 \text{ Kgf. mm}$$

Dimana,

E' = energi untuk mematahkan spesimen (Kgf.mm)

R = panjang lengan pendulum (mm)

W = berat pendulum (N)

A_0 = luas penampang (mm^2)

$H1$ = tinggi kedudukan awal pendulum (mm)

$H2$ = tinggi pendulum setelah mematahkan (mm)

α = sudut simpangan awal ($^\circ$)

β = sudut simpangan akhir dengan beban ($^\circ$)

- o Kerugian energi terjadi karena adanya gesekan dalam poros bantalan (herman E., Davis, 1964:236). Energi gesekan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$f = W R (\cos \beta - \cos \beta_0) \quad (2.3)$$

$$f = 26.2 \times 10 \times 0.75 (\cos 120 - \cos 101)$$

$$f = 60.92 \text{ Kgf. mm}$$

Dimana,

β_0 = sudut simpangan akhir dengan tanpa beban ($^\circ$)

f = energi gesekan (Kgf.mm)

- o Energi aktual yang diperlukan

$$E = E' - f \quad (2.4)$$

$$E = 146,027 - 60.92$$

$$E = 85,107 \text{ Kgf.mm}$$

Dimana,

E = energi aktual (Kgf.mm)

- o Energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen setiap satuan luas

$$A_k = \frac{E}{A_0} \quad (2.5)$$

$$A_k = \frac{85.107}{80}$$

$$A_k = 1,06 \text{ Kgf.mm/mm}^2$$

Dimana,

A_k = Kekuatan *impact* (Kgf.mm/mm²)

A_0 = Luas penampang batang lintang dibawah takik (mm²)

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil kekuatan *impact* yang ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Data Hasil Kekuatan *Impact*

	Arus (Ampere)	Spesimen ke	Debit Gas CO ₂ (liter/menit)		
			5	8	12
Kekuatan <i>impact</i> (Kgf.mm /mm ²)	120	1	0,98	1,54	1,80
		2	1,14	1,66	1,69
		3	1,06	1,39	1,66
		Rata-rata	1,06	1,53	1,72
	160	1	1,92	2,20	2,32
		2	2,05	2,14	2,43
		3	1,94	2,08	2,45
		Rata-rata	1,97	2,14	2,40
	200	1	2,79	2,89	2,92
		2	2,83	2,89	2,92
3		2,71	2,86	2,92	
Rata-rata		2,78	2,88	2,92	

4.1.3. Perhitungan Nilai Masukan Panas

Contoh perhitungan nilai masukan panas :

$$H = \frac{E \cdot I}{v}$$

$$H = \frac{25 \cdot 120}{1,5}$$

$$H = 2000 \text{ Joule/mm}$$

Keterangan,

H = masukan panas (Joule/mm)

E = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

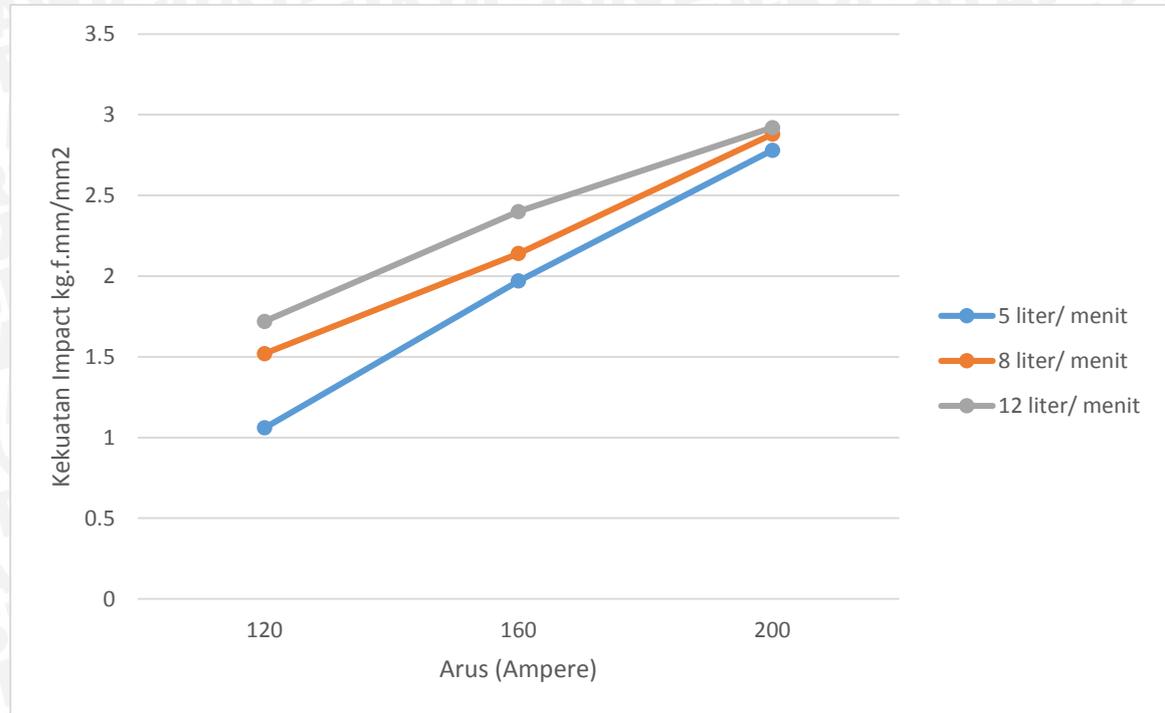
v = kecepatan pengelasan (mm/s)

Tabel 4.3 Nilai Masukan Panas

No.	Arus (ampere)	Kecepatan Pengelasan (mm/s)	Tegangan (volt)	Heat Input (Joule/mm)	Laju pendinginan (s)
1	120	1.5	25	2000	47,215
2	160	1.5	25	2667	73,024
3	200	1.5	25	3333	98,391

4.2. Analisa Grafik dan Pembahasan

4.2.1. Pembahasan Grafik Hubungan Kuat Arus Terhadap Kekuatan *Impact* Hasil Sambungan Las



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Kuat Arus Terhadap Kekuatan *impact* Hasil Sambungan Las

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa grafik mempunyai kecenderungan yang naik dengan semakin tinggi arus pengelasan yang digunakan. Hal ini disebabkan karena semakin besar arus pengelasan maka masukan energi panas yang terjadi cukup tinggi. Oleh karena itu akan membuat hasil lasan menjadi getas.

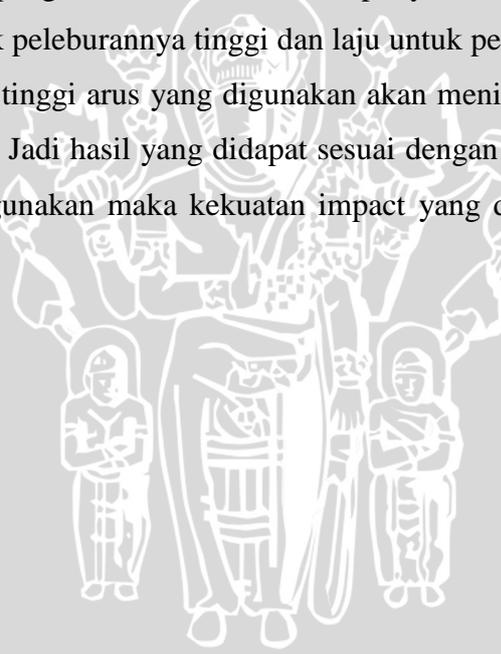
Semakin besar arus pengelasan maka nilai kekuatan *Impact*nya juga semakin besar dan nilai kekuatan *Impact* dengan arus 200 A lebih besar dari pada arus 120 A dan 160 A. Dapat dilihat Pada debit 5 liter/menit grafik hubungan kuat arus dengan kekuatan *Impact* terlihat bahwa dengan arus 120 A, 160 A, dan 200 A cenderung mengalami peningkatan, hal ini dikarenakan arus yang kecil dan debit kecil mengakibatkan masukan panas yang terjadi kurang sehingga penyebaran panas dan peleburan yang terjadi tidak merata dengan baik pada logam lasan.

Pada debit 8 liter/menit grafik hubungan kuat arus dengan kekuatan *Impact* terlihat bahwa dengan arus 120 A, 160 A, dan 200 A cenderung mengalami peningkatan yang signifikan, hal ini dikarenakan masukan panas yang terjadi sudah cukup tinggi namun

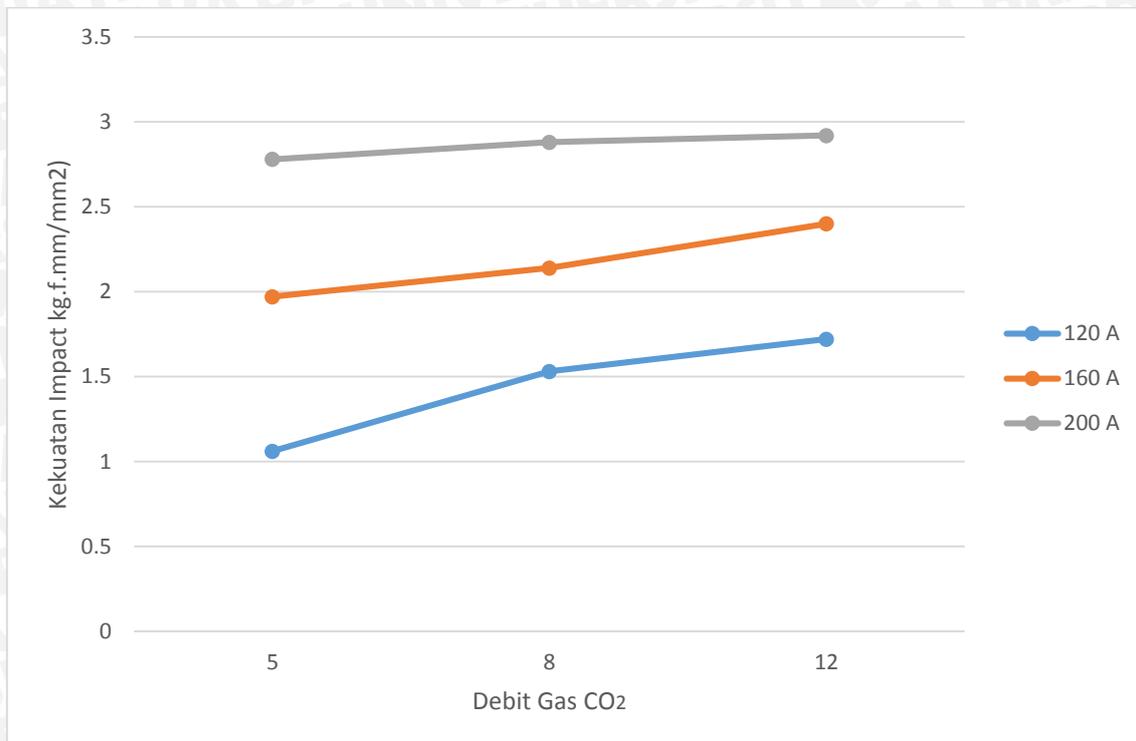
temperatur peleburan antara logam induk dengan logam las merata. Dengan arus yang sesuai maka akan meningkatkan kekuatan *Impact* dari logam lasan.

Pada debit 12 liter/menit grafik hubungan kuat arus dengan kekuatan *Impact* terlihat bahwa dengan arus 120 A, 160 A, dan 200 A cenderung mengalami peningkatan, hal ini dikarenakan masukan panas semakin tinggi menyebabkan temperatur peleburan antara logam induk dengan logam las lebih merata. Sedangkan pada arus 120 A dan 160 A masukan panas yang terjadi masih kurang atau belum cukup untuk menyebarkan panas secara merata pada logam lasan. Sehingga temperatur yang lebih rendah mengakibatkan pendinginan yang terjadi lebih cepat dan mengakibatkan logam lasan menjadi getas dibandingkan dengan logam lasan dengan arus 200 A.

Arus pengelasan sendiri sangat berpengaruh pada hasil pengelasan. Besar atau kecil arus yang dipakai mempengaruhi besar masukan panas pada benda kerja. Hal ini disebabkan semakin besar arus pengelasan maka akan mempunyai masukan energi panas yang tinggi sehingga suhu untuk peleburannya tinggi dan laju untuk pendinginan semakin lama. Oleh karena itu, semakin tinggi arus yang digunakan akan meningkatkan kekuatan *Impact* dari hasil lasan tersebut. Jadi hasil yang didapat sesuai dengan hipotesa. Semakin besar arus pengelasan yang digunakan maka kekuatan *impact* yang dihasilkan semakin besar.



4.2.2. Pembahasan Grafik Hubungan Debit Gas CO₂ Terhadap Kekuatan *impact* Hasil Sambungan Las



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Debit Gas CO₂ Terhadap Kekuatan *impact* Hasil Sambungan Las

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa grafik mempunyai kecenderungan yang naik dengan semakin tinggi debit gas CO₂ pengelasan yang digunakan. Hal ini disebabkan karena semakin besar debit gas CO₂ pengelasan maka akan memberikan perlindungan pada saat proses pengelasan dari oksidasi atmosfer ataupun yang lainnya. proses pendinginan yang dilakukan menggunakan pendinginan lama dengan media udara, sehingga struktur butiran yang terbentuk pada logam lasan cenderung ulet.

Pengujian *Impact* mengalami kenaikan. Semakin besar debit gas CO₂ maka nilai kekuatan *Impact*nya juga semakin besar dan nilai kekuatan *Impact* dengan debit gas CO₂ 12 liter/menit lebih besar dari pada debit gas CO₂ 5 liter/menit dan 8 liter/menit.

Pada arus 120 A grafik hubungan debit gas CO₂ dengan kekuatan *Impact* terlihat bahwa dengan debit 5 liter/menit dan 8 liter/menit cenderung mengalami peningkatan signifikan dan pada debit 12 liter/ menit kembali mengalami peningkatan namun tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan karena semakin kecil debit gas CO₂ pengelasan maka akan mengurangi perlindungan pada saat proses pengelasan dari oksidasi atmosfer dan

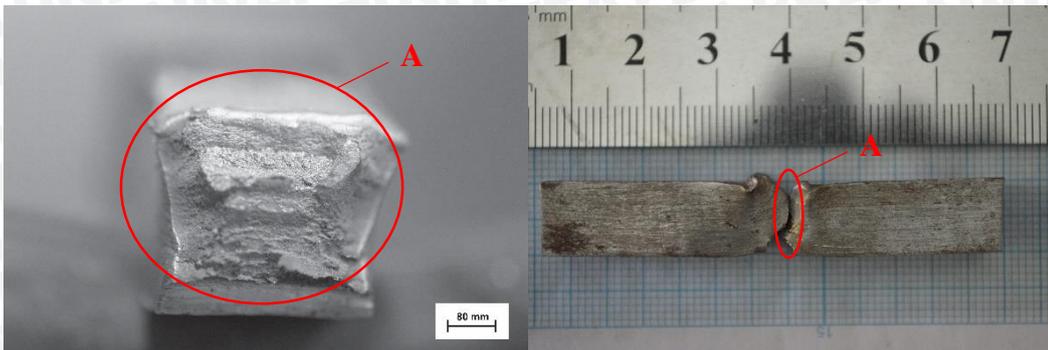
banyak kemungkinan akibat terkontaminasi udara dari luar mengakibatkan hasil lasan tidak merata ataupun terjadi porositas. Sehingga membuat hasil lasan cenderung getas

Pada arus 160 A grafik hubungan debit gas CO₂ dengan kekuatan *Impact* terlihat bahwa dengan debit 5 liter/menit, 8 liter/menit dan 12 liter/menit cenderung mengalami peningkatan yang konstan. Hal ini disebabkan karena debit gas CO₂ pengelasan sudah cukup optimum sehingga perlindungan pada saat proses pengelasan dari oksidasi atmosfer baik dan kontaminasi udara dari luar sudah mulai berkurang mengakibatkan hasil lasan merata dan mengurangi terjadinya porositas. Karena debit gas yang sudah cukup optimum membuat hasil lasan cenderung ulet.

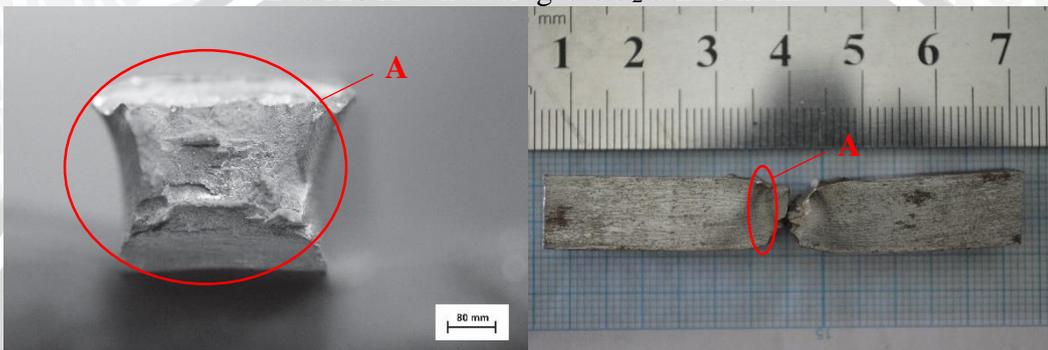
Pada arus 200 A grafik hubungan debit gas CO₂ dengan kekuatan *Impact* terlihat bahwa dengan debit 5 liter/menit, 8 liter/menit dan 12 liter/menit cenderung mengalami peningkatan yang cukup konstan, Hal ini disebabkan semakin besar debit gas CO₂ pengelasan maka akan memberikan perlindungan pada saat proses pengelasan dari oksidasi atmosfer dan oksidasi dari udara lainnya seperti debu atau lainnya. Laju pendinginan yang lama dengan udara ruangan maka dan debit gas yang optimum menyebabkan struktur butiran hasil lasan bersifat ulet yang mempengaruhi kekuatan *Impact*.

Debit gas CO₂ pada pengelasan GMAW sendiri sangat berpengaruh pada hasil pengelasan. Besar atau kecil debit yang dipakai mempengaruhi besar masukan panas pada benda kerja Konsentrasi busur las yang tinggi, efisiensi yang cukup baik, terdapat terak yang cukup banyak, kekuatan *Impact* dan elastisitas yang cukup tinggi, dan mempunyai sifat kedap udara yang baik. Sedangkan untuk faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas atau hasil dari lasan adalah ; besarnya kecepatan aliran gas karbon dioksida (CO₂) yang digunakan, besarnya arus yang digunakan sebagai energi panas, dan jenis bahan yang digunakan. Hal ini disebabkan semakin besar debit gas CO₂ pengelasan maka akan memberikan perlindungan pada saat proses pengelasan dari oksidasi atmosfer. Oleh karena itu, semakin besar debit Gas CO₂ yang digunakan akan meningkatkan kekuatan *Impact* dari hasil lasan tersebut. Jadi hasil yang didapat dari penelitian sesuai dengan hipotesa.

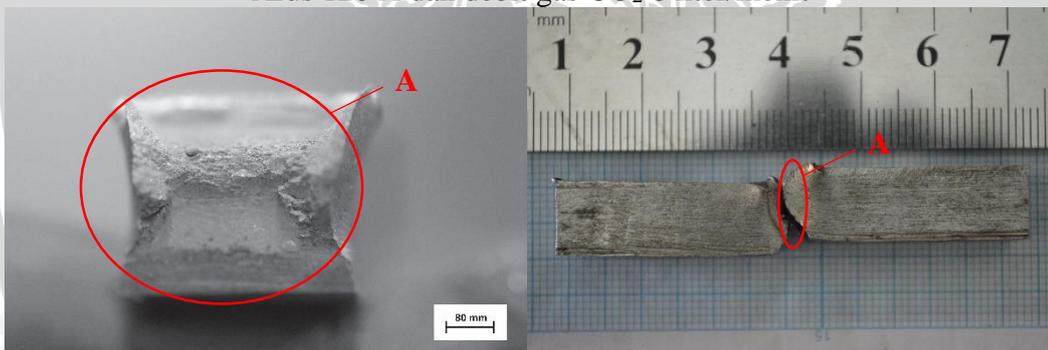
4.2.3. Pembahasan Foto Makro Permukaan Patahan Hasil Pengujian *Impact*



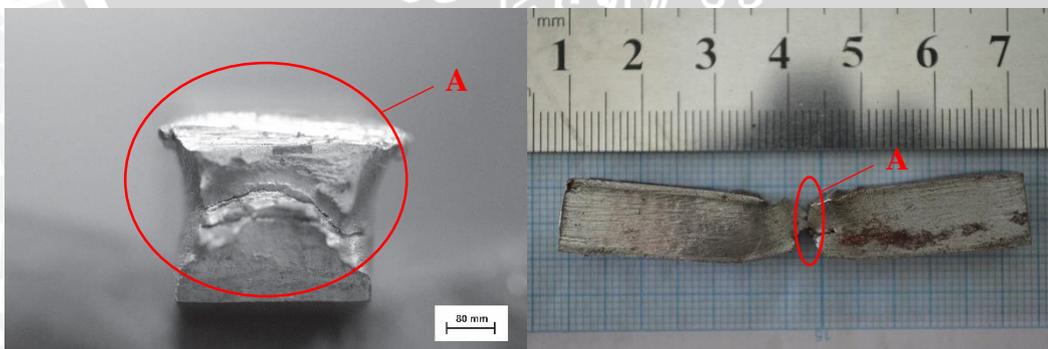
Arus 120 A dan debit gas CO₂ 5 liter/menit



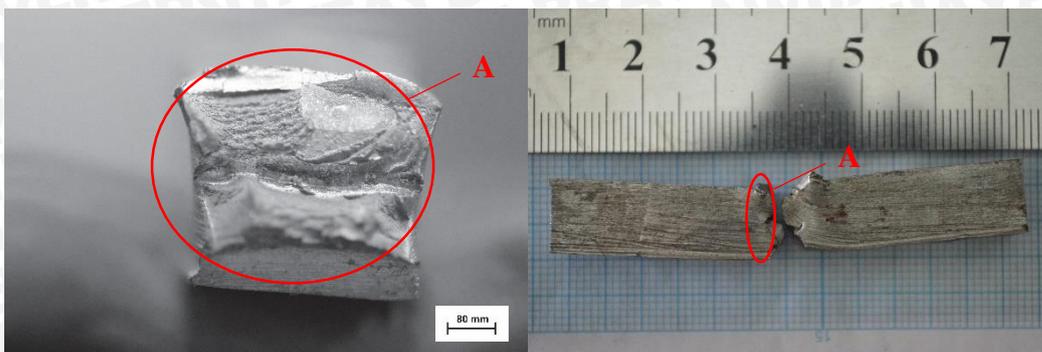
Arus 120 A dan debit gas CO₂ 8 liter/menit



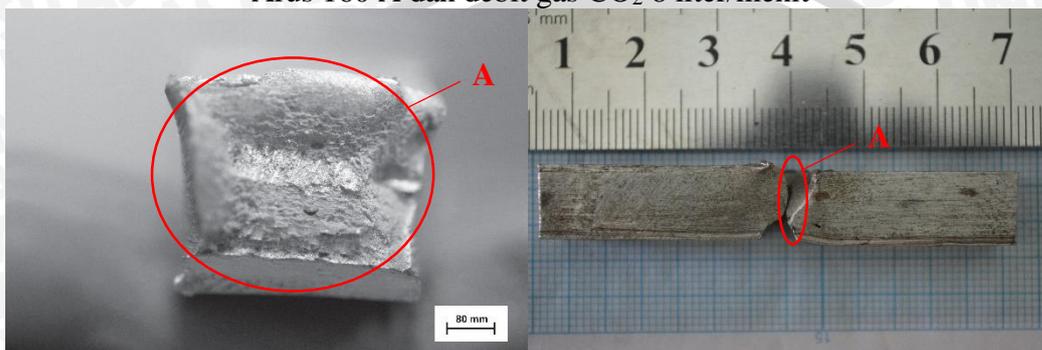
Arus 120 A dan debit gas CO₂ 12 liter/menit



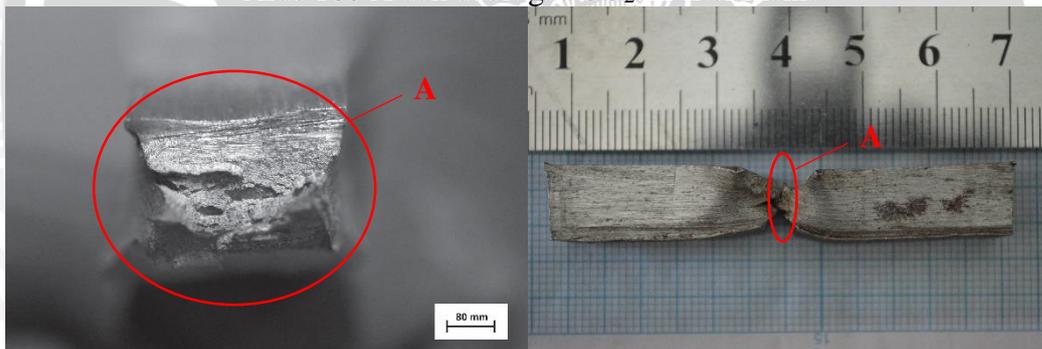
Arus 160 A dan debit gas CO₂ 5 liter/menit



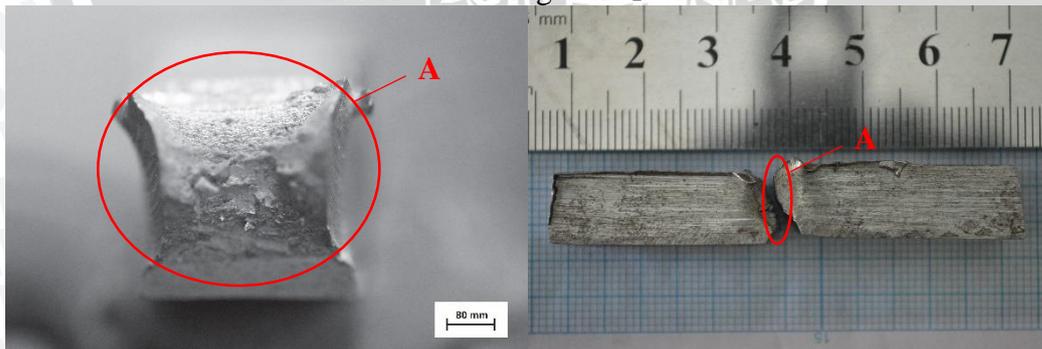
Arus 160 A dan debit gas CO₂ 8 liter/menit



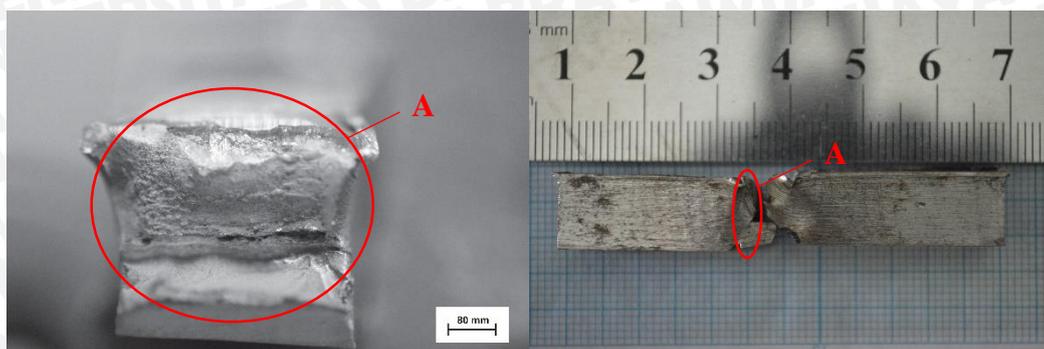
Arus 160 A dan debit gas CO₂ 12 liter/menit



Arus 200 A dan debit gas CO₂ 5 liter/menit



Arus 200 A dan debit gas CO₂ 8 liter/menit



Arus 200 A dan debit gas CO₂ 12 liter/menit
 Gambar 4.3 Hasil foto makro permukaan patahan hasil pengujian *impact* dengan pembesaran 80x

Tabel 4.4 Presentase Luasan Permukaan Ulet dan Getas

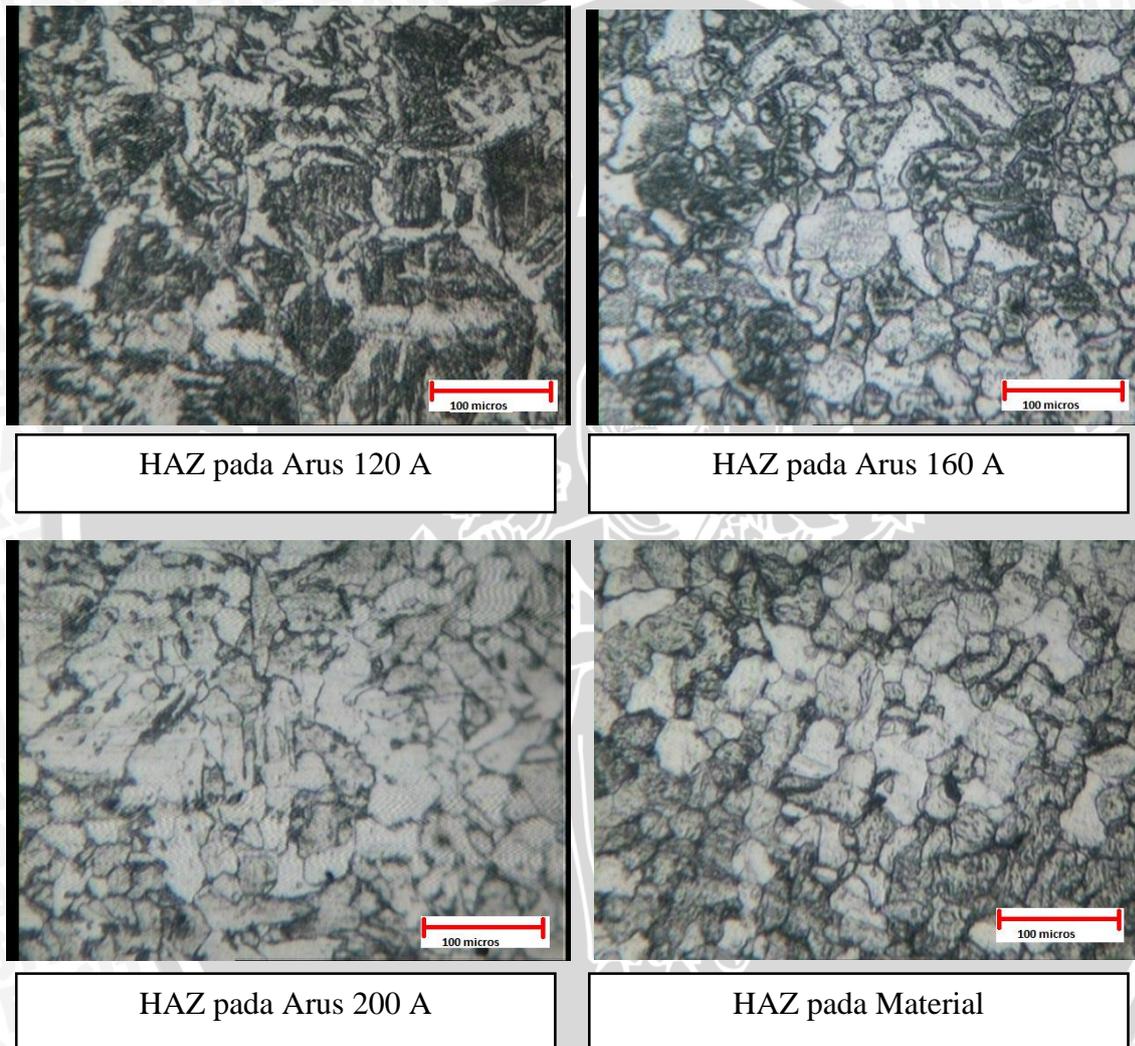
Arus	Debit Gas CO ₂	Ulet (%)	Getas (%)
120	5	48	52
	8	52	48
	12	55	45
160	5	54	46
	8	57	43
	12	64	36
200	5	62	38
	8	71	29
	12	81	19

Gambar diatas adalah foto makro hasil patahan setelah pengujian *impact*, dapat dilihat bahwa terdapat 2 jenis patahan yaitu patahan getas dan ulet. Terlihat bahwa pada arus 120 A dengan debit gas CO₂ 5 liter/menit patahan yang terjadi pada permukaan hasil lasan adalah patahan getas. Hal itu disebabkan karena pada arus dan debit kecil semakin kecil arus pengelasan maka masukan energi panas yang terjadi kecil dan semakin kecil debit maka perlindungan dari kontaminasi atmosfer yang terjadi kurang sehingga mengakibatkan hasil kekuatan *impact*nya rendah yaitu 1,06 kgf.mm/mm². pada arus 200 A dengan debit gas CO₂ 12 liter/menit patahan yang terjadi pada permukaan hasil lasan adalah patahan ulet. Hal itu disebabkan karena pada arus dan debit semakin besar arus pengelasan maka masukan energi panas yang terjadi besar dan semakin besar debit maka perlindungan

dari kontaminasi atmosfer dan udara sekitar yang terjadi baik, sehingga mengakibatkan hasil kekuatan impactnya tinggi yaitu 2,92 kgf.mm/mm².

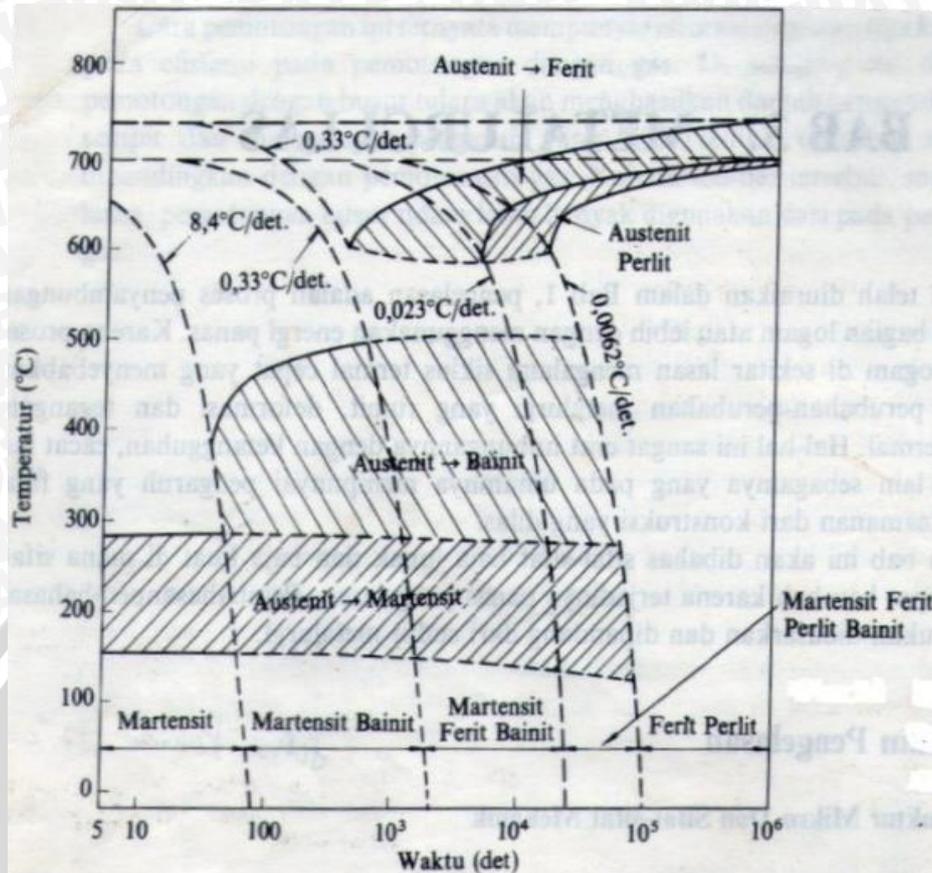
4.2.4. Pembahasan Foto Makro Permukaan Patahan Hasil Pengujian *Impact*

Dari hasil pengelasan pelat baja St37 dengan variasi arus didapatkan perubahan struktur mikro pada daerah HAZ yang bisa dilihat pada foto sebagai berikut:



Gambar 4.4 Hasil foto mikro struktur pada daerah HAZ dan RAW material pada pengelasan GMAW pelat baja St37 dengan perbesaran 400x.

Dengan menggunakan perhitungan Rosenthal, bisa mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk hasil lasan mengalami penurunan temperatur dari 800°C sampai 500°C. Dari tabel 4.3 didapatkan dengan heat input yang semakin meningkat lama waktu yang dibutuhkan juga semakin lama. Pada diagram CCT bisa diperkirakan pembentukan mikro struktur yang akan terbentuk dengan lamanya proses pendinginan hasil lasan.



Gambar 4.5 Diagram CCT

Dari diagram CCT diatas bisa diperkirakan struktur mikro yang akan terbentuk pada lamanya proses pendinginan pada hasil lasan tersebut. Semakin cepat proses pendinginan maka material tersebut akan semakin tinggi pula hasil kekuatan bendungnya. Hal ini bisa dilihat pada foto mikro pada daerah HAZ struktur mikro yang terlihat banyak terkandung pearlite.

Tabel 4.5 Persentase pembentukan *pearlite* pada daerah HAZ

Arus (Ampere)	Persentase Pearlite
120	59%
160	35%
200	25%

Pada tabel 4.4 dijelaskan bahwa dari hasil foto mikro struktur daerah HAZ, setelah proses dengan ImageJ membuktikan bahwa banyak terdapat struktur pearlite yang terbentuk pada variasi arus 120 ampere dan ini menguatkan pembahasan diatas karena

semakin banyak pearlite yang terbentuk material tersebut semakin keras dan struktur butirannya menjadi getas.

