

## Pengaruh Medan Elektromagnetik dan Parameter Pengelasan dalam Penetrasi Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG)

Ario Sunar Baskoro<sup>a</sup>, Frisman Sitanggang<sup>a</sup>, Yogi Adrian<sup>a</sup>, Winarto<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering  
University of Indonesia, Depok 16424  
Tel : (021) 7270032 ext 203. Fax : (021) 7270033  
E-mail : ario@eng.ui.ac.id

<sup>b</sup>Metallurgical and Materials Engineering Department, Faculty of Engineering  
University of Indonesia, Depok 16424  
E-mail : winarto@metal.ui.ac.id

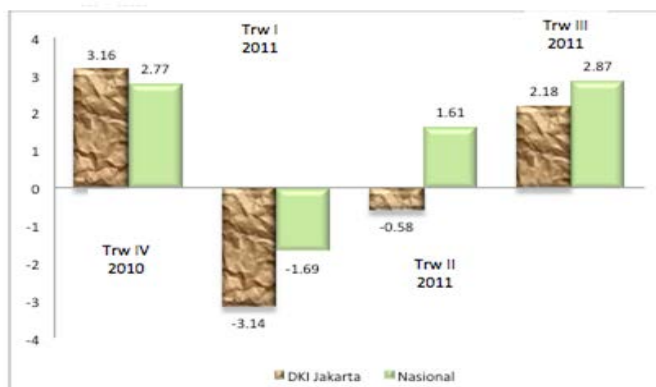
### Abstrak

Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) merupakan salah satu metode pengelasan yang banyak digunakan dalam industri manufaktur terutama yang bergerak di bidang otomotif, penerbangan dan penyambungan logam tipis. Namun penggunaan metode pengelasan ini hanya terbatas karena hanya dilakukan oleh para operator berpengalaman dan mahal dalam pemakaian. Penelitian ini dilakukan dengan cara memberikan pengaruh medan elektromagnetik kepada busur las. Medan elektromagnetik dibangkitkan dengan menggunakan empat solenoid yang diletakkan di sekeliling busur las. Pengaktifan medan elektromagnetik dikendalikan oleh modul yang terhubung dengan komputer. Pemegang busur las (*welding torch*) didesain agar dapat bergerak vertikal sedangkan benda uji bergerak maju dan mundur. Citra pergerakan busur selama pengelasan direkam dengan menggunakan kamera CCD. Hasil penelitian ini adalah busur las menjadi stabil, penetrasi pengelasan menjadi lebih dalam dan pemakaian daya yang lebih rendah. Pada pengujian pengelasan dengan kecepatan yang sama didapatkan bahwa pengaruh medan elektromagnetik mampu menurunkan penggunaan daya sebesar 9% pada arus pengelasan 110 A, kecepatan 1,2 mm/s, dan *delay* 50 ms. Sedangkan pada pengujian pengelasan dengan kecepatan yang berbeda didapatkan bahwa tidak terdapat peningkatan efisiensi penggunaan daya menggunakan medan elektromagnetik.

**Kata kunci:** TIG Welding, Efisien Daya Listrik, Medan Elektromagnetik, Penetrasi Pengelasan, Kamera CCD

### 1. Pendahuluan

Sejak pertama kali ditemukan, pengelasan telah mengalami banyak perkembangan dan kini menjadi bagian sentral dalam industri manufaktur, termasuk di Jakarta yang merupakan pusat industri di Indonesia. Data statistik Pemda DKI Jakarta menunjukkan bahwa industri manufaktur di Jakarta dan Indonesia terus bertambah seperti ditunjukkan pada Gambar 1 [1]. Hal ini memicu meningkatnya kebutuhan terhadap teknik pengelasan yang efisien dan handal.

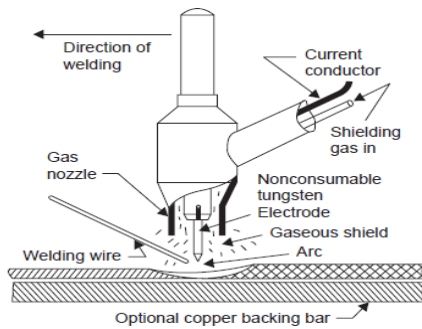


**Gambar 1.** Grafik Pertumbuhan Produksi Industri Manufaktur triwulan III [1]

*Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) adalah salah satu metode pengelasan listrik yang menghasilkan penyambungan logam bermutu tinggi yang disebut juga pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) oleh *International Institute of Welding* (IIW) [2]. Metode pengelasan ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah busur terkonsentrasi dan tidak menghasilkan terak las (*slag*), percikan las (*spatter*), dan asap (*smoke*) [3]. Selain itu, pengelasan TIG juga mampu menunjukkan konsentrasi tegangan (*stress concentration*), tegangan residu (*residual stresses*), dan distorsi dalam pengelasan [4].

Pengelasan TIG menggunakan elektroda berupa tungsten yang berfungsi sebagai penghantar. Gambar 2 menunjukkan skema pengelasan TIG. Elektroda ini akan mengeluarkan busur las (*arc welding*) yang terlindungi oleh gas inert (misalnya He<sub>2</sub>, Ar<sub>2</sub>, atau campuran keduanya) yang berguna untuk melindungi busur las dari udara sekitar yang cenderung dapat mengganggu hasil las.

Pengelasan TIG umumnya dilakukan dengan cara manual. Oleh karena itu, pengalaman operator las sangat berperan dalam membuat lasan yang baik. Hal ini dikarenakan operator harus memegang busur las secara sempurna dan mampu menentukan kecepatan ayunan dengan kecepatan yang konstan.



**Gambar 2.** Pengelasan TIG [2]

Busur las yang dihasilkan selama pengelasan berbentuk plasma. Bentuk ini terjadi karena panas yang dihasilkan sangat tinggi, bahkan mampu mencapai  $19.426^{\circ}\text{C}$ . Kondisi ini mengakibatkan ion-ion dan elektron gas didalam busur terionisasi dan bergerak bebas mengelilingi busur las. Karena terdapat partikel bermuatan bebas, busur tersebut terpengaruh oleh gaya magnetik. Namun, keberadaan medan elektromagnetik di sekitar busur las sangat dihindari karena dapat memicu fenomena *magnetic arc blow* atau fenomena defleksi busur las yang berakibat percikan las berlebih, porositas, penetrasi berubah, dan kualitas las buruk [aws technical field]. Namun, dalam beberapa kasus, medan elektromagnetik dapat digunakan untuk mengendalikan pergerakan defleksi busur untuk meningkatkan mutu las [5].

Penelitian tentang pemanfaatan medan elektromagnetik terhadap busur las telah dilakukan oleh H.C. Tse, dkk [6] dengan hasil kesimpulan bahwa medan elektromagnetik membantu penetrasi pengelasan dan penelitian oleh Nomura Kazufumi, dkk [7] menyimpulkan bahwa busur las akan menjadi elips selama diberi medan elektromagnetik secara statis.

Penelitian kali ini mencoba menggunakan pengaruh medan elektromagnetik pada pengelasan TIG tanpa bahan tambahan (*Autogenous TIG Welding*) dengan tipe arus *DC Electrode Negative* (DCEN). Medan elektromagnetik tersebut dibangkitkan dengan menggunakan empat solenoid yang diletakkan di sekeliling busur dan diaktifkan dengan *delay* waktu tertentu. Pengaruh medan elektromagnetik akan diteliti pengaruhnya terhadap kestabilan, pergerakan dan penetrasi busur. Dan tujuan penelitian ini adalah untuk meminimalkan penggunaan input kalor (*heat input*) yang dibutuhkan dalam pengelasan dan menghasilkan penetrasi las yang lebih dalam.

## 2. Metode Eksperimen

Spesifikasi pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Pengelasan

No	Uraian	Keterangan
1	Mesin las dan Perlengkapan	Tipe DCEN
2	Magnetik Solenoid	4 pcs ( $I = 0,15\text{A}$ , $V = 5\text{V}$ , $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}\text{ T/Amp M}$ )
3	Elektroda	EWP, diameter= 2,4 mm,
4	Workpiece	SS 304 ( 2mm x 50 mm x 100mm)
5	Dudukan solenoid	1 buah , bahan alumunium
6	Arus	110 - 120 A
7	Aliran gas Argon	5ml
8	Kecepatan pengelasan	0,9 mm/s – 1,2 mm/s
9	Jarak Ujung Elektroda terhadap benda kerja	3-5 mm
10	Jarak Ujung elektroda terhadap ujung keramik busur	2-3mm
11	Pulsa	Low
12	Frekuensi	70 z

### 2.1. Perhitungan Parameter Pengujian

Sebelum melakukan pengujian, nilai parameter yang diberikan alat harus dicari terlebih dahulu agar eksperimen menjadi komprehensif. Perhitungan nilai parameter tersebut adalah besar medan elektromagnetik. Besar medan elektromagnetik yang diberikan oleh solenoid yaitu 3,77 T atau 3,77 Gauss. Besar *heat input* yang diberikan selama pengelasan ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Heat Input

Kecepatan (mm/s)	Arus (A)	Voltase (V)	Delay (ms)	Heat Input (kJ/mm)
0,9	120	30	0	4
0,9	110	30	0	3,6
0,9	110	30	50	3,6
0,9	110	30	150	3,6
0,9	110	30	300	3,6
1,2	120	30	0	3
1,2	110	30	0	2,75
1,2	110	30	50	2,75
1,2	110	30	150	2,75
1,2	110	30	300	2,75

## 2.2 Pengujian

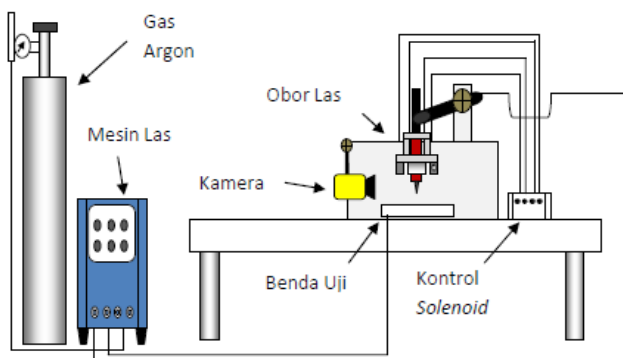
Pengujian diawali dengan menggunakan solenoida yang dipasang pada dudukannya dan kemudian diletakkan pada sisi keramik TIG *torch*. Dudukan tersebut dibuat dengan ketentuan sudut 0°, 90°, 270°, dan 360°. Setelah itu, mesin las disesuaikan spesifikasinya dengan ketentuan tipe arus *low* dengan frekuensi 70 Hz dan arus 110A - 120 A. Tabel 3 menunjukkan kondisi pengujian benda kerja.

**Tabel 3.** Pengujian Benda Kerja

Benda Kerja (BK)	Kondisi Medan Elektromagnetik	Delay (ms)	Arus (A)	Kecepatan Pengelasan (mm/s)
BK 1	Tanpa Solenoid	0	110	0,9
BK 2	4 solenoid aktif	50	110	0,9
BK 3	4 solenoid aktif	150	110	0,9
BK 4	4 solenoid aktif	300	110	0,9
BK 5	Tanpa Solenoid	0	120	1,2
BK 6	4 solenoid aktif	50	120	1,2
BK 7	4 solenoid aktif	150	120	1,2
BK 8	4 solenoid aktif	300	120	1,2

Pengaktifan medan elektromagnetik dikendalikan oleh modul mikrokontroler dengan nilai *delay* waktu 50 ms, 150 ms, dan 300 ms. Modul tersebut terhubung dengan komputer yang telah ter-*instal* oleh *software* AVR.

Benda uji (*workpiece*) yang digunakan adalah material SS 304 dengan dimensi 2 mm x 10 mm x 5 mm, kecepatan pengelasan 0,9 mm/s dan 1,2 mm/s, dan laju aliran gas argon 5 ml/s. Skema pengelasan ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Skema Pengelasan

Adapun proses pengelasan diatas dilakukan dengan beberapa tahapan. Tahapan tersebut adalah :

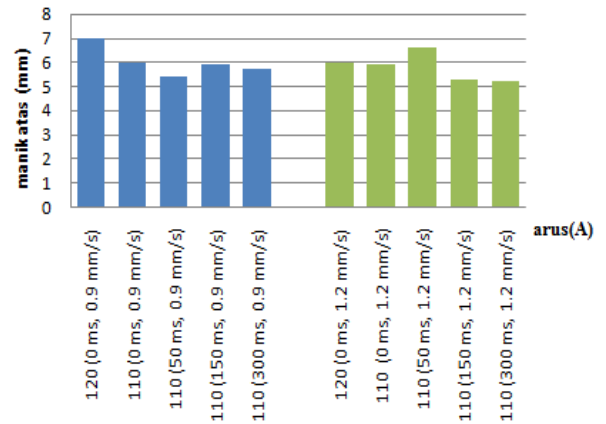
1. Pasangkan anoda pada elektroda dan katoda pada benda kerja.
2. Hubungkan mesin las dan mesin penggerak ke sumber tegangan listrik.
3. Atur arus pada mesin las dan kecepatan pengelasan pada mesin penggerak.

4. Atur aliran gas yang akan digunakan.
5. Aktifkan kamera dan sistem kendali solenoid.
6. Lakukan pengelasan.

## 3. Hasil dan Analisis

### 3.1. Hasil Pengelasan Pada Kecepatan Pengelasan Yang Sama

#### 3.1.1. Analisis Lebar Manik Atas



**Gambar 4.** Lebar Manik Atas dengan Kecepatan 0,9 dan 1,2 mm/s

Pada Gambar 4, pengelasan dengan arus 120 A, kecepatan 0,9 mm/s dan tanpa medan elektromagnetik menghasilkan lebar manik atas yang paling besar (lebar rata-rata 7,0 mm ) jika dibandingkan dengan arus 110 A dengan dan tanpa medan elektromagnetik. Hasil ini sesuai dengan pemahaman pengelasan bahwa besar arus berbanding lurus dengan lebar manik las atas.

Pada Tabel 4 ditunjukkan bahwa input kalor pada pengelasan dengan arus 120 A, kecepatan 0.9 mm/s adalah 4 kJ/mm, sedangkan pada arus 110 A dengan kecepatan yang sama adalah 3,6 kJ/mm. Data tersebut menunjukkan bahwa penggunaan input kalor yang lebih rendah (110 A) dan dengan penambahan medan elektromagnetik pada busur, tidak dapat menghasilkan lebar manik atas yang mendekati lebar manik yang dihasilkan oleh arus yang lebih besar (120 A). Hal ini dapat disimpulkan bahwa tidak ada efisiensi daya dalam membentuk lebar manik las.

**Tabel 4.** Lebar Manik Atas dengan Kecepatan 0,9 mm/s


Kecepatan (mm/s)	Arus (A)	Voltase (V)	Delay (ms)	Heat Input (kJ/mm)	Manik Atas (mm)
0,9	120	30	0	4	7
0,9	110	30	0	3,6	6
0,9	110	30	50	3,6	5,4
0,9	110	30	150	3,6	5,9
0,9	110	30	300	3,6	5,7

= Pengujian tanpa menggunakan solenoid

Pengelasan pada kecepatan 1.2 mm/s memberikan hasil yang berbeda sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5. Pengelasan dengan arus 110 A, kecepatan 1,2 mm/s dan *delay* 50 ms (lebar rata-rata 6.6 mm) membentuk lebar permukaan yang melebihi lebar yang dihasilkan oleh arus 120 A. Ini menunjukkan tingkat *fusion* pada arus 110 A, *delay* 50 ms, dan kecepatan 1,2 mm/s cukup tinggi sehingga dapat menambah nilai kekuatan las.

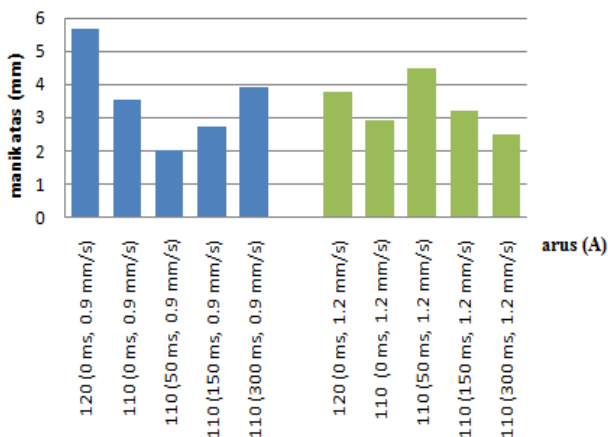
**Tabel 5.** Lebar Manik Atas dengan Kecepatan 1,2 mm/s

Kecepatan (mm/s)	Arus (A)	Voltase (V)	Delay (ms)	Heat Input (kJ/mm)	Manik Atas (mm)
1,2	120	30	0	3	6
1,2	110	30	0	2,75	5,9
1,2	110	30	50	2,75	6,6
1,2	110	30	150	2,75	5,3
1,2	110	30	300	2,75	5,2

 = Pengujian tanpa menggunakan solenoid

Pengelasan dengan kecepatan 1,2 mm/s menunjukkan adanya hubungan antara penggunaan *delay* dan pemakaian arus yang rendah terhadap lebar manik atas. Penggunaan *delay* 50 ms pada arus 110 A (lebar 6,6 mm) dapat melebihi lebar manik yang dihasilkan oleh arus 120 A (lebar 6 mm). Penggunaan medan elektromagnetik dengan *delay* tersebut memberikan efisiensi input kalor sebesar 9% .

3.1.2 Analisis Lebar Manik Bawah



**Gambar 5.** Lebar Manik Bawah dengan Kecepatan 0,9 mm/s dan 1,2 mm/s


Gambar 5 menunjukkan bahwa pengelasan dengan arus 110 A, kecepatan 0,9 mm/s, dan dengan *delay* 50 ms membentuk lebar manik terkecil, yaitu 2 mm, sedangkan terbesar terbentuk dengan menggunakan arus 120 A , kecepatan 0,9 mm/s. Manik las terbesar karena busur las mendapat input kalor yang besar. Hal yang berbeda terjadi pada kecepatan 1,2 mm/s.

Penggunaan medan elektromagnetik dengan *delay* 50 (rata – rata 4,5 mm) menghasilkan lebar yang lebih dalam jika dibandingkan dengan arus 120 (rata-rata 3,8 mm) pada kecepatan yang sama. Penggunaan *delay* 50 ms membantu busur tetap fokus pada titik pengelasan namun dapat tetap memberi efek panas kepada daerah terdekat sehingga dapat membantu busur las mencapai dasar *workpiece* dan membentuk manik bawah las yang lebih lebar.

Input kalor pengelasan dengan kecepatan 0,9 mm/s berada pada nilai 4 kJ/mm dan 3 kJ/mm. Penggunaan *delay* dengan arus 110 A tidak dapat mendekati lebar yang dihasilkan oleh arus 120 A, namun penggunaan *delay* 300 ms dengan arus 110 A mampu melebihi lebar manik yang dihasilkan oleh arus 110 A tanpa *delay* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Lebar Manik Bawah dengan Kecepatan 0,9 mm/s


Kecepatan (mm/s)	Arus (A)	Voltase (V)	Delay (ms)	Heat Input (kJ/mm)	Manik Bawah (mm)
0,9	120	30	0	4	5,7
0,9	110	30	0	3,6	3,5
0,9	110	30	50	3,6	2
0,9	110	30	150	3,6	2,7
0,9	110	30	300	3,6	3,9

 = Pengujian tanpa menggunakan solenoid

Pengelasan dengan menggunakan kecepatan 1,2 mm/s menghasilkan lebar terbesar pada arus 110 A dan *delay* 50 ms seperti ditunjukkan pada Tabel 7. Penggunaan *delay* dan arus tersebut membentuk lebar 4,5 mm. Nilai ini lebih lebar 0,7 mm dari lebar yang dihasilkan arus 120 A. Hal ini menghasilkan adanya efisiensi input kalor sebesar 9 %.

**Tabel 7.** Lebar Manik Bawah Kecepatan 1,2 mm/s

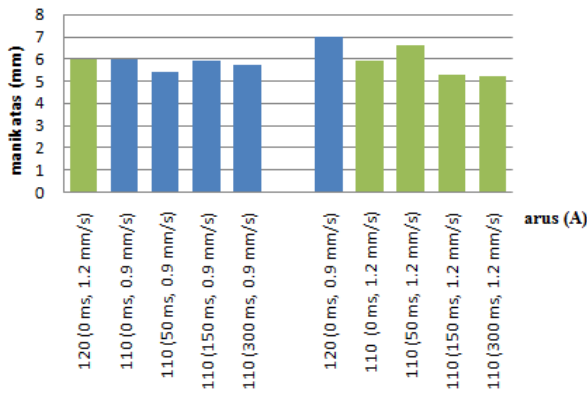
Kecepatan (mm/s)	Arus (A)	Voltase (V)	Delay (ms)	Heat Input (kJ/mm)	Manik Bawah (mm)
1,2	120	30	0	3	3,8
1,2	110	30	0	2,75	2,9
1,2	110	30	50	2,75	4,5
1,2	110	30	150	2,75	3,2
1,2	110	30	300	2,75	2,5

 = Pengujian tanpa menggunakan solenoid

**3.2 Hasil Pengelasan Pada Kecepatan Pengelasan Yang Berbeda**

3.2.1 Analisis Lebar Manik Atas





**Gambar 6.** Lebar Manik Las Atas pada Kecepatan dan Arus Berbeda

Pengelasan berarus 120 A, kecepatan 1,2 mm/s menghasilkan lebar manik yang sama dengan arus 110 A, kecepatan 0,9 mm/s. Penggunaan *delay* 150 ms, kecepatan 1,2 mm/s, dan arus 110 menghasilkan lebar yang mendekati arus 120 A, kecepatan 1,2 mm/s. Hasil ini dapat disimpulkan bahwa kecepatan yang rendah dan penggunaan medan elektromagnetik mempengaruhi lebar manik atas. Efisiensi input kalor tidak terjadi dalam data percobaan ini karena input kalor dengan arus 110 A, kecepatan 0,9 mm/s adalah 3,6 kJ/mm, lebih besar 0,6 kJ/mm dari pengelasan yang menggunakan arus 120 A kecepatan 1,2 mm/s sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Lebar Manik Atas dengan Kecepatan dan Arus Berbeda

Kecepatan (mm/s)	Arus (A)	Voltase (V)	Delay (ms)	Heat Input (kJ/mm)	Manik Atas (mm)
1,2	120	30	0	3	6
0,9	110	30	0	3,6	6
0,9	110	30	50	3,6	5,4
0,9	110	30	150	3,6	5,9
0,9	110	30	300	3,6	5,7

= Pengujian tanpa menggunakan solenoid

Lebar manik terbesar terjadi pada pengelasan dengan arus 120 A, kecepatan 0,9 mm/s seperti ditunjukkan pada Tabel 9. Hal ini terjadi karena kecepatan lebih rendah dan arus yang besar sehingga input yang dihasilkan menjadi tinggi, yaitu 4 kJ/mm. Input kalor yang tinggi membuat bentuk busur yang menjadi lebih besar sehingga jangkauan pengelasan menjadi lebih lebar. Selain itu, penggunaan medan elektromagnetik mempengaruhi menambah lebar manik. Penggunaan medan elektromagnetik dengan *delay* 50 ms, kecepatan 1,2 mm/s dapat meningkatkan lebar manik sebesar 0,8 mm bila dibandingkan dengan pengelasan 110 A tanpa medan elektromagnetik. Oleh karena itu, untuk mendapatkan

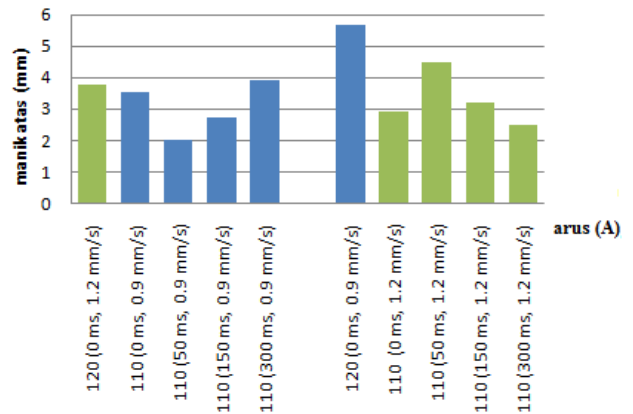
lebar manik yang besar diperlukan penggunaan input kalor yang tinggi.

**Tabel 9.** Lebar Manik Atas dengan Kecepatan dan Arus Berbeda

Kecepatan (mm/s)	Arus (A)	Voltase (V)	Delay (ms)	Heat Input (kJ/mm)	Manik Atas (mm)
0,9	120	30	0	4	7
1,2	110	30	0	2,75	5,9
1,2	110	30	50	2,75	6,6
1,2	110	30	150	2,75	5,3
1,2	110	30	300	2,75	5,2

= Pengujian tanpa menggunakan solenoid

3.2.2 Analisis Lebar Manik Bawah



**Gambar 7.** Lebar Manik Las Bawah pada Kecepatan dan Arus Berbeda

Lebar manik bawah mempengaruhi tingkat penetrasi busur las seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Pengelasan dengan arus 120 A, kecepatan 1,2 mm/s menghasilkan lebar manik 3,8 mm, sedangkan lebar terbesar pada pengelasan berarus 110 A (*delay* 300 ms) adalah 3,9 mm. Namun, lebar manik tertinggi tersebut membutuhkan input kalor 3,6 kJ/mm atau lebih besar 0,6 kJ/mm. Hasil data percobaan menunjukkan bahwa tidak ada efisiensi heat input dalam hasil percobaan ini. Perbandingan input kalor pada lebar manik bawah dapat dilihat pada Tabel 10. Pengelasan dengan kecepatan 0,9 mm/s dan arus 120 membentuk lebar manik terbesar. Namun, penggunaan kecepatan 1,2 mm/s pada arus 110 dengan *delay* 50 ms mampu menambah lebar manik 0,7 mm dibandingkan pengelasan dengan arus 110 namun tanpa medan elektromagnetik. Hasil ini memberi pengertian bahwa arus pengelasan dengan input kalor yang tinggi dapat meningkatkan lebar manik bawah. Data percobaan ini juga menunjukkan bahwa tidak terdapat efisiensi input kalor yang terjadi seperti ditunjukkan pada Tabel 11.

**Tabel 10.** Tabel Lebar Manik Bawah dengan

Kecepatan dan Arus Berbeda

Kecepatan (mm/s)	Arus (A)	Voltase (V)	Delay (ms)	Heat Input (kJ/mm)	Manik Bawah (mm)
1,2	120	30	0	3	3,8
0,9	110	30	0	3,6	3,5
0,9	110	30	50	3,6	2
0,9	110	30	150	3,6	2,7
0,9	110	30	300	3,6	3,9

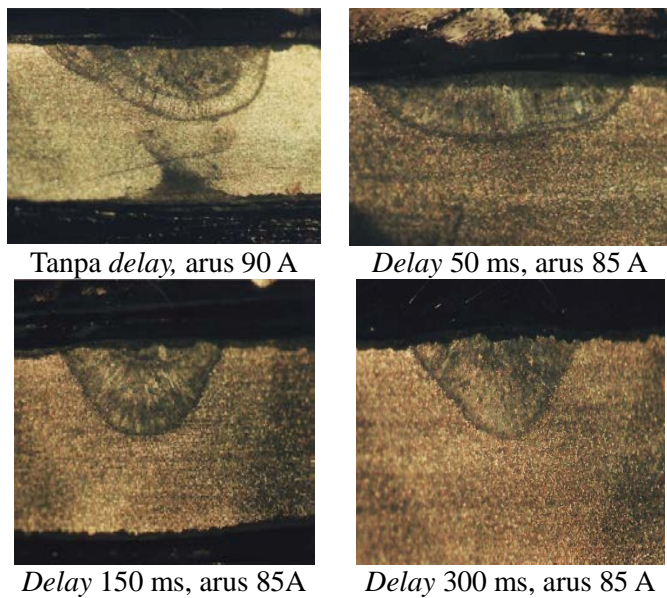
= Pengujian tanpa menggunakan solenoid

**Tabel 11.** Lebar Manik Bawah dengan Kecepatan dan Arus Berbeda

Kecepatan (mm/s)	Arus (A)	Voltase (V)	Delay (ms)	Heat Input (kJ/mm)	Manik Bawah (mm)
0,9	120	30	0	4	7
1,2	110	30	0	2,75	5,9
1,2	110	30	50	2,75	6,6
1,2	110	30	150	2,75	5,3
1,2	110	30	300	2,75	5,2

= Pengujian tanpa menggunakan solenoid

**3.3 Analisis Hasil Citra**

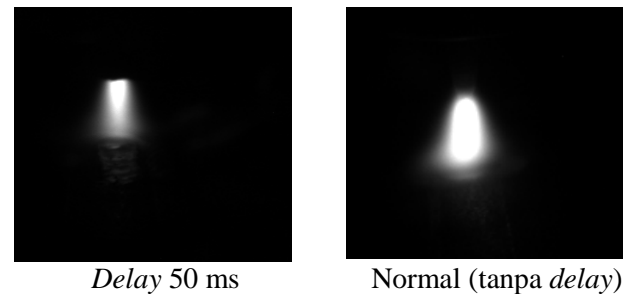


**Gambar 8.** Perbandingan Hasil Las dengan tanpa delay, delay 50 ms, 150 ms, dan 300 ms

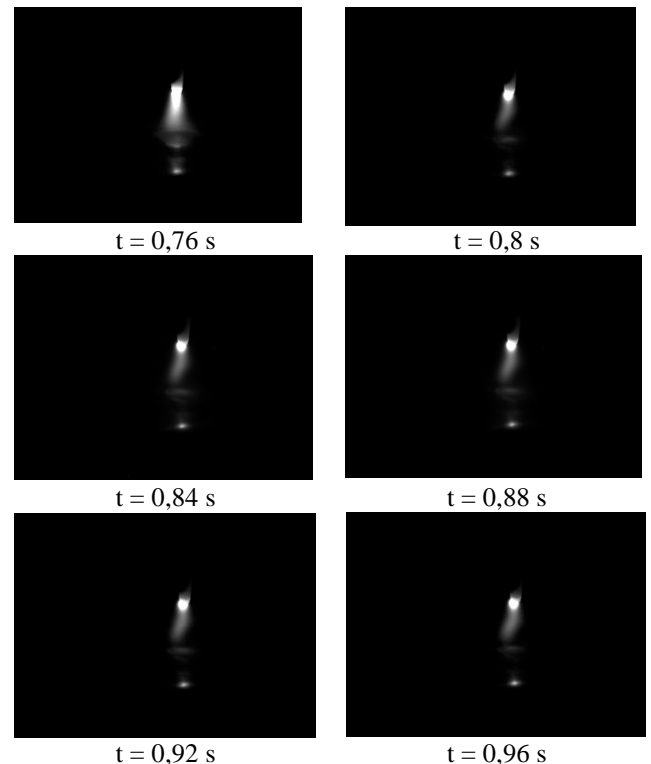
Gambar 8 menunjukkan foto makrografi dari hasil pengelasan. Berdasarkan hasil makrografi pada arus 90 A tanpa solenoid dan 85 A dengan solenoid didapat bahwa penetrasi dengan menggunakan arus kecil menggunakan solenoid dapat menambah tingkat

penetrasi. Hasil makro menunjukkan bahwa menggunakan medan elektromagnetik dengan delay 150 ms dan delay 300 ms dapat menambah penetrasi dengan bentuk yang mengerucut. Seperti terlihat pada Gambar 8, Delay 150 ms membentuk luasan bagian bawah yang lebih besar dibandingkan dengan delay 300 ms namun membentuk manik atas yang lebih besar dibandingkan dengan delay 150 ms. Hal ini dikarenakan busur lebih lama tertahan sehingga busur las lebih lama melakukan penetrasi

Citra busur yang diambil dengan menggunakan kamera didapat bahwa penggunaan solenoida dengan delay 50 ms memberikan citra las yang meruncing dan terpusat seperti terlihat pada Gambar 9. Busur terpusat dikarenakan delay bergerak dengan cepat sehingga membuat pergerakan busur tidak terlalu lama terdefleksi. Pergerakan cepat ini membuat busur terjadi bentuknya.



**Gambar 9.** Busur Las dengan Delay 50 ms dan tanpa delay



**Gambar 10.** Bentuk busur las dengan delay 300 ms

Gambar 10 menunjukkan bentuk busur las dengan *delay* 300 ms yang memberikan citra yang jelas ketika terjadi defleksi. Defleksi dapat terlihat nyata karena *delay* yang besar sehingga memungkinkan busur terdiam lebih lama dibandingkan *delay* yang lainnya.

### Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Pemberian medan elektromagnetik di sekeliling busur las TIG dapat meningkatkan penetrasi pengelasan sehingga penggunaan arus dapat diminimalkan.
2. Pada pengujian pengelasan dengan kecepatan yang sama didapatkan bahwa pengaruh medan elektromagnetik mampu menurunkan penggunaan daya sebesar 9% pada arus pengelasan 110 A, kecepatan 1,2 mm/s, dan *delay* 50 ms.
3. Sedangkan pada pengujian pengelasan dengan kecepatan yang berbeda dan didapatkan bahwa tidak terdapat peningkatan efisiensi penggunaan daya menggunakan medan elektromagnetik.

### Referensi

- [1] [www.jakarta.go.id/web/news/2011](http://www.jakarta.go.id/web/news/2011) (didownload 10 januari 2012)
- [2] J. Cornu, *Advanced Welding System 3 (TIG and Related Processes)*, IFS, 1988
- [3] A. Traidia, F. Roger, E. Guyot, *Optimal parameters for pulsed gas tungsten arc welding in partially and fully penetrated weld pools*, *International Journal of Thermal Sciences* 49 (2010) 1197 e 1208
- [4] [www.millerwelds.com/resources/TIGhandbook/pdf/TIGBook](http://www.millerwelds.com/resources/TIGhandbook/pdf/TIGBook) (didownload 10 januari 2012)
- [5] [www.ewf.be/media/documentosDocs/doc\\_41\\_arc\\_welding.pdf](http://www.ewf.be/media/documentosDocs/doc_41_arc_welding.pdf) (didownload 10 januari 2012)
- [6] H.C. Tse, H.C. Man, T.M. Yue, *Effect of magnetic field on plasma control during CO2 laser welding*. *Elsevier Optics & Laser Technology* 31 (1999) 363-368
- [7] Nomura, Kazufumi, Ogino Yosuke, Haga Takuya, Hirata Yoshinori, *Influence of magnet configurations on magnetic controlled TIG arc*. *Transactions of JWRI*, Vol.39 No. 2 (2010)