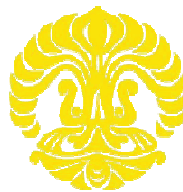


**ANALISIS KESTABILAN BUSUR LAS *TUNGSTEN*
INERT GAS (TIG) DENGAN PEMANFAATAN MEDAN
ELEKTROMAGNETIK**

TESIS

**TUPARJONO
0906579361**



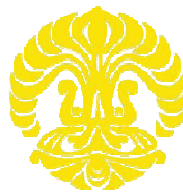
**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JUNI 2011**

**ANALISIS KESTABILAN BUSUR LAS *TUNGSTEN*
INERT GAS (TIG) DENGAN PEMANFAATAN MEDAN
ELEKTROMAGNETIK**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

**TUPARJONO
0906579361**

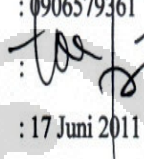


UNIVERSITAS INDONESIA

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
KEKHUSUSAN PERANCANGAN MANUFAKTUR DAN OTOMASI
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Tuparjono
NPM : 0906579361
Tanda Tangan : 
Tanggal : 17 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Tuparjono
NPM : 0906579361
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Seminar : Analisis Kestabilan Busur las *Tungsten Inert Gas*
(TIG) Dengan Pemanfaatan Medan Elektromagnetik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ario Sunar Baskoro, ST, MT, M.Eng ()

Penguji : Dr.Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng ()

Penguji : Dr.Ir. Winarto, M.Sc ()

Penguji : Ir. Hengky.S.Nugroho, MT ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 17 Juni 2011

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Magister di bidang Teknik Mesin. Saya sadar bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, sejak awal masa perkuliahan hingga selesainya tesis ini banyak sekali halangan dan rintangan dalam menyelesaikan tesis ini. Seiring dengan selesainya tesis ini, saya mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

- (1) Ibunda, istri dan anak-anaku tercinta, yang selalu memberikan doa dan dukungannya selama penulis melaksanakan studi di Universitas Indonesia.
- (2) Dr. Ario Sunar Baskoro, ST, MT, M.Eng, selaku pembimbing utama yang telah menentukan dan menyetujui tesis dengan judul *Analisis Kestabilan Busur Las Tungsten Inert Gas (TIG) Dengan Pemanfaatan Medan Elektromagnetik* , serta pembimbing penulisan yang membantu memberikan dukungan ide-ide dan konsep pemikirannya.
- (3) Prof. Dr. Bambang Sugiarto, M.Eng, selaku pembimbing akademik.
- (4) Dr. Ir. Winarto, M.Sc, yang bersedia membantu untuk berdiskusi dan mengizinkan laboratorium metalurgi Departemen Teknik Material dan Metalurgi Universitas Indonesia digunakan sebagai tempat riset serta ide dan bantuannya.
- (5) Rekan-rekan yang selalu mendukung dan membantu baik moral maupun materi.

Akhir kata saya berharap Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan semua pihak yang membantu dalam penyelesaian tesis ini. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu dalam bidang pengelasan di Universitas Indonesia pada masa yang akan datang.

Depok, Juni 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia , saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tuparjono
NPM : 0906579361
Program Studi : Magister
Departemen : Teknik
Fakultas : Teknik Mesin
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

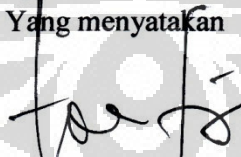
ANALISIS KESTABILAN BUSUR LAS *TUNGSTEN INERT GAS* (TIG)
DENGAN PEMANFAATAN MEDAN ELEKTROMAGNETIK

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihkan media /formatkan , mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan seminar saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 17 Juni 2011

Yang menyatakan



(Tuparjono)

ABSTRAK

Nama : Tuparjono
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Analisis Kestabilan Busur las *Tungsten Inert Gas*
(TIG) Dengan Pemanfaatan Medan Elektromagnetik

Pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) adalah salah satu pengelasan yang memiliki kelebihan dari berbagai macam proses pengelasan yang membutuhkan kepresisian dan mutu yang baik. Pengelasan TIG banyak digunakan untuk pengelasan pelat tipis karena pembentukan busur yang kecil dan area yang dipanasi menjadi minimal sehingga mengurangi masalah penggunaan energi listrik dan distorsi pada pelat.

Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan meletakkan *solenoid* magnetik di sekeliling obor las TIG. Pemanfaatan medan elektromagnetik ini dilakukan pada keadaan statis dan dinamis. Fenomena yang terbentuk akan diamati dengan menggunakan kamera sehingga diketahui pengaruhnya bagi efisiensi pengelasan pada saat pencairan logam las oleh busur pada saat dipengaruhi medan elektromagnetik tersebut.

Hasil dari penelitian dapat mempelajari pengaruh dari efek elektromagnetik yang memberikan dampak pada pembentukan busur yang lebih stabil dan mengecil dengan penetrasi las yang baik, menggunakan daya yang lebih rendah sehingga didapatkan efisiensi pemakaian energi listrik dan membatasi pemanasan yang lebih tinggi.

Kata kunci : TIG, busur las, elektromagnetik, kamera, pengelasan

ABSTRACT

Name : Tuparjono
Study Program : Mechanical Engineering
Title : Analysis on Arc Stability of Tungsten Inert Gas
(TIG) Using Electromagnetic Field

Tungsten Inert Gas (TIG) welding is one of advantageous welding process to produce precision and good quality. It is usually used to weld thin materials because of the small arc and the heating area is minimal, so that can reduce the problem of energy consumption and distortion of the plate.

In this research, the experiment was conducted by using selenoid magnetic that was placed around the torch of TIG welding. The use of the electromagnetic field of selenoids was performed in the static and dynamic condition. The arc phenomena will be observed by using the camera. The effect of the arc welding efficiency can be determined when the melting of the metal by the arc is influenced by the electromagnetic field.

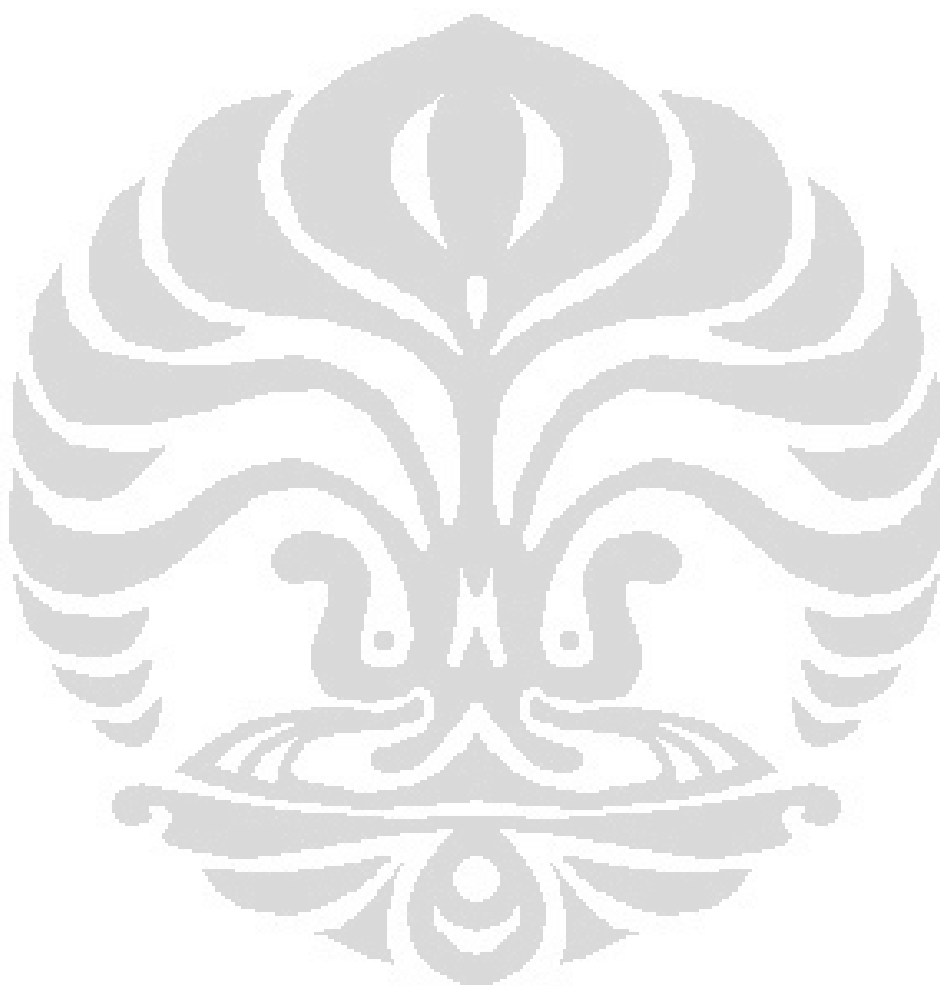
The objective of this research is to learn the effect of electromagnetics to produce arc with more stable, smaller, good penetration, and the use of lower power so that the electric consumption more efficiency and limits the heating.

Keyword : TIG, arc welding, electromagnetics, camera, welding

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Permasalahan Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
2. DASAR TEORI	3
2.1 Las Tungsten Iner Gas (TIG).....	3
2.2 Elektromagnet.....	4
2.3 Efek Elektromagnetik.....	4
2.4 Besaran Magnetik.....	5
2.5 <i>Visual Sensing</i>	7
3. METODE PENELITIAN.....	8
3.1 Studi Literatur.....	8
3.2 Simulasi Model.....	8
3.3 Merancang Instrumen Penelitian.....	8
3.4 Persiapan Pengujian.....	9
3.5 Kondisi Pengukuran	9
3.6 Metode Pengukuran.	10
3.7 Pengolahan dan Analisis Data	10
3.8 Menyiapkan Sistem Metodologi Penelitian	11
4. PEMBAHASAN.....	12
4.1 Persiapan Pengujian	12
4.2 Perhitungan Medan Elektromagnetik.	13
4.3 Pengujian.....	13

4.4 Analisa Hasil Pengujian.....	16
5. KESIMPULAN	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR REFERENSI	28



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tipe,Ukuran, dan Klasifikasi Elektroda Tungsten	3
Tabel 2.2. Jangkauan Arus Elektroda Tungsten	4
Tabel 2.3. Batasan Efek Magnetik Pada Proses Las.....	5
Tabel 3.1. ..Persiapan Pengujian.....	9
Tabel 3.2. .. Metodologi Penelitian.....	11
Tabel 4.1. Parameter Pengujian.....	12
Tabel 4.2. Variasi Pengujian Las.....	15
Tabel 4.3. Variasi Arus dan Kecepatan Las.....	17
Tabel 4.4. Hasil Pengelasan.....	19

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Susunan Percobaan [2].....	5
Gambar 2.2.	Core Selenoid[4].....	6
Gambar 2.3.	Skema Model Analisis Tiga Dimensi [2].....	6
Gambar 2.4	Sistem Percobaan [5].....	7
Gambar 3.1.	Kondisi Pengukuran.....	10
Gambar 4.1	Skema Sistem Pengelasan	14
Gambar 4.2	Skema Penempatan Selenoid	14
Gambar 4.3	Kondisi Pengujian.....	15
Gambar 4.4.	Skema Fenomena Busur Las.....	16
Gambar 4.5.	Perbedaan Lebar Lasan	19
Gambar 4.6.	Fenomena Busur Las.....	22
Gambar 4.7.	Fenomena Busur Las Pada Waktu Tertentu	23
Gambar 4.8.	Lebar Lasan Bagian Atas	24
Gambar 4.9.	Lebar Lasan Bagian Bawah	24
Gambar 4.10.	Hasil Penembusan Lasan	25

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** Rancangan Dudukan Solenoid
- Lampiran 2.** Rangkaian Sistem Kontrol Solenoid
- Lampiran 3.** Pemograman Solenoid



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan teknologi dan banyaknya masyarakat yang menggunakan peralatan listrik baik untuk rumah tangga maupun industri berarti semakin banyak pula energi listrik yang dibutuhkan untuk menjalankan semua peralatan listrik tersebut, demikian juga halnya yang terjadi pada sistem pengelasan busur listrik (*arc welding*).

Pada pengelasan busur, panjang busur berbanding lurus dengan tegangan, dan jumlah input kalor berhubungan dengan arus listrik. Arus DC paling sering digunakan untuk proses pengelasan manual seperti gas *tungsten arc welding* karena dapat mempertahankan arus yang relatif konstan, bahkan ketika tegangan bervariasi. Hal ini penting karena pada kondisi pengelasan manual, sulit untuk memegang elektroda secara sempurna, dan sebagai hasilnya, panjang busur dan tegangan cenderung berfluktuasi.

Umumnya pengelasan TIG menggunakan elektroda berupa tungsten yang berfungsi sebagai penghantar arus dan lelehan logam las yang terbentuk akan dilindungi oleh gas mulia seperti gas argon, campuran argon dan helium atau campuran argon dan hidrogen.

Busur las yang terjadi pada pengelasan adalah proses yang sangat rumit dimana melibatkan fenomena seperti peralihan logam, busur temperatur tinggi dan cairan logam las. Pada pengelasan kecepatan tinggi dapat menurunkan kestabilan busur las sehingga mempunyai kecenderungan untuk menghasilkan cacat las. Gaya elektromagnetik berperan penting pada peristiwa gerakan cairan logam las sepanjang busur pengelasan tersebut. Pengontrolan magnetik merupakan solusi untuk mengantisipasi cacat tersebut karena mampu menghasilkan manik las yang baik.

Selain itu, disebutkan bahwa penggunaan *solenoid coil* untuk membangkitkan medan magnet pada busur termagnetisasi berdampak pada penetrasi yang lebih dalam. Pada penelitian ini akan dilakukan penempatan *solenoid* magnetik di sekeliling obor las TIG dengan kondisi statis dan dinamis. Efek dari penempatan ini akan dikontrol dan diinvestigasi untuk mengetahui kondisi kestabilan busur yang terjadi sehingga diketahui dampak penggunaan elektromagnetik tersebut pada efisiensi penggunaan daya listrik serta mutu pengelasan yang baik.

1.2 Batasan Penelitian

Penelitian ini akan dibatasi pada pengkondisian elektromagnetik terhadap kestabilan busur las dengan cara memanfaatkan empat buah *solenoid* magnetik disekitar obor las pada keadaan statis dan dinamis.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk meningkatkan efisiensi daya listrik pada sistem pengelasan TIG dengan mendapatkan kestabilan busur yang lebih baik dengan penetrasi yang dalam dan daya yang lebih sedikit dibanding proses yang biasa untuk pengelasan pelat baja yang tipis.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Las Tungsten Inert Gas (TIG)

Pengelasan TIG adalah sebuah proses pengelasan busur listrik yang menghasilkan gabungan logam oleh pemanasan sebuah busur listrik antara sebuah elektroda tungsten (*nonconsumable*) dan benda kerja. Area busur listrik akan dilindungi dari atmosfer oleh gas tidak aktif yang mengalir melalui nosel obor las. Beberapa keunggulan dari proses pengelasan TIG diantaranya adalah menghasilkan mutu pengelasan yang tinggi pada hampir semua logam dan logam paduan serta busur listrik dan kubang las nya dapat dilihat secara jelas bagi juru las [1].

Elektroda yang digunakan pada pengelasan TIG berupa tungsten dengan beberapa tipe yang telah diklasifikasikan oleh *American Welding Society* (AWS). Tipe – tipe elektroda tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tipe,Ukuran, dan Klasifikasi Elektroda Tungsten [1]

Klasifikasi AWS	Tipe	Warna Tip
EWP	<i>Pure Tungsten</i>	<i>Green</i>
EWTh1	<i>1 % Thoria added</i>	<i>Yellow</i>
EWTh2	<i>2 % Thoria added</i>	<i>Red</i>
EW Zr	<i>1/2 % Zirconi added</i>	<i>Brown</i>
Diameter 0.020 to 0.250 inch	(0.5 to 6.4 mm)	
Lengths 3 to 24 inch	(76 to 610)	

Sedangkan untuk penyetingan arus las mengacu pada penggunaan elektroda tersebut. Batasan yang dianjurkan untuk penyetingan arus las ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Jangkauan Arus Elektroda Tungsten [1]

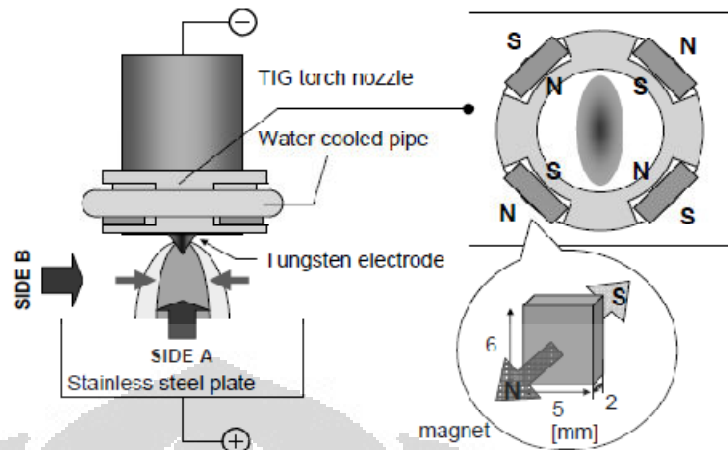
<i>Electroda Tungsten Diameter</i>		<i>Continuous Welding Current-Amperes</i>			
in	mm	AC & HF EWP EWTh1 EW Zr	or 2 or	DCEN EWTh1 or EWTh2	DCEP EWTh1 or 2 or EW Zr
0.020	0.5	-	-	5 - 35	-
0.040	1.0	10 - 40	15 - 60	30 - 100	-
1/16	1.6	30 - 70	60 - 100	70 - 150	10 - 20
3/32	2.4	70 - 100	100 - 160	150 - 225	15 - 30
1/8	3.2	100 - 150	140 - 220	200 - 275	25 - 40
5/32	4	150 - 225	200 - 275	250 - 350	40 - 55
3/16	4.8	200 - 300	250 - 400	300 - 500	55 - 90
1/4	6.4	275 - 400	300 - 500	400 - 650	90 - 125

2.2 Elektromagnet

Elektromagnet adalah prinsip pembangkitan magnet dengan menggunakan arus listrik. Aplikasi praktisnya ditemukan pada motor listrik, pengeras suara, *relay* dan sebagainya. Sebatang kawat yang diberikan listrik DC yang arahnya searah, maka di sekeliling kawat timbul garis gaya magnet yang melingkar.

2.3 Efek Elektromagnetik

Pemanfaatan efek elektromagnetik telah banyak diteliti pada bidang teknik, diantaranya untuk meningkatkan efisiensi pada pengelasan. Salah satunya yaitu pada pengelasan TIG. Penelitian pendahuluan yang telah dilakukan oleh Yoshinori Hirata,dkk menunjukkan bahwa telah terbentuknya manik las yang baik pada pengelasan TIG kecepatan tinggi yang dikontrol dengan magnetik [2]. Skema dari percobaan tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Susunan Percobaan [2]

Selain itu ada juga pengamatan efek magnetik pada kestabilan busur las.[3]. Batasan efek magnetik yang dapat mempengaruhi kestabilan busur las juga dapat diketahui pada proses pengelasan [4]. Batasan efek magnetik tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Batasan Efek Magnetik Pada Proses Las [4]

Welding process	0 - 10 gauss	10 - 20 gauss	20 - 40 gauss	over 40 gauss
TIG	<i>normal welding</i>	<i>arc instability</i>	<i>arc blow</i>	<i>severe arc blow</i>
Manual metal arc	<i>normal welding</i>	<i>normal</i>	<i>arc instability</i>	<i>arc blow</i>
Submerged arc	<i>normal welding</i>	<i>normal</i>	<i>normal</i>	<i>arc instability</i>

2.4 Besaran Magnetik

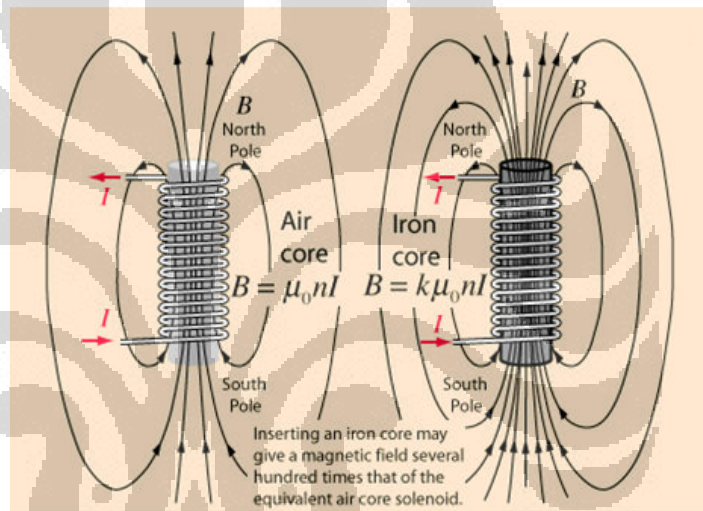
Besaran-besaran magnetik yang banyak dijumpai yaitu : fluks magnetik, rapat fluks magnetik (B), intensitas medan magnet (H), magnetisasi (M), momen magnetik, vektor energi torsi, dan besaran-besaran yang berkaitan dengan sifat bahan atau medium adalah permeabilitas absolut (μ), permeabilitas relatif (μ_r) dan suseptibilitas magnetik [5]. Selain

itu pada pengamatan efek elektroamagnetik tersebut, dapat juga dihitung komponen-komponen lainnya seperti medan magnetik yang diakibatkan oleh arus yang ditimbulkan pada *solenoid* atau dari pendistribusian arus las [6].

Untuk menghitung medan magnet di tengah *solenoid* dapat menggunakan Persamaan 2.1.

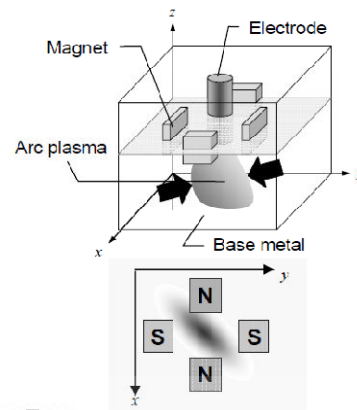
$$B = \mu n I \quad (2.1)$$

Dimana μ adalah *permeability* yang besarnya $4\pi \times 10^{-7}$ T/Amp m, $n = \textit{turn density}$ dan $I = \textit{current}$. Inti pada *solenoid* dapat berupa logam atau udara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Core Solenoid [6]

Untuk pengamatan dampak medan elektromagnetik pada tiga dimensi benda kerja sepanjang busur las telah dikembangkan dengan menggunakan *Three Dimensional Analysis Model*. Skema dari model analisis tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3 [2].

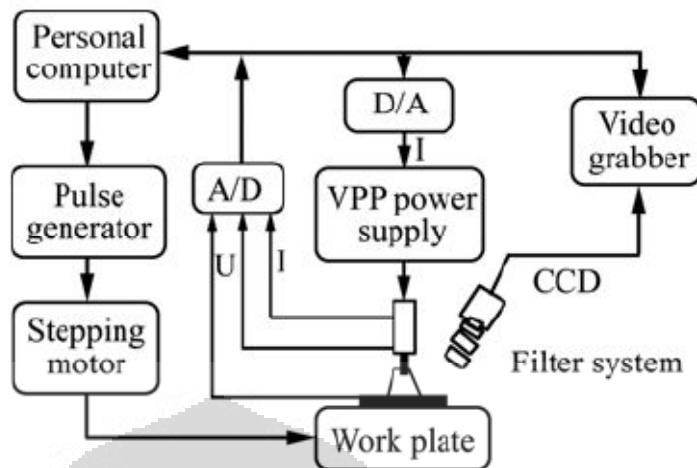


Gambar 2.3. Skema Model Analisis Tiga Dimensi [2]

Selain itu juga sifat busur las juga dapat diamati melalui beberapa cara diantaranya melalui simulasi numerik [7-11].

2.5 Visual Sensing

Sedangkan untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada busur las yang dipengaruhi oleh medan elektromagnetik, dapat dilakukan dengan cara pengambilan citra selama proses pengelasan dengan menggunakan kamera. Salah satu metodenya adalah metode *visual sensing* yang dikembangkan oleh Zhang Guang-jun,dkk pada percobaannya dalam pengambilan citra pada genangan logam las [12] dan melakukan beberapa jenis pengolahan citra digital dari citra yang dihasilkan [13-14]. Skema dari metode tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Sistem Percobaan [5]

2.6 Input Kalor (*Heat Input*)

Untuk mengukur efisiensi energi yang terjadi pada proses pengelasan dapat digunakan perhitungan input kalor. *Heat input* merupakan ukuran relatif untuk besar energi yang dipindahkan per unit panjang lasan. Perhitungan *heat input* dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.2.

$$H = 60 E I / 1000 S \quad (2.2)$$

Dimana H adalah *heat input* (kJ/mm), E = *arc voltage* (volt), I = *current* (amps) dan S = *travel speed* (mm/min) [15].

BAB 3

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimental untuk menyelidiki hubungan sebab akibat dengan memberikan satu atau lebih kondisi perlakuan kepada satu atau lebih eksperimental. Kegiatan yang dilakukan pada metodologi riset ini meliputi :

3.1 Studi Literatur

Pada kegiatan ini dilakukan kajian teoritik maupun kajian penelitian sebelumnya untuk mendapatkan informasi seperti pengelasan TIG, efek magnetik pada pengelasan, pengontrolan busur las serta pemrosesan citra.

3.2 Simulasi Model

Simulasi model ini dilakukan untuk mempelajari kasus-kasus yang akan diuji pada penelitian sehingga didapatkan solusi untuk model penyelesaian dari kasus yang sedang diteliti.

3.3 Merancang Instrumen Penelitian

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah besar arus, kecepatan pengelasan dan pengkondisian *solenoid* magnetik pada obor las. Sedangkan efek yang diamati adalah distribusi busur las akibat pengaruh *solenoid* magnetik pada kondisi statis dan dinamis. Parameter lainnya dijadikan konstan seperti kemiringan obor sebesar 90° , gas pelindung menggunakan argon serta jarak elektroda ke benda uji sebesar 0.5 - 4 mm.

3.4 Persiapan Pengujian

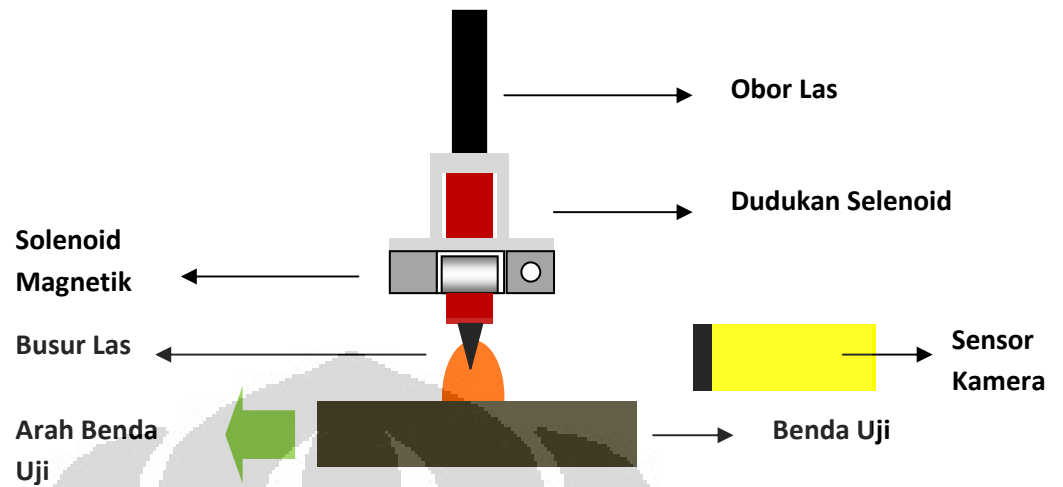
Benda uji yang digunakan adalah pelat baja karbon dengan ketebalan 2 mm, lebar 50 mm, dan panjang 100 mm sebanyak 6 buah. Pengelasan dilakukan dengan menggunakan tipe arus DC, polaritas elektroda negatif (EN) dan diameter elektroda 2.4 mm. Penyetingan arus, kecepatan pengelasan dan pengkondisian *solenoid* magnetik ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Persiapan Pengujian

Benda Uji	Pengkondisian Elektromagnetik	Arus (A)	Kecepatan pengelasan (mm/detik)
1	Tanpa <i>solenoid</i> magnetik	70-100	1 - 2
2	1 <i>solenoid</i> magnetik pada posisi 0 ⁰ (statis)	70-100	1 - 2
3	1 <i>solenoid</i> magnetik pada posisi 90 ⁰ (statis)	70-100	1 - 2
4	1 <i>solenoid</i> magnetik pada posisi 180 ⁰ (statis)	70-100	1 - 2
5	1 <i>solenoid</i> magnetik pada posisi 270 ⁰ (statis)	70-100	1 - 2
6	4 <i>solenoid</i> magnetik pada posisi berputar 360 ⁰ (dinamis)	70-100	1 - 2

3.5 Kondisi Pengukuran

Untuk pengukuran yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mengatur letak *solenoid* magnetik terhadap obor las serta ketinggiannya terhadap benda uji. Posisi obor las diam sedangkan posisi benda uji bergerak dengan arah gerakan menjauhi kamera sehingga proses terjadinya busur dan pencairan benda uji mudah diamati. Kondisi pengukuran dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Kondisi Pengukuran

3.6 Metode Pengukuran

Langkah-langkah pengukuran yang dilakukan pada pengujian ini adalah: (a) Pengukuran kekuatan medan magnet, (b) Pengukuran arah magnetisasi yang terjadi pada busur untuk masing-masing pengkondisian elektromagnetik, (c) Pengukuran penggunaan arus las terhadap hasil pengelasan dengan membandingkan kondisi tanpa pengaruh elektromagnetik dan kondisi dipengaruhi elektromagnetik.

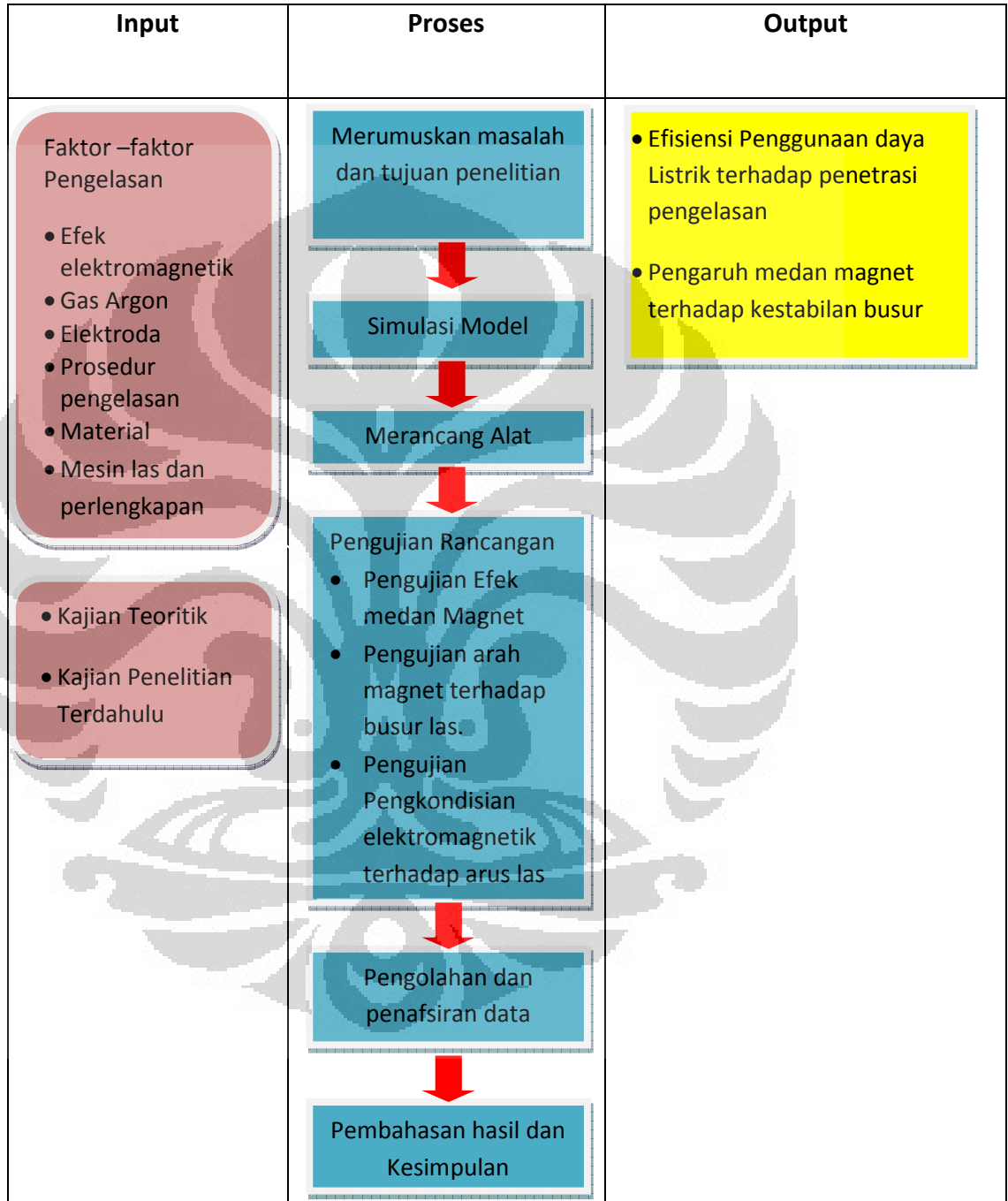
3.7 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data penelitian ini dilakukan dengan cara memanfaatkan informasi dari hasil pengujian pengelasan serta pengamatan langsung terhadap objek penelitian yang terekam berupa citra (*image*) kemudian diperiksa dan dilakukan pemrosesan citra yang sesuai dengan citra yang dibutuhkan pada penelitian.

3.8 Menyiapkan Metodologi Penelitian

Sistem metodologi penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Metodologi Penelitian



BAB 4 PEMBAHASAN

4.1 Persiapan Pengujian

Persiapan pengujian ini meliputi, penyetingan mesin dan perlengkapannya dengan menggunakan tipe arus DC, polaritas elektroda negatif (EN), penyetingan arus, kecepatan pengelasan, pengkondisian *solenoid* magnetik, dan benda uji. Parameter dan kondisi untuk pengujian ini dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Parameter dan Kondisi Pengujian

No	Uraian	Keterangan
1	Mesin Las dan perlengkapannya	DCEN
2	<i>Solenoid</i> Magnetik	4 pcs ($I = 0,15A$, $V = 5 V$, $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T/Amp M)
3	Gas Argon	1 Tabung
4	Elektroda Tungsten	EWP (Diameter 2,4 mm atau 3/32 in)
5	Benda Uji Plat baja Karbon	Dimensi : 2 mm x 50 mm x 100 mm
6	Dudukan <i>solenoid</i>	1 set
7	Penyetingan Arus	70 – 95 A
8	Pengaturan Aliran Gas Argon	3 – 5 l/min
9	Pengaturan Kecepatan pengelasan (<i>welding speed</i>)	1 – 2 mm/detik

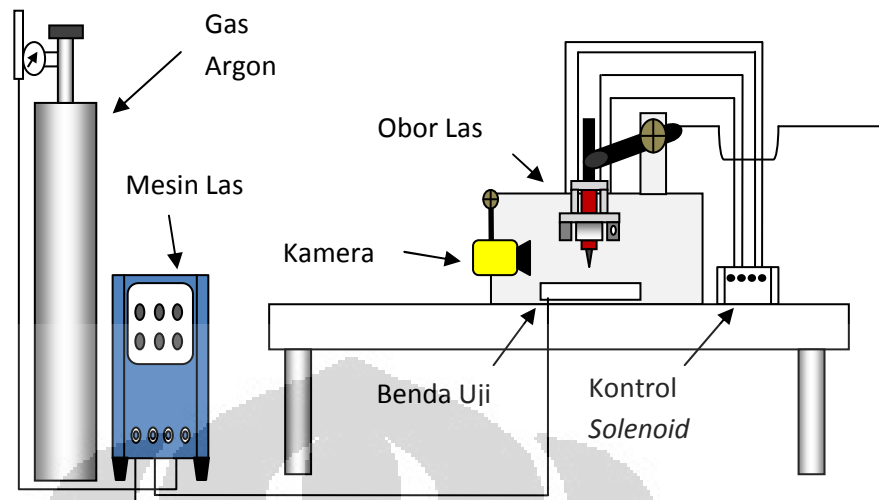
4.2 Perhitungan

Untuk menghitung besar medan elektromagnetik yang ditimbulkan dari *solenoid*, maka dapat menggunakan persamaan umum medan elektromagnetik yaitu: $B = \mu_0 n I$, *Solenoid* yang digunakan memiliki permeabilitas (μ_0) = $4\pi \times 10^{-7}$ T/Amp M, arus = 0,15 A, panjang *solenoid* 20 mm, diameter kawat *solenoid* = 0.5 mm. Dari data tersebut didapat medan elektromagnetik (B) yang terjadi sebesar $3,77 \times 10^{-4}$ Tesla atau 3,77 Gauss.

Selain itu untuk menghitung besar input kalor (*heat input*) dapat digunakan persamaan *heat input* yaitu : $H = 60 E I / 1000$ S.

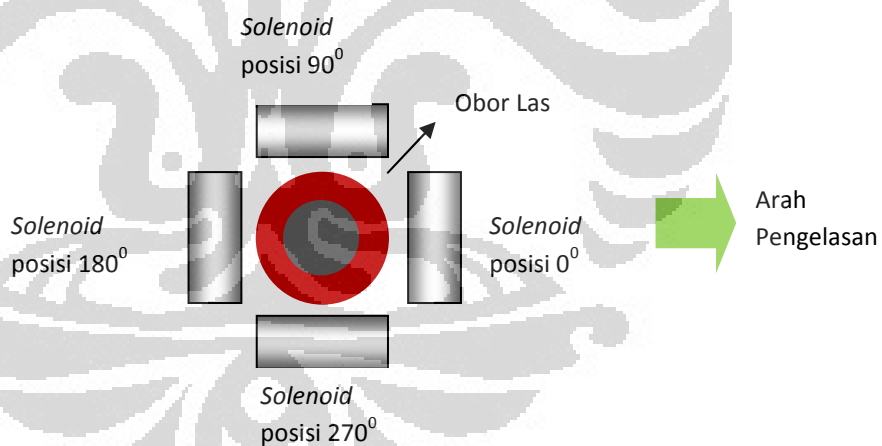
4.3 Pengujian

Pengujian ini merupakan pengelasan tanpa menggunakan bahan tambah (*autogenous welding*) dan dilakukan di Laboratorium Metalurgi Universitas Indonesia. Pengkondisian pengelasan ini tanpa pemanfaatan *solenoid* dan dengan pemanfaatan *solenoid* yang di pasang pada obor las (*torch*). Pemanfaatan *solenoid* dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu kondisi statis dan dinamis. Kondisi statis adalah kondisi dimana *solenoid* aktif selama pengelasan sedangkan kondisi dinamis yaitu kondisi *solenoid* diaktifkan selama waktu tertentu dan aktif secara bergantian selama pengelasan. Pada pengujian dinamis dilakukan variasi pengaturan lamanya pengaktifan *solenoid* (*delay*) pada 50 ms, 150 ms serta 300 ms. Skematik dari sistem pengelasan TIG ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



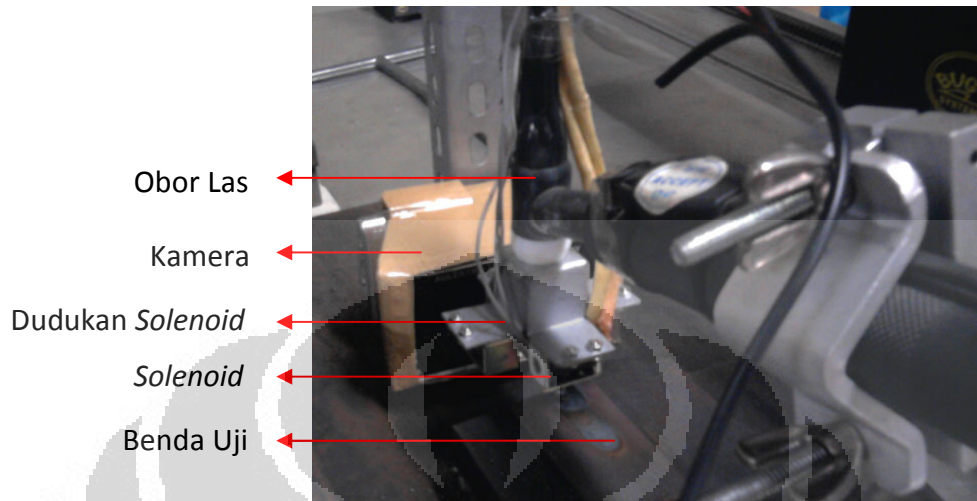
Gambar 4.1. Skema Sistem Pengelasan

Untuk penempatan *solenoid* pada obor las diatur dengan cara meletakkan *solenoid* pada posisi 0° , 90° , 180° dan 270° . Skema dari susunan penempatan *solenoid* ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Skema Penempatan Solenoid

Untuk kondisi pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Kondisi Pengujian

Pada pengujian ini menggunakan benda uji pelat baja dengan tebal 2 mm. Arus las yang digunakan adalah 70 A dengan kecepatan pengelasan (*welding speed*) sebesar 1,5 mm/s, aliran gas argon 3 liter/menit. Kondisi pengelasan tanpa *solenoid* dan pemanfaatan *solenoid* dengan melakukan variasi waktu aktif *solenoid*. Data variasi pengelasan yang dilakukan pada pengujian ini dapat ditunjukkan pada Tabel 4.2.

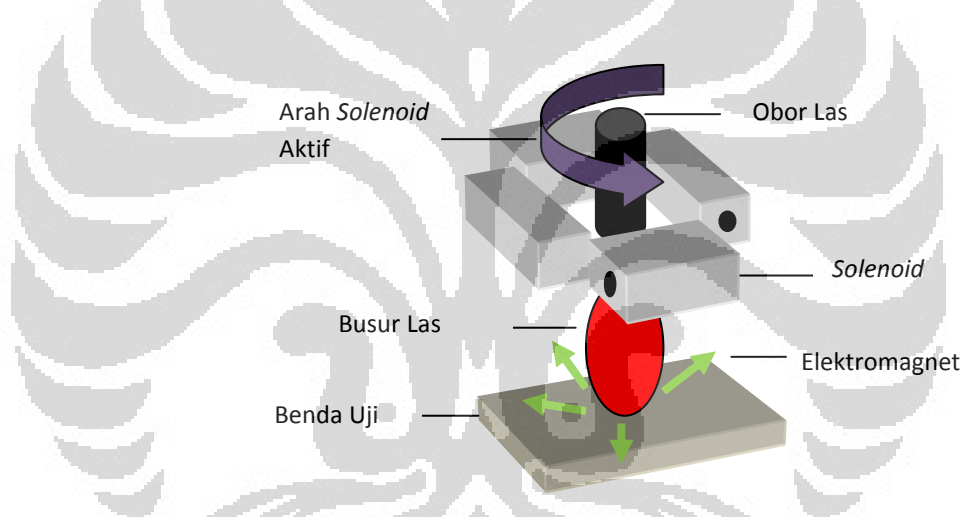
Tabel 4.2. Variasi Pengujian Las

Arus Las (A)	Welding Speed (mm/s)	Aliran Gas Argon (l/min)	Panjang lasan (mm)	Kondisi	Keterangan
70	1,03	3	90	Tanpa selenoid	
80	1,03	3	90	Tanpa selenoid	
95	1,03	3	90	Tanpa selenoid	
70	1,5	3	90	Tanpa selenoid	
80	1,5	3	90	Tanpa selenoid	
95	1,5	3	90	Tanpa selenoid	

70	1,5	3	90	Ada selenoid	90 ^o ,statis
70	1,5	3	90	Ada selenoid	Dinamis, delay 50 ms
70	1,5	3	90	Ada selenoid	Dinamis, delay 150 ms
70	1,5	3	90	Ada selenoid	Dinamis, delay 300 ms

4.4 Analisis Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian ini dapat diamati pada hasil lasan pada bagian atas (*top bead*) dan bagian bawah lasan (*back bead*) serta mengamati gambar dari fenomena busur las yang terjadi pada pengelasan tersebut. Skema dari fenomena busur las dapat dilihat pada Gambar 4.4.

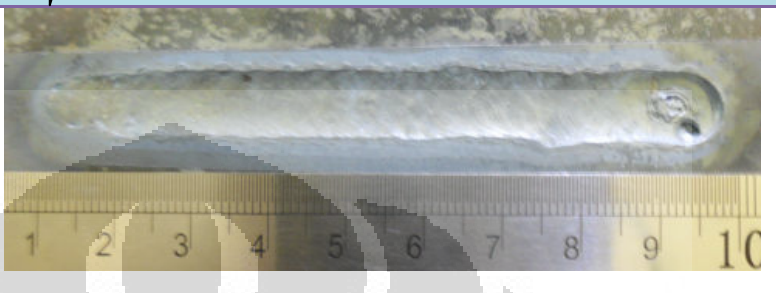
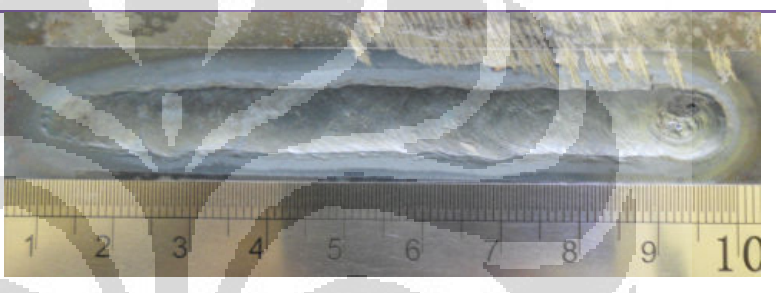



Gambar 4.4. Skema Fenomena Busur las

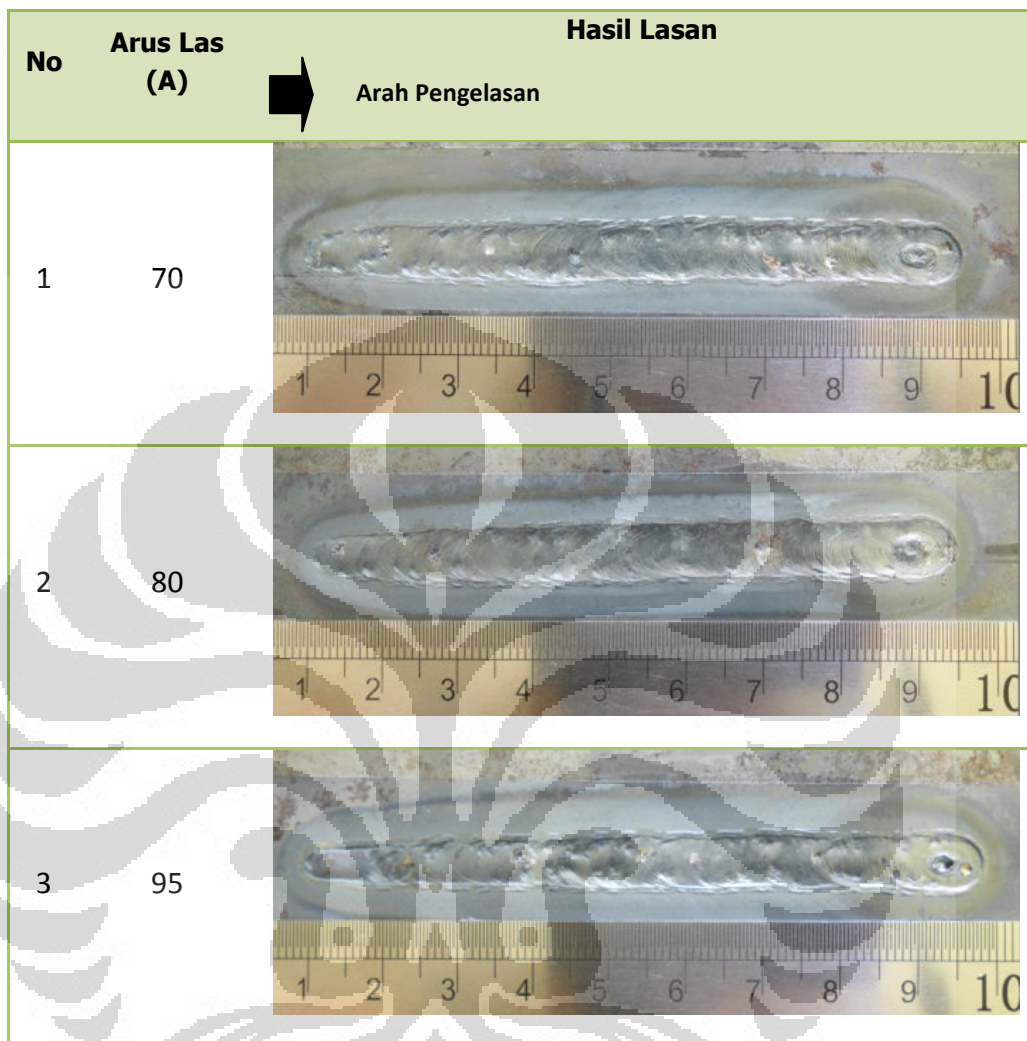
Sedangkan hasil dari pengujian ini dapat ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Variasi Arus dan Kecepatan Las

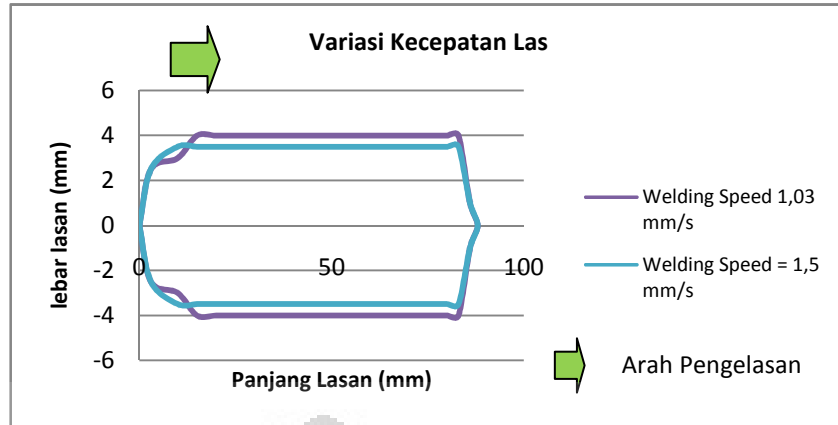
(a). *Welding Speed* = 1,03 mm/s, Aliran Gas Argon = 3 l/min, Tanpa solenoid

No	Arus Las (A)	Hasil Las Arah Pengelasan
1	70	 A photograph showing a weld joint on a metal plate. The weld is relatively smooth and narrow. A ruler is placed below the weld for scale, showing it is approximately 10 cm long. An arrow points to the right, indicating the welding direction.
2	80	 A photograph showing a weld joint on a metal plate. The weld is wider and has a more textured surface compared to the 70A result. A ruler is placed below the weld for scale, showing it is approximately 10 cm long.
3	95	 A photograph showing a weld joint on a metal plate. The weld is significantly wider and has a very rough, porous appearance. A ruler is placed below the weld for scale, showing it is approximately 10 cm long.

(b). *Welding Speed* = 1,5 mm/s, Aliran Gas Argon = 3 l/min, Tanpa solenoid



Pada kecepatan pengelasan yang sama yaitu sebesar 1,03 mm/s dan pada arus las yang berbeda yaitu pada 70 A, 80 A dan 95 A, lebar lasan yang terjadi sama besar yaitu berkisar pada 8 mm. Sedangkan pada kecepatan pengelasannya sebesar 1,5 mm/s, lebar lasannya berkisar pada 7 mm. Untuk mengetahui perbedaan lebar lasan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.5.

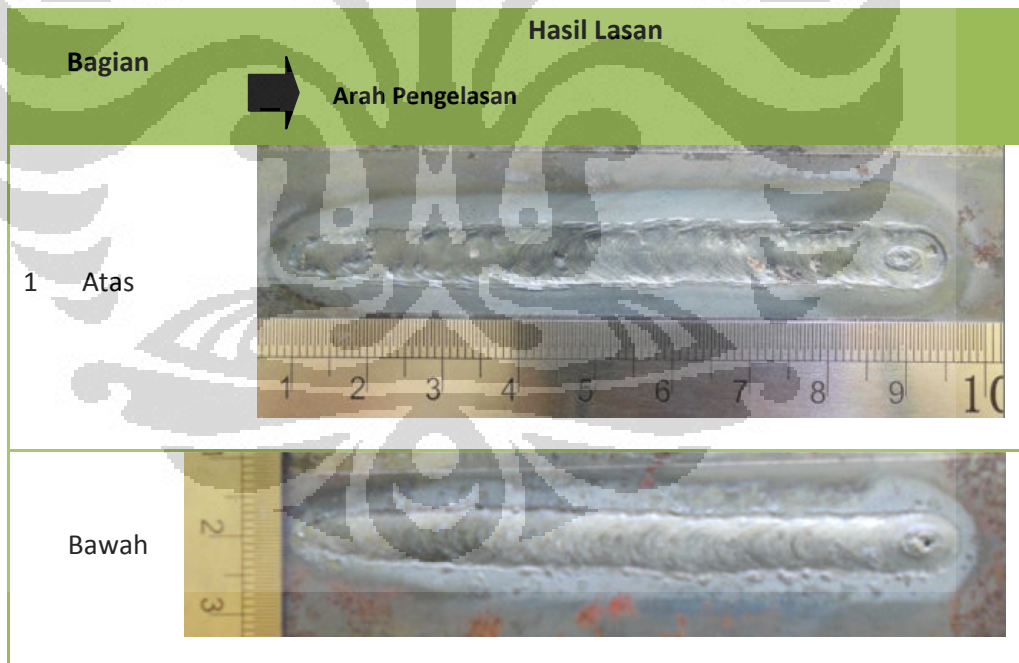


Gambar 4.5. Perbedaan Lebar Lasan

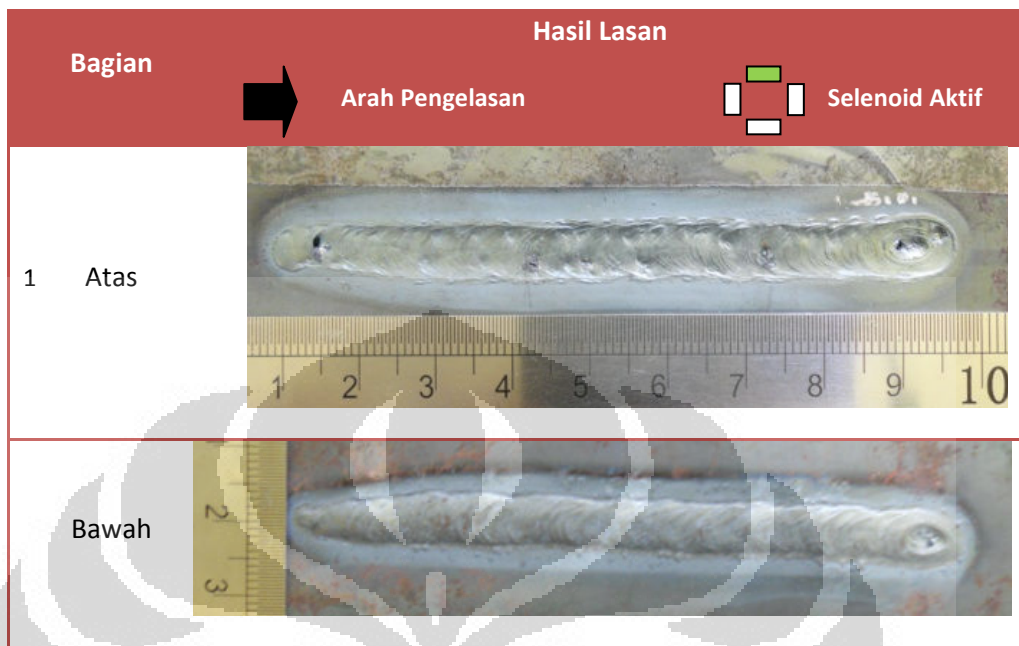
Sedangkan untuk hasil lasan pada bagian atas (*top bead*) dan bagian bawah (*back bead*) dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Pengelasan

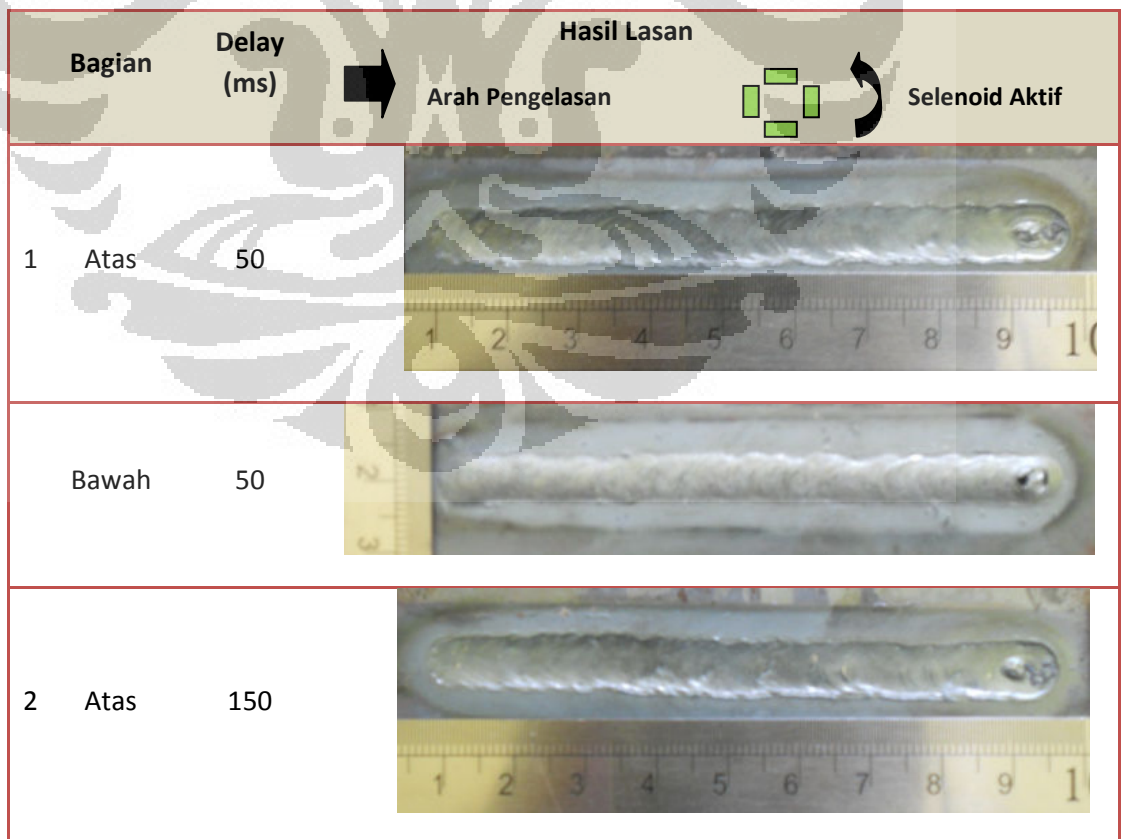
(a). Arus = 70 A, *Welding Speed* = 1,5 mm/s, Aliran Gas Argon = 3 l/min, Tanpa solenoid

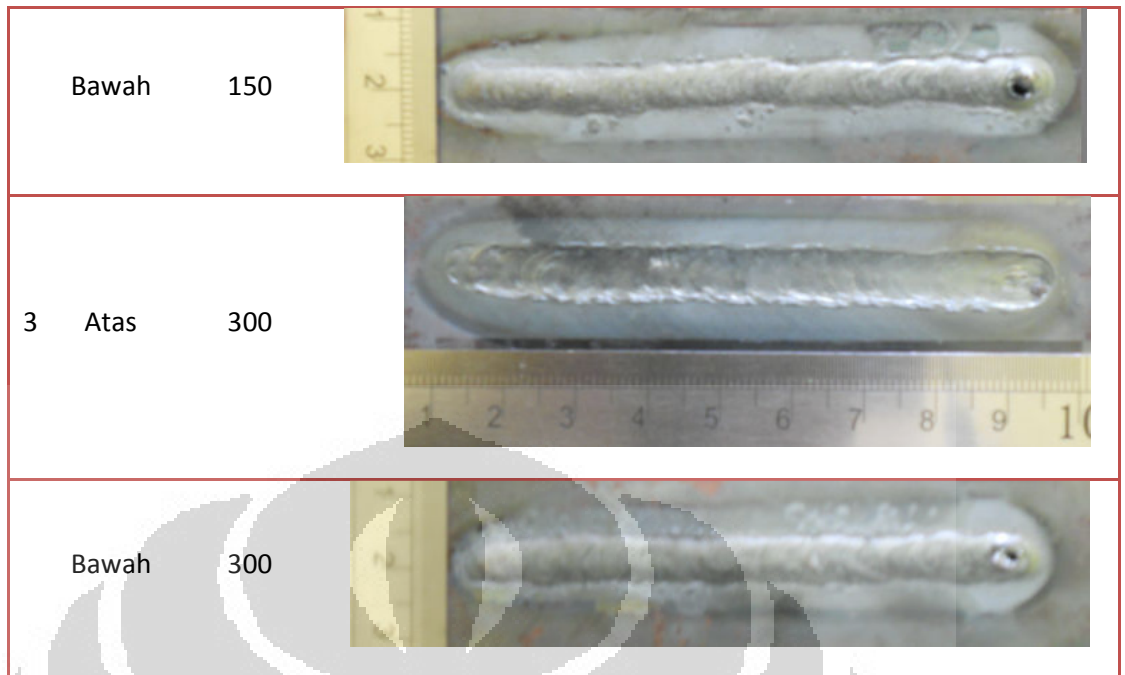


(b). Arus = 70 A, *Welding Speed* = 1,5 mm/s, Aliran Gas Argon = 3 l/min, Ada solenoid posisi 90°, Kondisi Statis

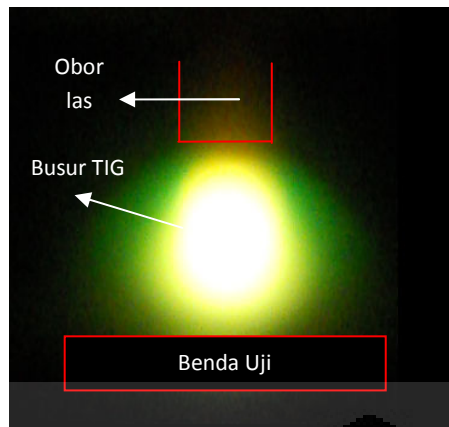


(c). *Welding Speed* = 1,5 mm/s, Aliran Gas Argon = 3 l/min, Arus = 70 A, Ada solenoid, kondisi dinamis.

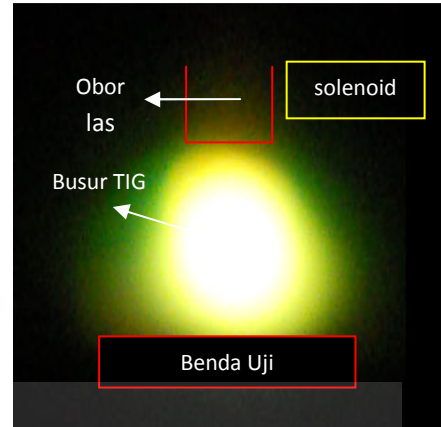




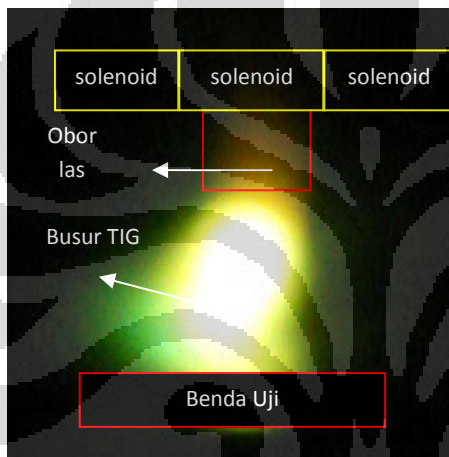
Sedangkan fenomena yang terjadi pada busur las saat proses pengelasan dengan arus las 70 A, *welding speed* sebesar 1,5 mm/s dan aliran gas argon 3 liter/menit dan tanpa *solenoid* mengalami perubahan jika dibandingkan dengan kondisi statis maupun dinamis. Fenomena tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6.



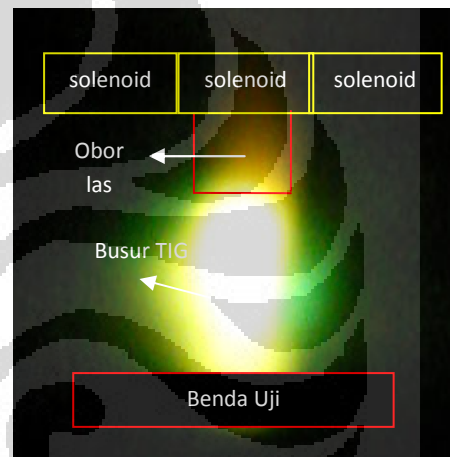
(a). Tanpa *solenoid*



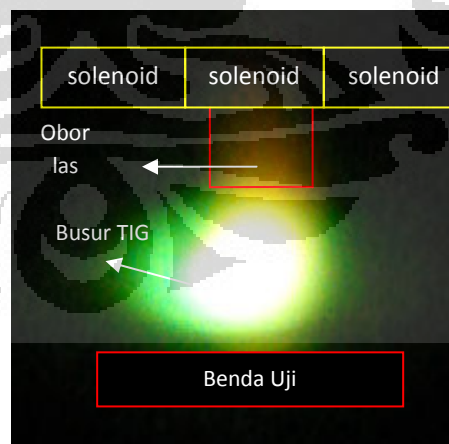
(b). Statis, *solenoid* posisi 90°



(c). Dinamis *delay* 50 ms



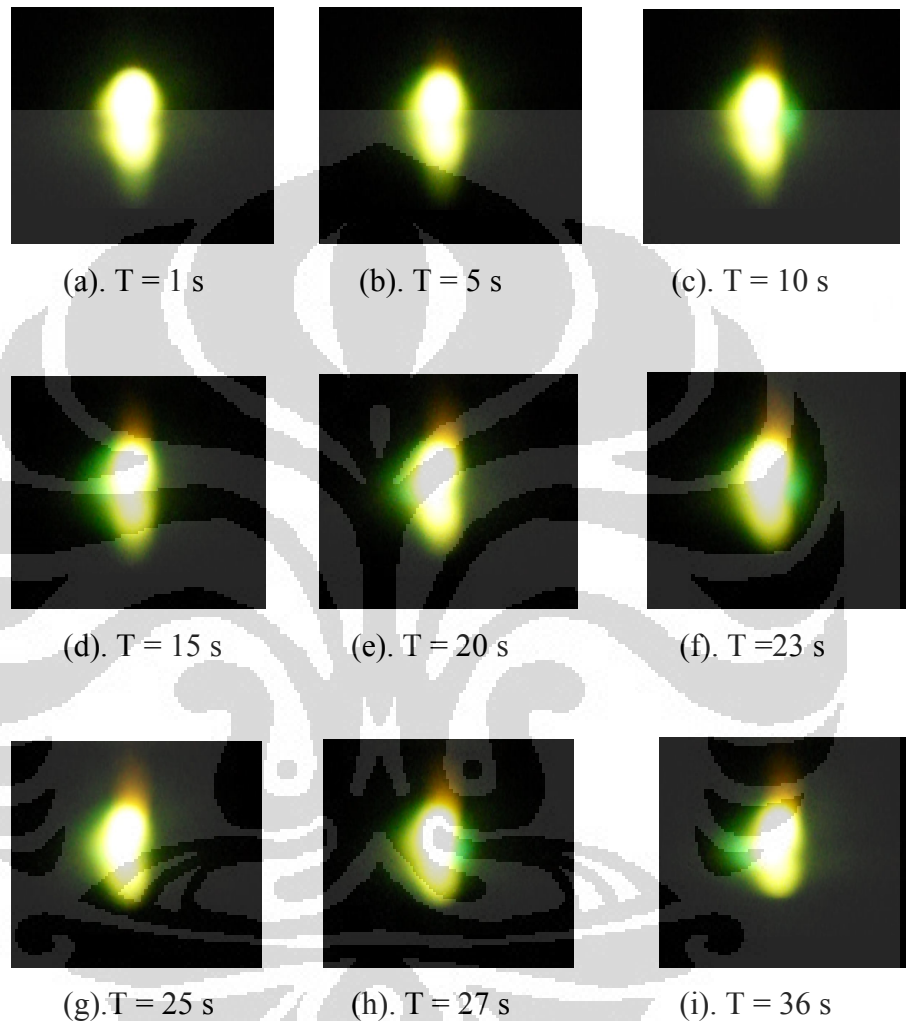
(d). Dinamis *delay* 150 ms



(e) Dinamis *delay* 300 ms

Gambar 4.6. Fenomena Busur Las

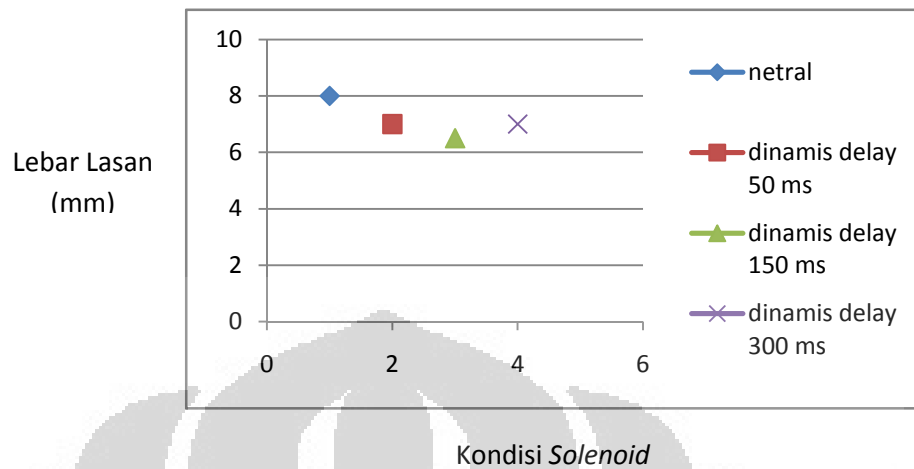
Selain itu pengamatan fenomena busur las yang dipengaruhi medan elektromagnetik pada kondisi dinamis juga dilakukan pada waktu tertentu seperti yang dilakukan pada kondisi dinamis dengan *delay* 150 ms. Hasil pengamatan tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Fenomena Busur Las Pada Waktu Tertentu

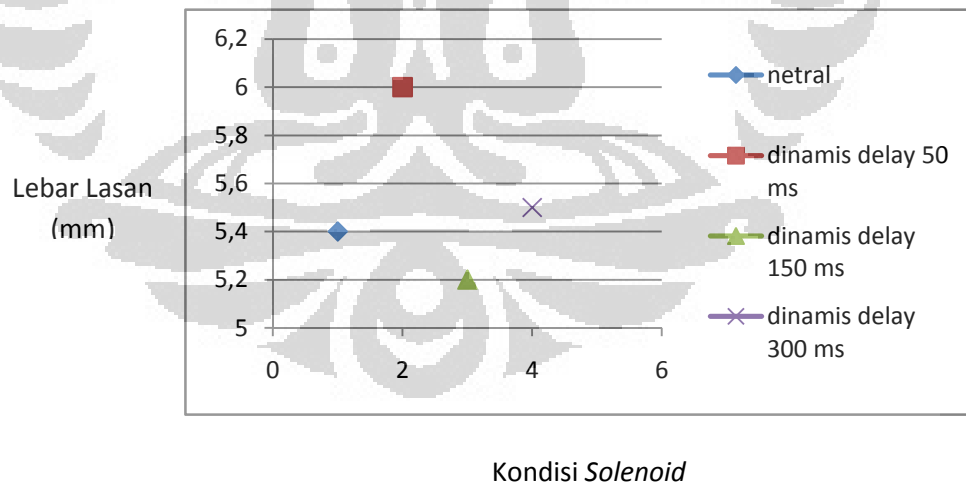
Lebar lasan bagian atas (*top bead*) yang dihasilkan pada beberapa variasi pengelasan telah terjadi perbedaan jika dibandingkan dengan pengelasan tanpa medan elektromagnetik. Jika tanpa *solenoid*, lebar *top bead* yang terbentuk sebesar 8 mm dan pada kondisi dinamis lebar *top bead* berkisar antara 6,5 mm hingga 7 mm. Lebar *top bead* terkecil pada kondisi

dinamis dengan *delay solenoid* selama 150 ms yaitu 6,5 mm. Lebar *top bead* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Hasil Lebar Lasan Bagian Atas

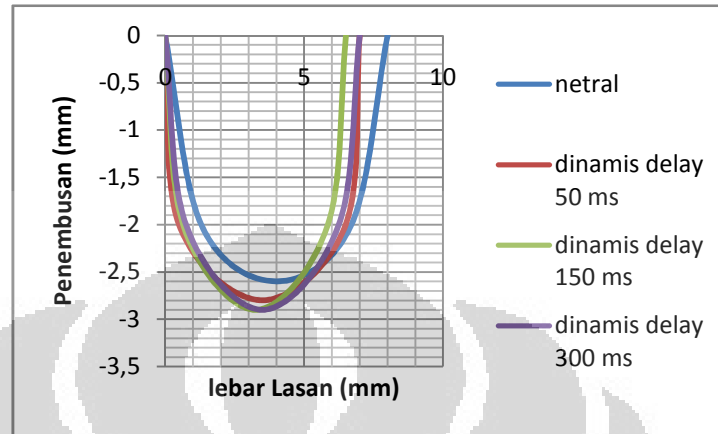
Sedangkan lebar lasan bagian bawah (*back bead*) yang dihasilkan tanpa *solenoid* sebesar 5,4 mm. *Back bead* pada kondisi dinamis mengalami variasi dari 5,2 mm hingga 6 mm. Lebar *back bead* terkecil terbentuk pada *delay solenoid* selama 150 ms yaitu 5,2 mm. Lebar lasan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Lebar Lasan Bagian Bawah

Dampak lain dari pemanfaatan medan elektromagnetik ini juga terjadi pada kedalaman penembusan lasan. Hasil pengelasan menunjukkan penembusan yang terjadi akibat efek medan elektromagnetik lebih dalam jika dibandingkan dengan tanpa medan elektromagnetik. Penembusan

terdalam terjadi pada penggunaan *solenoid* dengan *delay* 150 ms dan *delay* 300 ms yaitu sebesar 2,9 mm, sedangkan pada kondisi tanpa selenoid sebesar 2.6 mm. Hasil penembusan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Hasil Penembusan Lasan

Dari pengamatan terhadap fenomena busur dan lebar lasan menunjukkan bahwa gerakan medan elektromagnetik yang berputar mempengaruhi busur las pada *delay* 150 ms tidak mengganggu kestabilan busur las. Hal ini dikarenakan waktu terjadinya medan elektromagnetik relatif lebih baik jika dibandingkan dengan *delay* 50 yang relatif terlalu cepat sehingga mendekati kondisi normal atau *delay* 300 ms yang relatif terlalu lama sehingga ada fenomena posisi busur tertahan lebih lama pada arah terjadinya medan elektromagnetik. Kondisi ini terlihat pada lebar hasil lasan pada daerah *top bead* untuk *delay* 50 ms yang melebar hampir mendekati normal serta pada *delay* 300 ms menunjukkan pelebaran juga. Dampak medan elektromagnetik yang terjadi pada busur las sebesar 3,77 gauss telah memenuhi kategori normal untuk kestabilan busur las. Hal ini mengacu pada batasan efek magnetik untuk kestabilan normal busur las TIG yaitu 0-10 gauss. (Tabel 2.3. Batasan Efek Magnetik Pada Proses Las).

Selain itu pada pengamatan selama pengujian terlihat bahwa fenomena medan elektromagnetik yang berputar ketika mempengaruhi busur las ternyata membentuk pola gerakan seperti gerakan ayunan pada pengelasan. Hal ini juga yang menjadi alasan bahwa hasil lasan pada *top*

bead lebih halus seperti yang dijumpai pada hasil lasan pada arus las yang sama tetapi kecepatan pengelasannya lebih lambat yaitu 1,03 mm/s atau pada arus las hingga 95 A. (Tabel 4.3. Variasi Arus dan Kecepatan Las,(a)).

Dengan mengamati hasil pengujian pada variasi arus dan kecepatan selama pengelasan serta membandingkan beberapa kondisi pengujian baik tanpa dipengaruhi medan elektromagnetik dan dengan medan elektromagnetik menunjukkan adanya keunggulan pada pemanfaatan medan elektromagnetik. Pada Kasus ini terbukti bahwa pada kondisi normal, hasil lasan yang seharusnya dilakukan pada arus pengelasan yang lebih tinggi yaitu pada 95 A atau pada kecepatan pengelasan yang lebih lambat pada 1,03 mm/s dapat dilakukan dengan pengelasan yang lebih cepat yaitu 1,5 mm/s dan arus yang lebih rendah yaitu 70 A dengan memanfaatkan medan elektromagnetik.

Dari perhitungan input kalor (*heat input*) untuk arus 95 A pada kecepatan pengelasan 1,03 mm/s dihasilkan 1,2 kJ/mm. Pada arus 95 A, kecepatan pengelasan 1,5 mm/s dihasilkan 1,6 kJ/mm dan pada arus 70 A, kecepatan pengelasan 1,5 mm/s dengan memanfaatkan medan elektromagnetik dihasilkan 0,84 kJ/mm. Hal ini membuktikan bahwa telah terjadinya penurunan pada *heat input* pada proses pengelasan sebesar 0,76 kJ/mm sehingga telah terjadi efisiensi dalam penggunaan daya listrik.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

- Telah dikembangkan rancangan alat bantu yang digunakan pada pengujian.
- Adanya fenomena perubahan bentuk busur las akibat pengaruh medan elektromagnetik.
- Fenomena kestabilan busur las dapat terganggu oleh pengaruh medan elektromagnetik dengan waktu yang lama dan kondisi statis.
- Kestabilan busur las yang terjadi akibat adanya dampak medan elektromagnetik masih dalam batasan normal yaitu 3,77 gauss.
- Pengaruh medan elektromagnetik pada kondisi dinamis menghasilkan lebar lasan lebih kecil dan penetrasi yang dalam jika dibandingkan dengan kondisi normal.
- Input kalor (*heat input*) yang terjadi pada hasil pengelasan yang dipengaruhi medan elektromagnetik lebih rendah jika dibandingkan dengan tanpa medan elektromagnetik sehingga telah terjadi efisiensi dalam penggunaan daya listrik.

5.2 Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut yaitu dengan penempatan *solenoid* magnetik pada daerah sekitar busur las. Pengaturan yang optimal terhadap penempatan *solenoid* serta mempertimbangkan efek panas dari busur las ke *solenoid* dan pengontrolan busur las yang baik, maka dapat membangkitkan medan elektromagnetik yang lebih intens ke busur las untuk mengoptimalkan proses pencairan logam las.

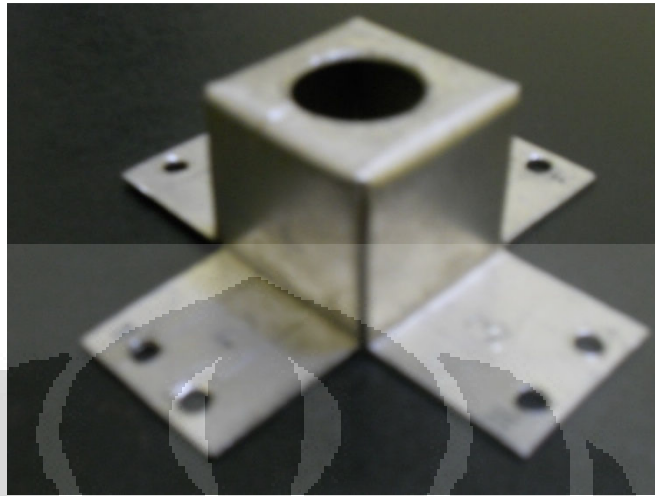
DAFTAR REFERENSI

1. Howard B,& Carry.(1989).*Modern welding technology* (2nd Ed). New Jersey: Prentice Hall.
2. Yoshinori Hirata, Kazufumi Nomura, & Kazuyuki Morisaki.(2008).Magnetic control of TIG arc plasma,@2009 *ASM international* [DOI : 10.1361/cp2008twr721].
3. Yasuo Suga.(1991). The effect magnetic field on stabilization of TIG arc welding under hyperbaric helium atmosphere,*Copyright@1991 by The International Society of Offshore and Polar Engineers*,ISBN,0-9626104-5-3(set);ISBN 0-9626104-9-6(vol IV).
4. Deverse Technologies.*Magnetic effect on the welding process*. Cambridge.
5. Rustam Effendi,Dkk.(2007).*Medan elektromagnetik terapan*. Jakarta: Erlangga.
6. Chuansong WU,& Jianqiang GAO.(2002). Numerical simulation of the TIG welding arc behavior, *J.Mater.Sci.Technol*,vol.18 No.1.
7. February 8,2011.<http://hyperphysics.phyastr.gsu.edu/hbase/magnetic/magforcon.html#c1>
8. Manabu Tanaka,Hidenori Terasaki, Masao Ushio,& Jhon J Lowke.(2002). A unified numerical modeling of stationary tungsten-inert-gas welding process,*Metalurgical and Materials Transaction A*,2052-Volume 33A.
9. C.S.Wu,M.Usio,& M.Tanaka.(1997). Analysis of the TIG welding arc behavior,*Computational Material Science* 7, 308-314.
10. Fenggui Lu,Xinhua Tang,Hailiang Yu,& Sun Yao.(2006). Numerical simulation on interaction between TIG welding Arc and weld pool, *Computational Material Science* 35 458-465.
11. A.Kumar,&T.DebRoy.(2003).Calculating of three-dimensional electromagnetic force field during arc welding,*Jurnal of Applied Physics*,Volume 94 Number 2.

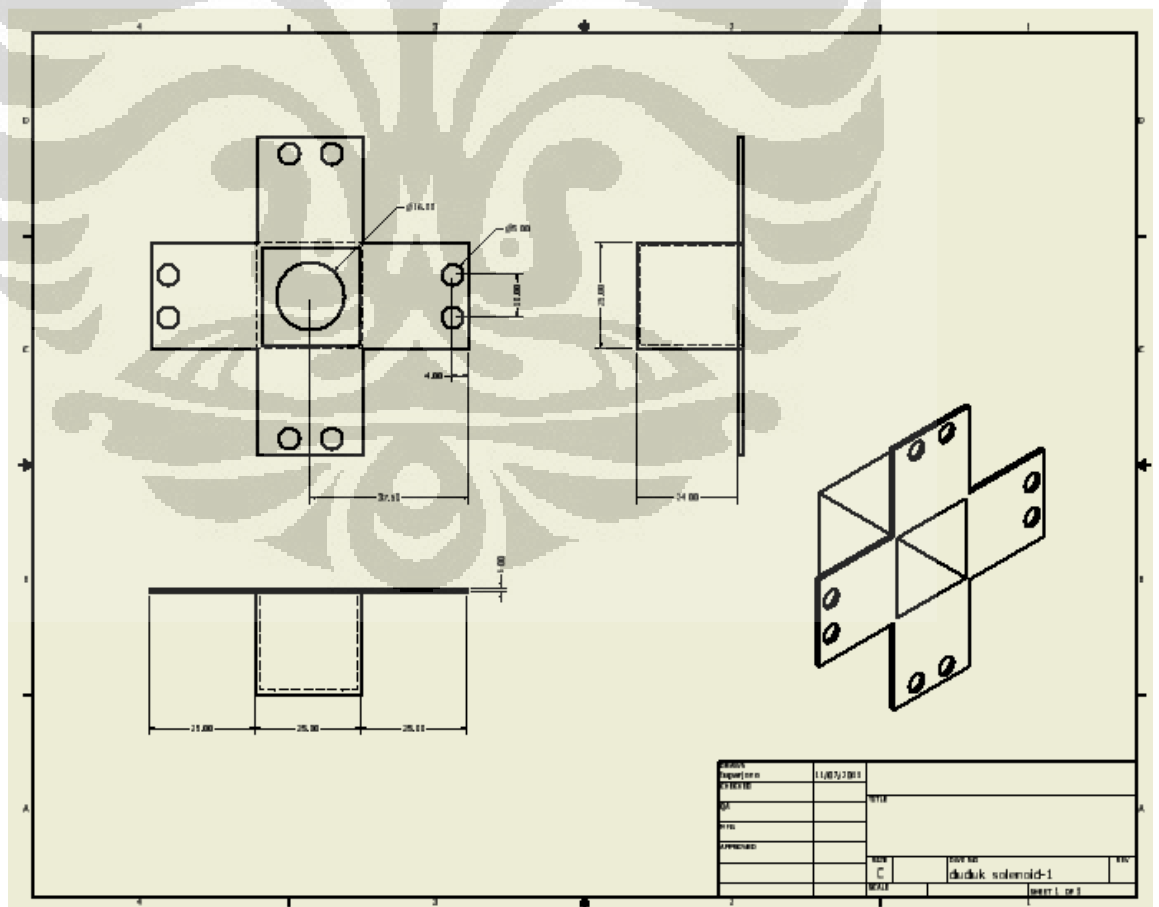
12. ZHANG Guang-jun, YAN Zhi-hong,& Wu Lin.(2006). Visual sensing of weld pool in polarity TIG welding of aluminium alloy,*Trans.Nonferrous Met.Soc.China*,16(2006) 522-526.
13. Mauridhi Hery Purnomo, & Arif Muntasa.(2010). *Konsep pengolahan citra digital dan ekstraksi fitur*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
14. Ario Sunar Baskoro,Rui Masuda,Masashi Kabutomori,& Yasuo Suga.(2009). An application of genetic algorithm for edge detection of molten pool in fixed pipe welding, *Int.J Adv Manuf Technol (2009)*,45:1104-1112 DOI 10.1007/s00170-009-2048-1.
15. June 16,2011, http://www.qualitytimes.co.in/heat_input.htm



LAMPIRAN 1. RANCANGAN DUDUKAN SOLENOID

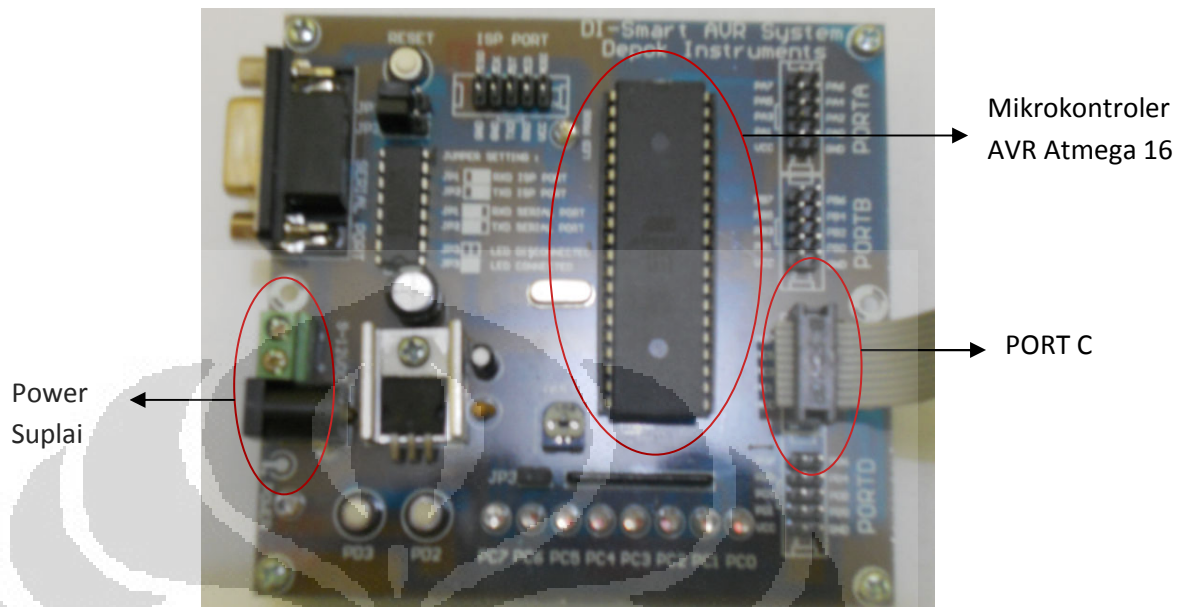


(a). Rancangan Dudukan Solenoid

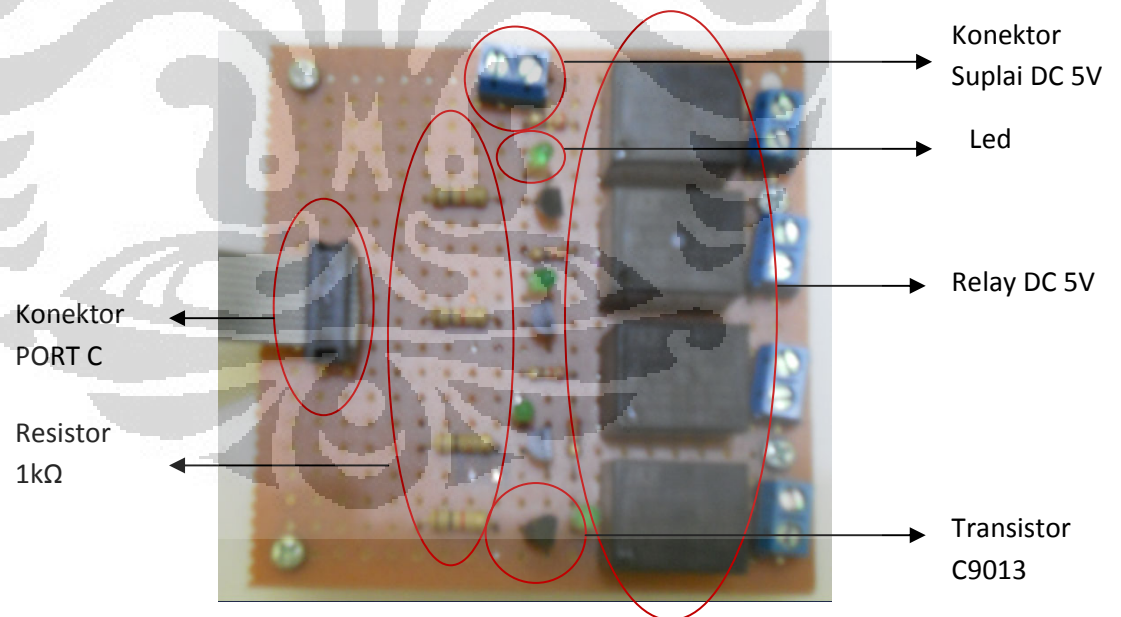


(b). Gambar Kerja Dudukan Solenoid

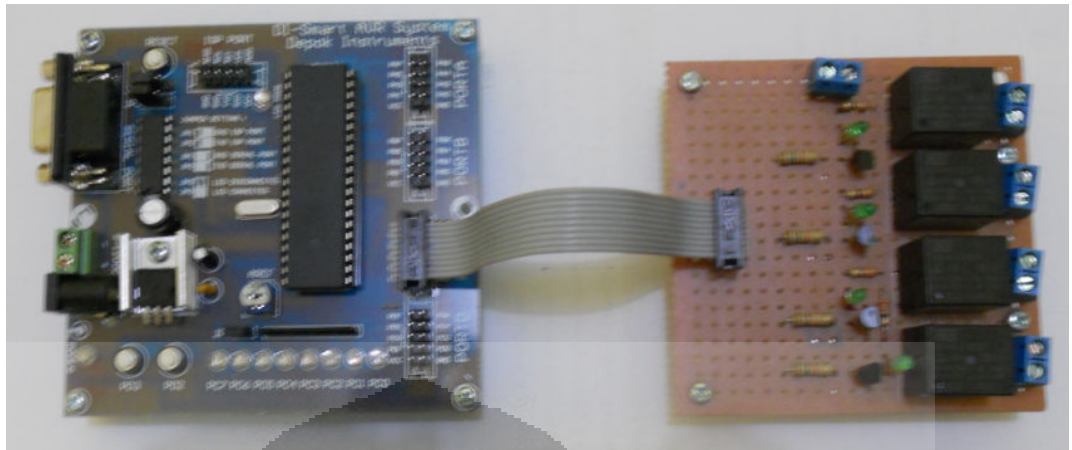
LAMPIRAN 2. RANGKAIAN SISTEM KONTROL SOLENOID



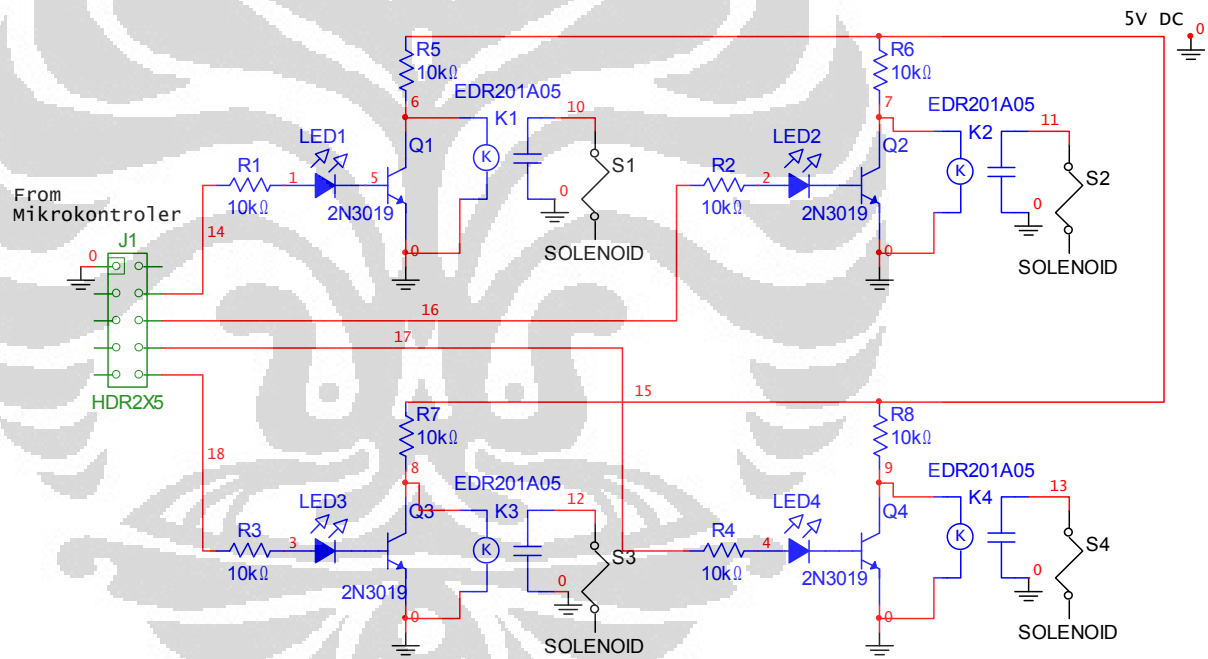
(a). Modul Pengontrol Solenoid



(b). Rangkaian Driver Solenoid



(c). Rangkaian Keseluruhan



(d). Skema Driver Solenoid

LAMPIRAN 3. PEMOGRAMAN SOLENOID

/******

This program was produced by the

CodeWizardAVR V2.03.4 Standard

Automatic Program Generator

© Copyright 1998-2008 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.

<http://www.hpinfotech.com>

Project :

Version :

Date : 26/05/2011

Author :

Company :

Comments:

Chip type : ATmega16

Program type : Application

Clock frequency : 40,000000 MHz

Memory model : Small

External RAM size : 0

Data Stack size : 256

*****/

```
#include <mega16.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```

// Declare your global variables here

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization

// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=Out Func5=In Func4=Out Func3=In Func2=Out Func1=In
Func0=Out
// State7=T State6=0 State5=T State4=0 State3=T State2=0 State1=T State0=0
PORTC=0x00;
DDRC=0x55;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;

```



```
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
```

```
OCR1AH=0x00;
```

```
OCR1AL=0x00;
```

```
OCR1BH=0x00;
```

```
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer 2 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=FFh
```

```
// OC2 output: Disconnected
```

```
ASSR=0x00;
```

```
TCCR2=0x00;
```

```
TCNT2=0x00;
```

```
OCR2=0x00;
```

```
// External Interrupt(s) initialization
```

```
// INT0: Off
```

```
// INT1: Off
```

```
// INT2: Off
```

```
MCUCR=0x00;
```

```
MCUCSR=0x00;
```

```
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
```

```
TIMSK=0x00;
```

```
// Analog Comparator initialization
```

```
// Analog Comparator: Off
```

```
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
```

```
ACSR=0x80;
```

```
SFIOR=0x00;
while (1)
{
// Place your code here

PORTC.0=1;

PORTC.2=0;

PORTC.4=0;

PORTC.6=0;

delay_ms(50);

PORTC.0=0;

PORTC.2=1;

PORTC.4=0;

PORTC.6=0;

delay_ms(50);

PORTC.0=0;

PORTC.2=0;

PORTC.4=1;

PORTC.6=0;

delay_ms(50);

PORTC.0=0;

PORTC.2=0;

PORTC.4=0;

PORTC.6=1;

delay_ms(50);

};
}
```