



Pengembangan Mesin Las Listrik 25V/50A Berbasis Teknologi Catu Daya Mode Switching

Yusuf Sofyan* dan Dedi Aming**

Jurusan Teknik Elektro-Polteknik Negeri Bandung, Indonesia
Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga, Bandung, Telp dan Fax (022) 2013789 dan 2013788

*e-mail: yusuf_2473@yahoo.com, **e-mail: deam232@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini merupakan tahap awal pengembangan mesin las listrik jenis busur menggunakan teknik catu daya mode switching (SMPS). Mesin las yang jenis ini mempunyai berbagai keunggulan bila dibandingkan dengan mesin las konvensional, antara lain efisiensi lebih tinggi, dimensi lebih kompak, bobot lebih ringan. Perangkat yang dikembangkan terdiri dari AC to DC converter, high frequency transformer, DC to AC inverter, high current rectifier, PWM generator dan filter. Pengujian yang telah dilakukan antara lain untuk converter, PWM generator dan rangkaian switching dengan pengaturan pada 25%, 50%, 75% dan 90%, adapun pengukuran pada arus keluaran masih terbatas hanya sampai 30 ampere. Konsistensi sinyal keluaran yang diperoleh dari berbagai pengujian tersebut telah menunjukkan hasil yang baik dan sudah mendekati nilai-nilai yang sesuai dengan spesifikasi.

Keywords: SMPS, converters, inverters, rectifiers, PWM

Abstrac

This research is an early stage of development of type arc welding machine using the technique of switching mode power supply (SMPS). Welding machines of this type has various advantages when compared with conventional electric welding machines, including higher efficiency, more compact dimensions, lighter weight. The device developed consists of an AC to DC converter, high frequency transformers, DC to AC inverter, high-current rectifiers, PWM generators and filters. Tests have been carried out among others for the converter, PWM generator and circuit switching the setting on 25%, 50%, 75% and 90%, while measurements on the output current is limited only to 30 amperes. Consistency of output signals obtained from these tests have shown good results

and is close to the values that conform to specifications.

Keywords: SMPS, conver-ters, inverters, rectifiers, PWM

1. Pendahuluan

Mesin las listrik hingga saat ini mempunyai fungsi sangat vital dalam berbagai bidang teknik, terutama dalam mendukung pabrikan berbagai peralatan, mesin-mesin, konstruksi bangunan dan jembatan, kendaraan bermotor hingga pada pesawat terbang. Dalam proses pengelasan yang mempunyai posisi atau tempat yang kurang baik, misal dalam pembangunan tiang jaringan listrik *extra high tension* (EHV), pengelasan kerangka bangunan yang tinggi dan tempat lain yang sulit dijangkau, seringkali mendapat kendala. Kendala yang sering muncul antara lain: pertama, peralatan las yang kurang mendukung dalam pelaksanaan pekerjaan pengelasan, terutama disebabkan ukuran mesin las yang pada umumnya relatif besar dan sangat berat. Kedua jarak antara mesin las dengan bidang kerja relatif jauh, sehingga bila kabel pada saluran sekunder terlalu panjang akan mengakibatkan kehilangan energi yang relatif besar dan tegangan kerja pada titik pengelasan akan berkurang, akibatnya kualitas pengelasan yang kurang baik. Ketiga pengaturan arus dan tegangan pengelasan yang relatif lebih sulit dan kurang presisi, sehingga sulit disesuaikan dengan berbagai jenis benda kerja, dan empat, efisiensi mesin las transformator konvensional relatif rendah (sekitar 50%).

Seiring dengan kemajuan teknologi, khusus-nya pada bidang elektronika daya dan komponen pendukungnya, maka untuk memperbaiki kekurangan pada sistem pengelasan konvensional, di sini diajukan untuk membuat mesin las listrik jenis busur yang menggunakan sistem catu daya mode switching (*switching mode power supply*

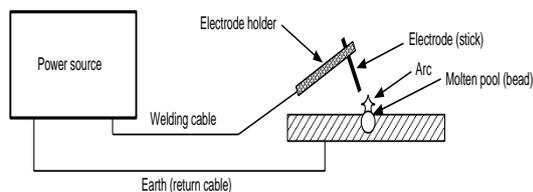


/SMPS). Dengan sistem ini akan diperoleh keuntungan antara lain : ukuran fisik mesin yang lebih kecil dan ringan, sehingga akan lebih mudah ditempatkan sedekat mungkin dengan bidang kerja (*portable*), pengaturan arus dan tegangan dapat dilakukan dengan lebih presisi dan mudah disesuaikan dengan jenis-jenis benda kerja dan ukuran elektroda las serta efisiensi relatif lebih tinggi.

Proses pengelasan adalah salah satu cara penyambungan dua atau lebih material dengan menggunakan energi panas melalui proses pencairan setempat. Pengelasan dapat dilakukan pada logam yang sama atau pada logam yang tidak sama (*similar metal or dissimilar metal welding*). Dalam proses penyambungan ini adakalanya disertai dengan tekanan dan material tambahan (*filler material*). pengelasan, menurut cara pengelasannya dibedakan menjadi:

Las cair yaitu sambungan dari busur listrik atau semburan api. Las tekan yaitu sambungan dipanaskan dan ditekan. Pematrian yaitu sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah.

Electric arc welding merupakan proses pengelasan dengan menggunakan busur listrik untuk pemanasan. Panas oleh busur listrik terjadi karena adanya loncatan elektron dari elektrode melalui udara ke benda kerja. Elektron tersebut bertumbukan dengan udara/gas serta memisahkannya menjadi elektron dan ion positif. Daerah di mana terjadi loncatan elektron disebut busur (*arc*). Peralatan dasar yang digunakan untuk pengelasan busur listrik atau pengelasan elektrode batangan adalah seperti yang digambarkan di bawah ini.



Gambar 1. Peralatan Arc Welding

Jenis arus las yang digunakan didalam proses pengelasan akan menentukan kualitas dari pengelasan itu sendiri. Adapun jenis arus las dapat dibagi dalam tiga kelompok utama yaitu: Jenis arus las *direct current straight polarity* (DC-SP). Jenis arus las *direct current reverse polarity* (DC-RP), Jenis arus las *alternating current* (AC), Jenis arus las ini biasanya dihasilkan dari sumber daya generator atau transformer dan *rectifier*. Jenis arus las DC terbagi dalam dua kelompok utama yaitu jenis arus las searah polaritas lurus (DC-SP) dan

jenis arus las polaritas balik (DC-RP). Pada kondisi kerja di pengelasan, apabila menggunakan jenis arus las searah polaritas lurus (DC-SP) maka akan menghasilkan panas + 30 % pada benda kerja dan 70 % pada elektroda dengan persentase dilusi yang rendah. Jenis arus las ini banyak digunakan untuk mengurangi distorsi pada benda kerja las yang meng-hasilkan penetrasi yang lebih dangkal. Oleh karena itu jenis arus las ini sangat baik untuk mengelas benda kerja yang tipis atau pelat dengan ketebalan tertentu. Sedangkan jenis arus las searah polaritas terbalik (DC-RP) akan menghasilkan panas 70% pada benda kerja dan 30% pada elektroda. Penggunaan jenis arus las ini cocok untuk mengelas pelat yan tebal dan sangat baik untuk mengelas pada tahap awal akar las (*bead*) untuk jenis sambungan las kampuh (*groove*). Besar arus pengelasan pada mesin las tergantung pada beberapa hal, antara lain : tebal logam yang akan di las, desain sambungan las, posisi pengelasan, dan jenis pengelasan.

Mesin las listrik tipe busur kon-vensional menggunakan komponen utama transformator (trafo) yang bekerja pada frekuensi 50 Hz atau 60 Hz. Tegangan input untuk jenis satu fasa berkisar antara 110V AC s/d 220 VAC dan arusnya sangat bergantung dari daya mesin las tersebut. Adapun arus output berkisar antara 25 ampere s/d 400 ampere dan tegangan kerja pada keadaan berbeban sekitar 27 volt. Pengaturan arus output dapat dilakukan antara lain dengan cara: menambahkan inti tambahan dalam tranformator yang posisinya dapat diatur, pengaturan posisi inti tambahan ini akan berkorelasi dengan arus output yang dikeluarkan dari tarnsformator. Semakin dekat inti tambahan dengan inti utama, maka arus listrik yang dikeluarkan semakin kecil demikian sebaliknya, bila inti tambahan semakin jauh dari inti utama akan menghasilkan arus listrik pada sisi output yang semakin besar. Teknik pengaturan arus seperti dijelaskan tersebut biasanya digunakan untuk mesin las satu fasa, sedangkan untuk mesin las 3 fasa pengaturan arus dilakukan dengan cara mengatur jarak antara lilitan primer dan sekunder tranformator tersebut. Semakin dekat jarak kedua lilitan maka akan semakin besar arus listrik disisi output. Demikian sebaliknya bila jarak antar kedua lilitan semakin jauh, maka arus listrik disisi output akan semakin berkurang. Karena pada sistem konvensional masih menggunakan frekuensi kerja yang relatif rendah maka ukuran transformator menjadi besar dan berat, serta beban bersifat induktif dengan faktor kerja sekitar 0,5. Model mesin las dengan teknologi SMPS. Teknologi SMPS dikembangkan antara lain untuk menang-gulangi berbagai kelemahan pada sistem konvensional, kelemahan sistem kon-vensional antara lain: ukuran relatif besar dan berat, pengaturan arus dan



tegangan relatif kurang presisi, efisiensi dan faktor daya relatif rendah. Pada SMPS sistem dikembangkan dengan frekuensi relatif tinggi ($\gg 50 - 60\text{Hz}$), sehingga secara fisik dapat mengurangi bobot dan dimensi mesin. Densiti daya untuk sistem konvensional mempunyai harga sekitar $0,3 \text{ W/cm}^3$ sedangkan bila menggunakan SMPS dapat mencapai 30W/cm^3 . diagram blok mesin las menggunakan teknologi SMPS ditunjukkan pada gambar 1.

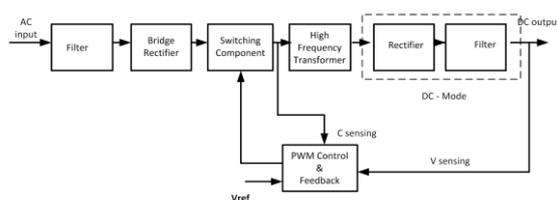
Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini, antara lain:

- Melakukan pengembangan prototipe mesin las listrik tipe busur secara lokal, guna mengurangi ketergantungan terhadap peralatan impor dan diharapkan hasil penelitian ini dapat terus dikembangkan sehingga dapat diproduksi dan bekerja sama dengan pihak lain.
- Menambah profesionalitas dan kemampuan tim peneliti dalam pengembangan dan pendalaman bidang ke-ilmuan.
- Menambah kemampuan tim peneliti dalam mengaplikasikan bidang keilmuan pada produk-produk yang banyak diperlukan dan digunakan industri maupun masyarakat.
- Mengoptimalkan berbagai fasilitas laboratorium untuk kegiatan penelitian dan pembuatan prototipe disamping kegiatan rutin yakni tempat belajar atau praktek mahasiswa.

Kontribusi yang diharapkan dari penelitian ini, antara lain : sebagai langkah awal membuat prototipe mesin las listrik tipe busur menggunakan teknologi SMPS secara lokal. Diharapkan penelitian ini berlanjut hingga dihasilkan mesin yang dapat memenuhi berbagai persyaratan standar industri, demikian sehingga nantinya mesin las ini dapat di produksi bekerjasama dengan pihak luar.

2. PEMODELAN SISTEM

Model mesin las yang dikembangkan dalam penelitian ini, secara ringkas ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Mesin Las Menggunakan SMPS

Penjelasan diagram blok tersebut adalah :

AC input, merupakan sumber utama berupa jaringan listrik dengan tegangan kerja 220VAC dengan frekuensi kerja 50 Hz.

Filter, merupakan rangkaian yang digunakan untuk filterisasi arus harmonik (RFI) yang timbul dan disebabkan oleh beroperasinya mesin las.

Bridge Rectifier dan filter, merupakan rangkaian penyearah tipe jembatan yang digunakan untuk mengubah arus bolak balik dari jaringan menjadi arus searah.

Switching component, merupakan rangkaian yang digunakan untuk membangkitkan sinyal arus bolak balik pada sisi primer transformator. Dengan dibangkitkannya sinyal arus bolak balik di sisi primer akan secara langsung membangkitkan sinyal yang arus bolak balik di sisi lilitan sekunder.

High Frequency Transformer, merupakan komponen yang digunakan untuk proses transformasi besaran tegangan dan arus sesuai dengan kebutuhan, adapun frekuensi yang digunakan dalam proses transformasi ini diatur pada 50 KHz.

PWM control dan feedback, rangkaian pembangkit sinyal PWM yang dilengkapi dengan pengatur tegangan output dan pembatas arus keluaran sebagai rangkaian proteksi terhadap arus lebih atau arus hubung singkat.

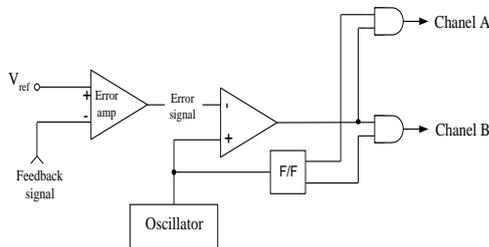
Rectifier dan filter, merupakan rangkaian penyearah dan filter pada sisi output untuk mode arus keluaran DC.

DC output, merupakan terminal output yang dihubungkan ke masing-masing kabel/ terminal pengelasan.

Pulse width modulation (PWM) atau modulasi lebar pulsa merupakan salah satu metoda pembangkitan pulsa untuk *switching on-off* transistor daya. Regulasi atau pengaturan tegangan keluaran dilakukan dengan cara mengatur lebar pulsa gelombang segi empat. Tahapan kerja rangkaian, adalah: Op-amp membandingkan sinyal *feedback* dengan sinyal referensi. *Error signal* diperkuat dan dijadikan masukan kaki *inverting* (-) dari pembanding. Kaki *non-inverting* (+) dari komparator mendapatkan masukan gelombang gigi gergaji yang dibangkitkan oleh osilator. Gelombang gigi gergaji ini juga dipakai untuk *flip-flop*, sehingga menghasilkan gelombang keluaran persegi *Q* dan *not*.



Gelombang keluaran persegi dari komparator dan *flip-flop* dipakai sebagai masukan gerbang AND. Keluaran gerbang AND akan aktif apabila kedua masukannya “high” atau “bernilai 1”. Hasilnya adalah deretan pulsa dengan *dutycycle* tertentu pada A dan B. Gambar 3 memperlihatkan bagaimana lebar gelombang pulsa keluaran dimodulasi dengan perubahan sinyal *error*, yang digambarkan dengan garis putus-putus. Kelebihan dari PWM kontroler antara lain, frekuensi osilator dapat di-set sesuai kebutuhan, output PWM yang linear dengan *duty cycle* dari 0 sampai 100%, *dead time* yang dapat diatur untuk mencegah terjadinya konduksi transistor output secara serampak, relatif stabil terhadap perubahan suhu, konfigurasi rangkaian sederhana.



Gambar 3. Diagram blok komponen dasar pembangkit PWM

Tabel 1. Spesifikasi Alat

V input	220VAC - 1 phase
I input	+/- 15 A
frequency input	50 Hz
V output	0-25 V nominal
I output	0-50 A max (AC-DC)
frequency output (mode AC)	40-50 KHz nominal
Mode	PWM-SMPS

- Rangkaian penyearah input:

$$V_{cc} = 1.414 \cdot V_{in} = 1.414 \times 220 = 311 \text{ V}$$

V drop pada rangkaian penyearah dan komponen lain = 10 volt, *holdup time* (th) = 10 ms, efisiensi minimal diasumsikan 80%, maka nilai kapasitor minimum adalah :

$$C = \frac{(2 \text{ Pin th})}{\{V_{cc1}\}^2 - \{V_{cc2}\}^2}$$

$$= \frac{2 \times (15.220) \times 10 \times 10^{-3}}{\{(301)^2 - (220)^2\}}$$

$$C = 1479 \text{ uf} \text{ dipilih } 1500 \text{ uf}/250\text{VDC}$$

Dioda D1–D4 dipilih tipe jembatan dengan kemasan blok dengan spesifikasi $I_f = 25 \text{ A}/600\text{VAC}$.

- Rangkaian *switching*

Dari hasil perhitungan komponen *switch* yang dipilih jenis transistor MOSFET tipe IRFP460 dengan spesifikasi $I_f = 20 \text{ A}/500\text{V}$ dan $R_{d-on} = 0,27 \text{ ohm}$. Pada transistor ini sudah dilengkapi dengan sebuah dioda yang dipasang pada terminal S dan D, dengan demikian akan lebih menyederhanakan rangkaian, karena tidak perlu memasang dioda eksternal. Pada masing-masing gate (G1 dan G2) dipasang pada trafo pulsa yang berguna untuk rangkaian bias dan sekaligus sebagai trafo isolasi antara rangkaian tegangan tinggi (sisi daya) dengan rangkaian tegangan rendah (rangkaiannya kendali).

- Transformator

Tranformator daya yang digunakan harus mampu beroperasi pada frekuensi 50 kHz, oleh karena itu jenis yang dipilih adalah inti *ferrites*. Komponen trafo jenis ferrite yang mempunyai daya besar (3000 watt) relatif sulit didapat di pasar lokal, sehingga untuk penelitian ini digunakan empat buah trafo berdaya 750 watt yang nantinya dihubungkan secara paralel. Perbandingan lilitan primer : sekunder adalah 52 : 12 dengan diameter kawat di primer = 1mm dan sekunder 2x1mm yang di lilit secara simultan. Selain lilitan tersebut untuk keperluan penelitian dan percobaan penyearah sinkron ditambahkan kumparan tambahan disisi sekunder yakni dua kumparan masing-masing 6 buah lilitan dengan ukuran diameter kawat 0,2 mm.

- Rangkaian pembangkit sinyal PWM

Pembangkit sinyal PWM dipilih jenis rangkaian terpadu (IC) tipe SG3525. IC ini mempunyai berbagai fitur dan spesifikasinya sesuai dengan kebutuhan penelitian. Terminal 11 dan 14 dihubungkan dengan trafo pulsa dengan perbandingan lilitan 1:1. Fasilitas yang dirancang pada rangkaian ini meliputi pengatur tegangan output, pem-batas arus output, pengatur *soft-start*, pengatur *dead time*, serta frekuensi kerja osilator di set pada 50 kHz.

- Rangkaian penyearah dan filter output

Penyearah output dibangun dengan sistem *center tap* (CT), dimana pada masing masing terminal output trafo dihubungkan dengan dioda, dan dioda dipilih jenis kecepatan tinggi (*fast recovery*) $I_f = 60 \text{ A}/V = 100\text{V}$. Filter terdiri dari induktor dan kapasitor atau disebut LC filter. Induktor dibuat



dengan kawat yang dililit pada sebuah inti jenis toroid, jenis ini pilih karena merupakan konstruksi yang relatif sederhana bila dibandingkan dengan jenis inti E-I atau ETD.

• Realisasi Alat

Rangkaian dan sub rangkaian dalam realisasinya dipasang pada PCB, pertinak dan casing. PCB digunakan untuk menampung empat buah ranfomator daya, rangkaian snubber, kapasitor daya dan detektor atau sensor arus lebih. Matriks board digunakan untuk menempatkan rangkaian pembangkit sinyal PWM dan peralatan pendukungnya. pertinaks diguna-kan untuk tempat dudukan heatsink dan tempat PCB-transformer daya, serta tempat dudukan penyearah input-output dan rangkaian filter. Kipas pendingin (fan) ukuran 12x12 cm dipasang pada bagian belakang casing, sedangkan knob pengatur arus-tegangan output dan terminal output dipasang pada bagian muka casing. Ilustrasi penempatan dan pemasangan masing-masing komponen dapat dilihat pada foto di halaman lampiran.

pulsa satu dan dua dari pembangkit PWM. Hasil-hasil diperoleh dapat dilihat mulai gambar 4.

Tabel 3. Hubungan tegangan kontrol dengan lebar PWM

No.	Vkontrol (volt)	PWM (%)
1.	0,75	25
2.	1,50	50
3.	2,25	75
4.	2,80	90

Pada pengujian sistem belum sepenuhnya dapat dilakukan khususnya pada pengujian beban penuh, hal ini disebabkan antara lain oleh: komponen dioda penyearah dengan kapasitas > 50 A jenis fast recovery sangat sulit didapat dipasar lokal, alat ukur untuk mengukur arus DC yang tersedia di laboratorium maksimum hanya 30A. Dengan demikian pembebanan maksimum hanya dilakukan untuk arus output 30 A.

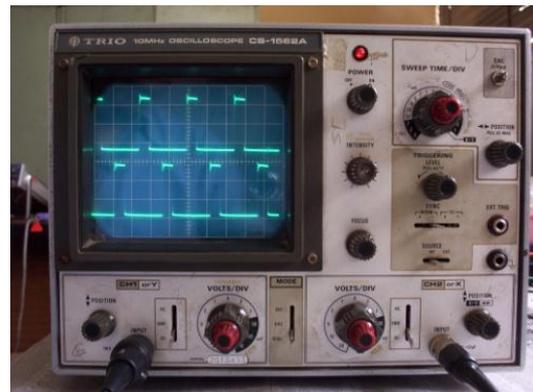
3. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

• Pengujian

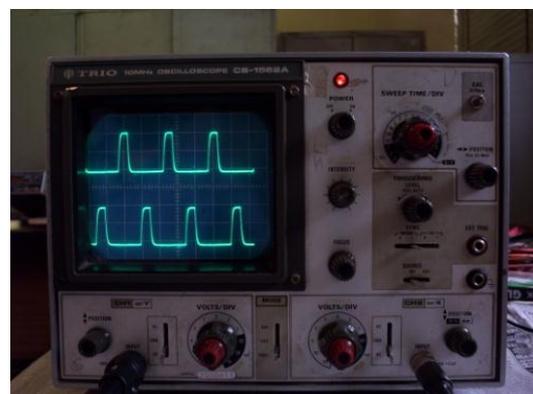
Pengujian penyearah input dilakukan dengan cara memberikan catu daya 220V AC pada input penyerah jembatan, selanjutnya dilakukan pengukuran pada sisi output penyerah yang dihubungkan dengan filter kapasitor. Hasil yang diperoleh adalah terukur nilai tegangan sebesar 311 volt DC. Pegukuran lain yang dilakukan yaitu menggunakan osiloskop pada terminal output penyearah jembatan sebelum menggunakan filter kapasitor, hasilnya terlihat bentuk tegangan output sinusioda dengan masing-masing bernilai positif baik untuk setengah siklus awal (0⁰-180⁰) maupun setengah siklus kedua (180⁰-360⁰).

Pengujian pembangkit PWM dengan cara melakukan pengukuran pada tegangan pengatur lebar pulsa dan mengukur prosentase pulsa PWM menggunakan osiloskop. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 6.1 dan lampiran. Hubungan tegangan input (tegangan kontrol) dengan lebar pulsa (duty-cycle) output PWM (dalam %) dapat dilihat pada tabel 2.

Pengujian rangkaian switching dan transformer ini, rangkaian dihubungkan dengan penyearah dan filter input pada bagian depan, serta untuk mengoperasikan transistor switching masing-masing gate MOSFET dihubungkan dengan trafo



Gambar 4. Bentuk pulsa output pembangkit PWM pada pengaturan 50%



Gambar 5. Bentuk tegangan trafo output disisi sekunder pada pengaturan 50%

• Analisis



Beberapa analisis sehubungan dengan hasil pengujian dan pengukuran yang telah dilaksanakan, adalah :

- a) Pengujian penyearah input dan filter, hasilnya telah sesuai dengan rangkaian yang direncanakan.
- b) Pengujian rangkaian switching dan transformator telah menunjukkan hasil sesuai perencanaan, khususnya pada saat tanpa pembebanan.
- c) Pada pengujian dengan duty-cycle 25%

Output IC SG3525 pin 11 dan 14, menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,25x 12,5 μ S

Output trafo *pulsa/driver* mempunyai bentuk yang hampir sama dengan output dari IC SG3525 pin 11 dan 14, serta menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,25x 12,5 μ S

Output trafo daya mempunyai lebar pulsa persis dengan output dari trafo *pulsa/driver*, serta menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,25x 12,5 μ S. Adapun bentuknya sedikit berbeda dengan yang dikeluarkan trafo *driver*, hal ini disebabkan efek pembebanan yang relatif kecil.

- d) Pada pengujian dengan duty-cycle 50%

Output IC SG3525 pin 11 dan 14, menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,5x 12,5 μ S

Output trafo *pulsa/driver* mempunyai bentuk yang hampir sama dengan output dari IC SG3525 pin 11 dan 14, serta menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,5x 12,5 μ S.

Output trafo daya mempunyai lebar pulsa persis dengan output dari trafo *pulsa/driver*, serta menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,5x 12,5 μ S. Adapun bentuknya sedikit berbeda dengan yang dikeluarkan trafo *driver*, hal ini disebabkan efek pembebanan yang relatif kecil.

- e) Pada pengujian dengan duty-cycle 75%.

Output IC SG3525 pin 11 dan 14, menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,75x 12,5 μ S.

Output trafo *pulsa/driver* mempunyai bentuk yang hampir sama dengan output dari IC SG3525 pin 11 dan 14, serta menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,75x 12,5 μ S.

Output trafo daya mempunyai lebar pulsa persis dengan output dari trafo *pulsa/driver*, serta menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,75x 12,5 μ S. Adapun bentuknya hampir sama dengan yang dikeluarkan trafo *driver*.

- f) Pada pengujian dengan duty-cycle 90%

Output IC SG3525 pin 11 dan 14, menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,9x 12,5 μ S

Output trafo *pulsa/driver* mempunyai bentuk yang hampir sama dengan output dari IC SG3525 pin 11 dan 14, serta menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,9x 12,5 μ S.

Output trafo daya mempunyai lebar pulsa persis dengan output dari trafo *pulsa/driver*, serta menunjukkan daerah kerja dengan frekuensi 40 kHz dan lebar pulsa sebesar 0,75x 12,5 μ S. Adapun bentuknya hampir sama dengan yang dikeluarkan trafo *driver*.

Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan, maka rangkaian kontrol PWM, *driver* dan trafo daya telah menunjukkan hasil yang konsisten dan sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan semula. Namun demikian pada pengujian sistem dengan beban penuh belum dapat dilaksanakan.

4. KESIMPULAN

Dari perencanaan dan hasil-hasil pengujian yang telah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan :

- 1) Secara umum rangkaian control PWM, *driver* dan rangkaian daya telah bekerja sesuai dengan yang direncanakan, walaupun pengujian yang berkaitan dengan pembebanan masih kurang.
- 2) Konsistensi pengaturan duty-cycle dari IC PWM SG3525 sudah sangat baik dan mempunyai stabilitas frekuensi yang mantap.
- 3) Arus dan tegangan keluaran dari pin 11 dan 14 SG3525 sudah mencukupi untuk mengendalikan dua buah MOSFET daya IRFP460.
- 4) Trafo *pulsa/driver* yang digunakan sebagai interface dan sebagai trafo isolasi antara rangkaian SG3525 (tegangan kerja rendah) dengan IRFP460 (tegangan kerja tinggi) sudah matching dan mempunyai cacat output yang sangat kecil.



- 5) Pengaturan lebar pulsa PWM dan rangkaian pembatas arus output melalui potensio meter sudah memberikan hasil pengukuran yang baik.
- 6) Dari pengujian yang dilakukan untuk daerah kerja (duty-cycle) 25%, 50%, 75% dan 90%, antara lain:
 - a. Hubungan bentuk gelombang antara output SG3525, trafo *driver* dan trafo daya yang paling baik yakni berada pada daerah antara 50% hingga 90%.
 - b. Pada daerah sekitar 25% bentuk gelombang output dari trafo daya tidak sama dengan yang dikeluarkan oleh SG3525 dan trafo *driver*. Namun demikian hal ini tidak terlalu ber-pengaruh, karena daerah kerja normal alat ini di atas 50% hingga 90%.

Saran-Saran yang diajukan sehubungan dengan kesimpulan di atas, antara lain:

- 1) Karena pengujian berbeban masih minim, maka dapat dilakukan alternatif pengujian sebagai berikut:
 - a. Pengujian pembebanan dilakukan menggunakan *dummy load*, seperti *rheostat* yang dipasang secara paralel untuk mendapatkan nilai arus uji sesuai dengan kebutuhan.
 - b. Pengujian dengan elektroda las dimulai dengan diameter elektroda yang relative kecil dan dilanjutkan dengan ukuran yang lebih besar.
- 2) Tahapan pengujian berbeban hingga nilai nominalnya (100A) perlu dilakukan dengan sangat hati-hati dan dilengkapi dengan alat-alat ukur dan peralatan proteksi yang sesuai, guna menghindari kejadian atau keadaan yang tidak diharapkan.
- 3) Modifikasi atau perubahan rangkaian masih perlu dilakukan bila dalam pengujian lanjutan (termasuk pengujian berbeban) didapat ketidaksesuaian dengan spesifikasi awal yang

telah ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa masih diperlukan penelitian lanjutan dalam pengembangan mesin las ini.

Daftar Pustaka

- [1] Billinton R & Allan RN, *Reliability Evaluation of Power Systems*, Pitman Publishing Limited, London 1984.
- [2] Chryssis C. George, *High Frequency Switching Power Supplies 1-Edition*, McGraw-Hill International Edition, Singapore 1984.
- [3] Chryssis C. George, *High Frequency Switching Power Supplies 2-Edition*, McGraw-Hill International Edition, Singapore 1989.
- [4] Constantine H & Gary B, *Digital Control Systems*, Mc. Graw-Hill International Edition, Singapore 1992.
- [5] Cory HB, *Hobart Welding Guide*, Hobart School of welding Technology, Troy, Ohio USA, 1989.
- [6] Elliot SP, *250 W SMPS with power FET*, <http://sound.westhost.com>.
- [7] Grafham at. al., *SCR Manual Including Triacs and other Thyristors-* Sixth edition General Electric Company USA1989.
- [8] Mohan at. al., *Power Electronics: Converter, Applications and Design*, John Wiley & Sons, New York 1994.
- [9] Moreno SS & Elliot SP, *Switch mode Power Supply for Car Audio*, <http://sound.westhost.com>(2004).
- [10] Morrison DG., *Semiconductor Spark Advances in Welding Power*, <http://www.electronic design.com> (2004).
- [11] Rashid MH, *Power Electronics, Circuits, Devices, and Applications International Edition*, Prentice-Hall New Jersey 1988.