

---

## ANALISIS KERUSAKAN DAN PERBAIKAN MESIN LAS TITIK ME-25

**Triarjo, Sugeng Rianto, Dedi Haryadi**  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN  
Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang

### ABSTRAK

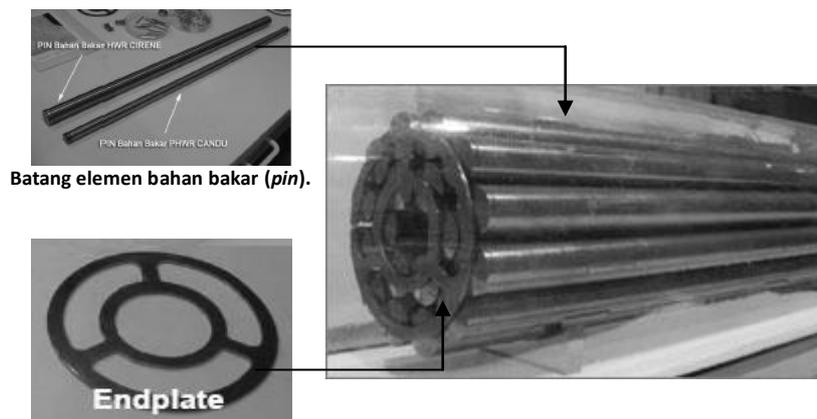
**ANALISIS KERUSAKAN DAN PERBAIKAN MESIN LAS TITIK ME-25.** Mesin las ME-25 adalah jenis *Resistance Spot Welding (RSW)* yang digunakan untuk perakitan kelongsong bahan bakar nuklir PLTN di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) – BATAN. Mesin las titik ( ME-25 ) berfungsi untuk pengelasan *end plate* dari pin menjadi *bundle* elemen bakar nuklir. Mesin las ME-25 telah mengalami kerusakan akibat kondisi ruangan dan suplai udara tekan yang banyak mengandung air. Analisis kerusakan dilakukan pada tiga sistem, antara lain: Sistem Elektrik Power Suplai, Sistem Elektro Pneumatik, dan Sistem Kontrol Elektronik. Metode yang digunakan dalam melakukan analisis kerusakan adalah dengan cara melakukan pengukuran langsung pada bagian *input* dan *output* komponen. Setelah dilakukan pengukuran maka dapat diketahui bahwa kerusakan suplai daya listrik terdapat pada sistem emergensinya dan kerusakan pada Sistem Elektro Pneumatik. Setelah dilakukan perbaikan pada sistem darurat dan penggantian unit elektro pneumatik, mesin las tetap tidak dapat bekerja. Kemudian dilakukan pemeriksaan pada modul kontrol arus pengelasan, ternyata modul kontrol arus mengalami kerusakan. Perbaikan dilakukan dengan cara modifikasi pada modul kontrol arus pengelasan. Setelah dimodifikasi kemudian dilakukan uji fungsi dan proses pengelasan dapat bekerja dengan baik, akan tetapi perlu dilakukan pengujian arus pengelasan pada sistem kontrol elektronik untuk mendapatkan parameter pengelasan yang baik.

### PENDAHULUAN

Proses pembuatan berkas bahan bakar nuklir dilakukan di laboratorium fabrikasi bahan bakar (FFL–*Fuel Fabrication Laboratory*) Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, PTBBN-BATAN. Salah satu urutan dalam proses tersebut adalah perakitan bundel bahan bakar, yaitu kelongsong yang telah diisi dengan pelet  $UO_2$  bersama dengan gas Helium (He) yang membentuk batang elemen bakar (*pin*), dirakit bersama dengan *end-plate* menjadi berkas bahan bakar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Perakitan berkas *pin* dan *end-plate* tersebut dilakukan menggunakan teknik pengelasan *Resistance Spot Welding (RSW)*, dan ME-25 adalah mesin pengelasan RSW untuk tujuan tersebut di FFL-PTBBN.

Untuk mendapatkan kualitas pelasan yang baik (memenuhi persyaratan) pada proses RSW, tiga parameter utamanya (gaya tekan, arus listrik, dan waktu pengelasan) harus dikendalikan yang disesuaikan dengan bahan (materi) dari logam yang akan dilas<sup>[1]</sup>. Pengendali arus listrik pada mesin las ME-25 di FFL-PTBBN mengalami kerusakan. Rangkaian elektronik pengendali arus tersebut menyatu

(*integrated*) dengan rangkaian elektronik lainnya dalam bentuk modul sehingga perbaikan memerlukan penggantian komponen yang harus tepat sama. Kondisi tersebut sulit diperoleh karena modul tersebut adalah buatan dari pabrikan pembuat mesin las itu sendiri sehingga tidak mudah diperoleh di pasaran. Oleh karena itu tindakan pembaruan (*refurbishing*) harus dilakukan, yaitu membuat rangkaian elektronik dengan desain sendiri (modul baru) di luar rangkaian elektronik yang lama untuk menggantikan fungsi kerja modul yang telah rusak tersebut.



Gambar 1. Berkas bahan bakar dan batang elemen bahan bakar (*pin*) dan *end-plate*.

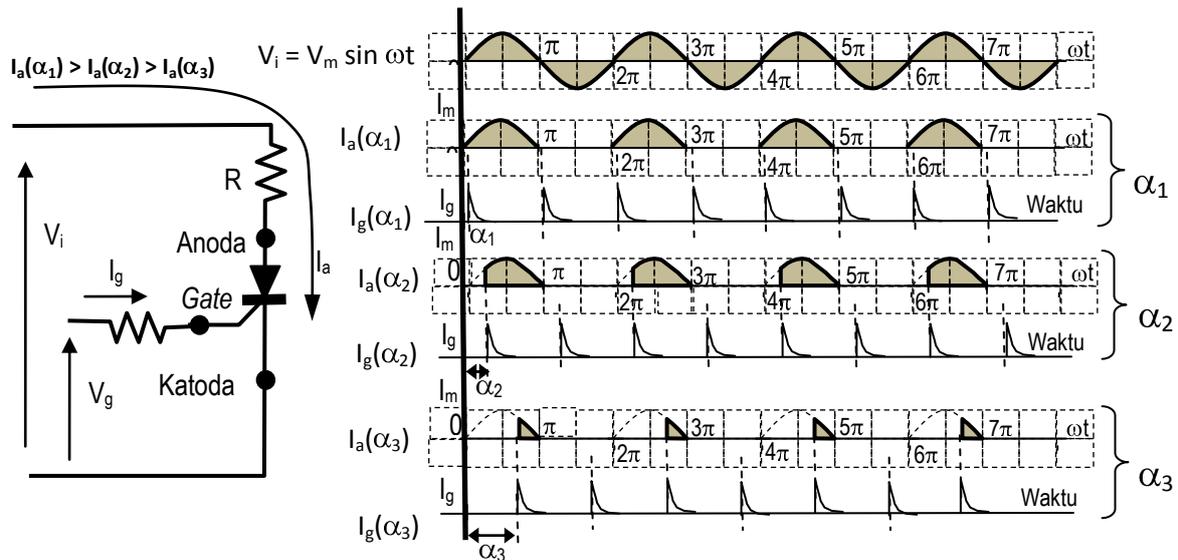
Dalam makalah ini, penulis hendak menulis tentang proses analisis kerusakan dan perbaikan alat mesin las ME-25. Tindakan analisis dan perbaikan ini dilakukan disamping untuk memfungsikan kembali mesin ME-25, juga untuk menunjukkan bahwa solusi untuk perangkat yang tidak berfungsi adalah, tidak selalu harus dengan mengganti perangkat tersebut secara total, jika ada komponen yang rusak dan tidak ada di pasaran. Kemampuan desain dan memahami cara kerja perangkat yang tidak berfungsi secara rinci sangat diperlukan dalam proses analisis dan perbaikan.

## DASAR TEORI

### 1. THYRISTOR<sup>[2]</sup>

*Thyristor* adalah komponen elektronik dengan karakteristik serupa dengan dioda, tetapi arus dari anoda ke katoda-nya ( $I_a$ ) dapat dikendalikan, yaitu oleh arus *Gate* ( $I_g$ ) yang dapat dibangkitkan oleh tegangan *Gate* ( $V_g$ ) seperti pada Gambar 2. Arus anoda hanya dapat mengalir jika tegangan Anoda lebih besar dari tegangan Katoda dan pada saat itu ada arus-*Gate* dengan nilai minimum tertentu mengalir dari *Gate* ke Katoda. Jika tidak ada arus-*Gate* tersebut atau dibawah nilai minimumnya,

maka tidak ada arus dari Anoda ke Katoda meskipun tegangan Anoda lebih besar dari tegangan Katoda. Batas arus-Gate minimum tersebut dipengaruhi oleh temperatur P-N *junction Gate-Katoda* dari *thyristor*. Keberadaan arus *Gate* tidak harus kontinyu, dan arus anoda akan tetap mengalir selama tegangan Anoda lebih besar dari tegangan Katoda. Pada saat tegangan Anoda lebih kecil atau sama dengan tegangan Katoda, maka arus Anoda akan berhenti mengalir jika tidak ada arus-Gate yang mengalir. Dalam praktek, sering arus-Gate dibuat berbentuk pulsa dan bukan arus kontinyu untuk menjaga suhu P-N *junction Gate-Katoda* relatif tetap.



Gambar 2. Pengendalian arus dengan *thyristor*.

Gambar 2 memperlihatkan pengendalian arus Anoda oleh pulsa arus-Gate yang diberikan pada tiga kondisi penyalan, yaitu  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ , dan  $\alpha_3$  untuk setengah gelombang. Nilai arus efektif atau *Root Mean Square* (RMS) sebanding dengan luas gelombang listrik dengan garis kesetimbangannya, mengikuti persamaan berikut:

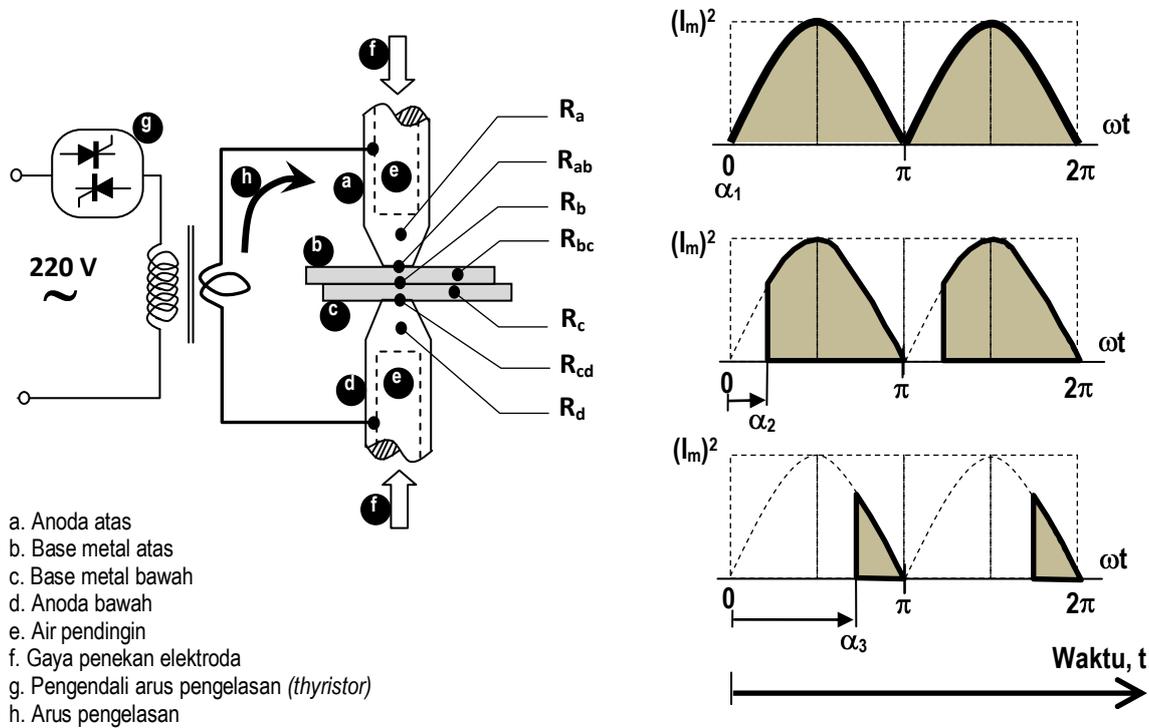
$$I_{a\_rms\_half\_wave} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left( \int_0^\pi (I_m \sin \omega t)^2 d(\omega t) - \int_0^\alpha (I_m \sin \omega t)^2 d(\omega t) \right)} \dots\dots\dots (1)$$

Persamaan (1) adalah arus listrik Anoda efektif yang dikendalikan mengalir pada R untuk setengah gelombang. Sudut  $\alpha$  adalah sudut *triger* (penyalan) pada *thyristor* sehingga nilai arus Anoda dapat dikendalikan oleh sudut penyalan *thyristor*  $\alpha$ , dengan  $0 < \alpha < \pi$ . Jika dua buah *thyristor* yang digunakan, maka pengendalian arus adalah gelombang penuh dan mengikuti persamaan (2) sebagai berikut:

$$I_{a\_rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \left( \int_0^{\pi} (I_m \sin \omega t)^2 d(\omega t) - \int_0^{\alpha} (I_m \sin \omega t)^2 d(\omega t) \right)} \dots\dots\dots (2)$$

**2. Resistance Spot Welding (RSW)**

Pengelasan adalah penyatuan dua potong atau lebih logam menggunakan panas dan terkadang dengan penekanan. Untuk panas pengelasan yang berasal dari arus listrik yang mengalir pada resistansi logam yang akan dilas (beserta kontak listriknya satu sama lain) disebut dengan *resistance welding*. Ada tiga jenis *resistance welding*, yaitu *spot welding*, *projection welding*, dan *seam welding*<sup>[1]</sup>.



a). Komponen *Resistance Spot Welder*.

(b). Arus pengelasan dikendalikan oleh sudut  $\alpha$  menggunakan *thyristor*.

Gambar 3. Prinsip kerja *Resistance Spot Welding* (RSW).

Mesin las jenis *Resistance Spot Welding* (RSW) memiliki dua elektroda yang tetap (atas dan bawah), sedangkan logam yang akan dilas (*base metal*) ditempatkan diantara kedua elektroda tersebut seperti pada Gambar 3.a. Resistansi kelistrikan antara dua elektroda tersebut, jika dialiri arus listrik akan menimbulkan panas yang

digunakan untuk pengelasan. Nilai resistansi tersebut<sup>[3]</sup>  $R_{total}$  seperti pada Gambar 3.a dan panas energi  $Q$  yang ditimbulkan mengikuti persamaan berikut.

$$R_{total} = R_a + R_{ab} + R_b + R_{bc} + R_c + R_{cd} + R_d \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$Q = I_{a\_rms}^2 R_{total} t$$

$$= \frac{t R_{total}}{\pi} \left( \int_0^{\pi} (I_m \sin \omega t)^2 d(\omega t) - \int_0^{\alpha} (I_m \sin \omega t)^2 d(\omega t) \right) \quad \dots \dots \dots (4)$$

Dari persamaan (4), dapat diketahui bahwa panas yang ditimbulkan (dalam joule) sangat ditentukan oleh waktu pengelasan ( $t$ ) dan nilai arus listrik ( $I_{a\_rms}$ ) yang mengalir pada  $R_{total}$ , karena nilai  $R_{total}$  relatif tetap. Besar arus listrik tersebut sebanding luas kurva sinus kuadrat seperti pada Gambar 3.b, sehingga pengendalian waktu pengelasan dan luas kurva tersebut digunakan untuk mengendalikan panas pengelasan.

Selain waktu ( $t$ ) dan arus listrik ( $I_{a\_rms}$ ), gaya tekan antar elektroda dan berikut pola tekan ketika arus pengelasan diberikan maupun setelah arus pengelasan, juga mempengaruhi kualitas hasil pengelasan<sup>[4]</sup>. Kombinasi yang tepat dari semua parameter tersebut dapat berbeda-beda, tergantung dari obyek logam yang dilas.

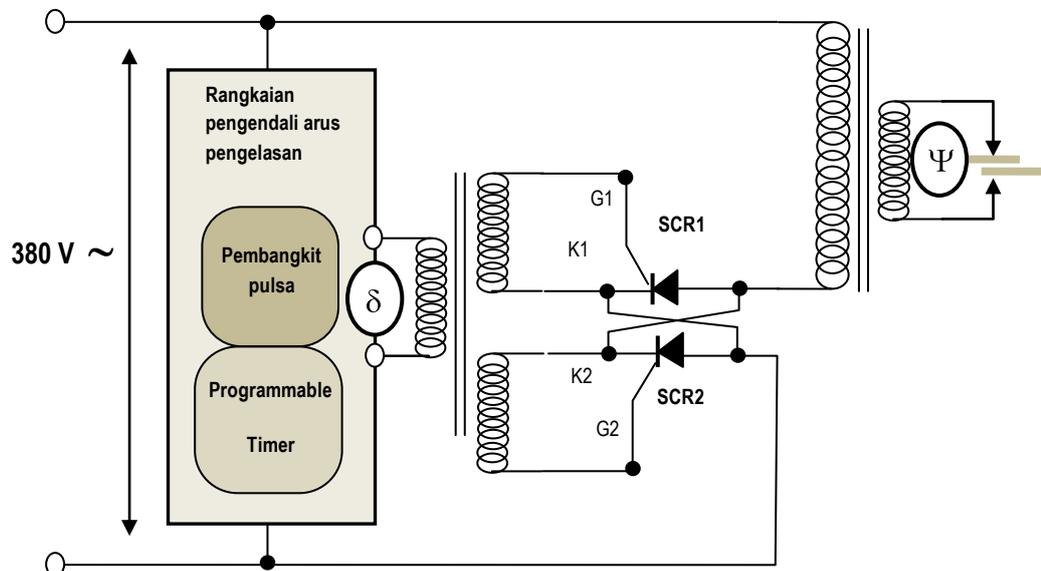
## TATA KERJA

Langkah awal yang dilakukan untuk melakukan analisis kerusakan pada mesin las ME-25 adalah:

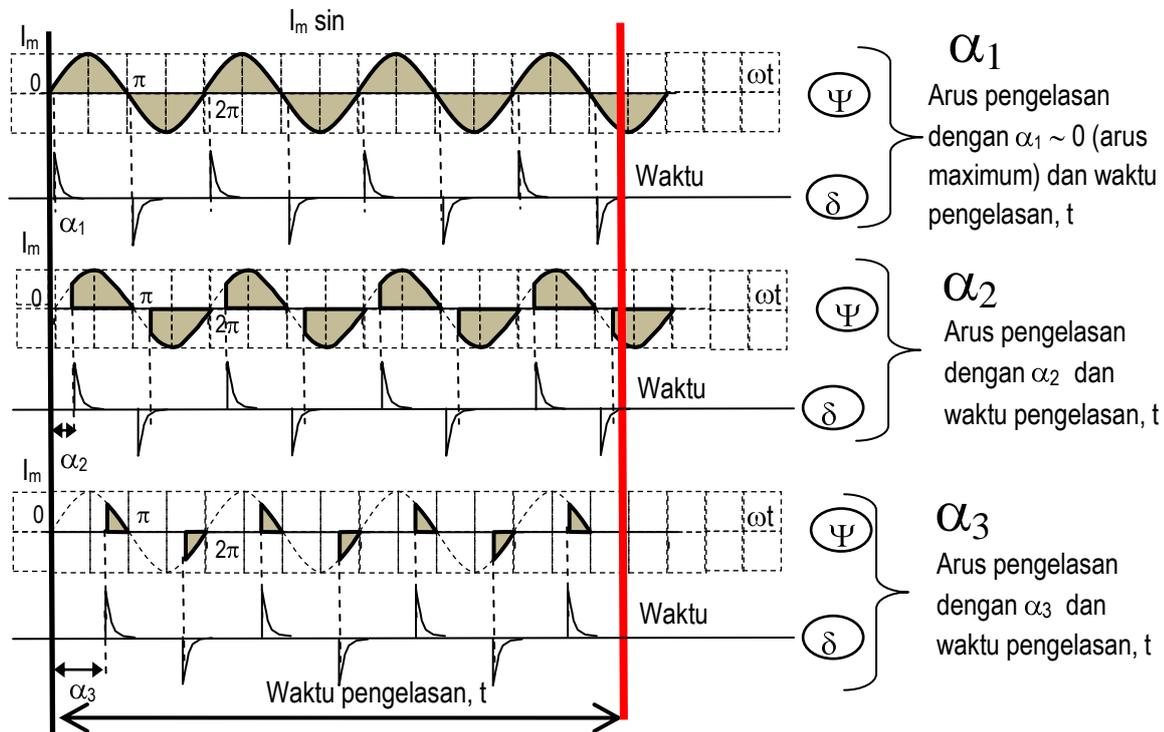
1. Melakukan pemeriksaan pada sistem elektrik. Pemeriksaan untuk sistem elektrik mesin las ME-25 dilakukan dengan melakukan pemeriksaan pada tiap komponen sistem elektrik dalam keadaan listrik dimatikan. Komponen yang diperiksa antara lain; Trafo penurun tegangan untuk sistem las, panel elektrik yang terdiri dari relai dan *timer control* dan sistem *over load /fuse*.
2. Melakukan pemeriksaan pada elektro sistem pneumatik. Pemeriksaan sistem pneumatik pada mesin las ME-25 dengan cara melakukan simulasi menggunakan udara tekan/kompresor. Simulasi yang dilakukan adalah dengan menghubungkan langsung konektor input dari sistem pneumatik dengan kompresor serta menghubungkan solenoid pneumatik ke sumber listrik PLN melalui saklar manual menggunakan relai.
3. Analisis Pengendali Arus Pengelasan.

Pengendalian arus pengelasan mesin las ME-25 dilakukan menggunakan dua buah *thyristor* (SCR1 dan SCR2) untuk pengendalian arus gelombang penuh, dengan sudut penyalan  $\alpha$  bersifat variabel ( $0 < \alpha < \pi$ ) oleh pembangkit deretan pulsa pada modul pengendali arus pengelasan seperti pada Gambar 4.

Prinsip kerja dari modul pengendali arus pengelasan pada Gambar 4 adalah mengendalikan besar arus pengelasan beserta waktunya melalui dua buah *thyristor* (pengendalian gelombang penuh), sehingga panas yang terjadi untuk pengelasan dapat dikendalikan sesuai dengan persamaan (4). Oleh karena itu harus dibangkitkan deretan pulsa yang dapat digeser-geser terhadap waktu saat munculnya (sudut fasanya) dan pewaktu yang dapat diatur sehingga deretan pulsa tersebut hanya mengalir ke *Gate* dari *thyristor* pada selang waktu tertentu. Bentuk pulsa dan gelombang arus hasil pengendalian tersebut seperti pada Gambar 4. Tiga jenis pulsa dengan sudut awal ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ , dan  $\alpha_3$ ) yang berbeda diperlihatkan pada Gambar 5. Pulsa ( $\delta$ ) dan arus listrik ( $\Psi$ ) akan digunakan untuk proses pengelasan pada Gambar 4 tersebut.



Gambar 4. Bagan rangkaian pengendali arus dan waktu pengelasan Mesin ME-25



Gambar 5. Pulsa pengendali, arus, dan waktu pengelasan Mesin ME-25.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembaruan disajikan pada Gambar 6, yang menunjukkan hasil percobaan mesin las ME-25 menggunakan pengendali arus yang baru. Mesin las dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang diinginkan, akan tetapi hasilnya belum sempurna. Belum sempurnanya hasil pengelasan dikarenakan dua parameter las yaitu, arus listrik dan waktu pengelasan yang optimal, sedangkan parameter gaya tekan mesin las sudah tetap yaitu sebesar 2,5 bar. Nilai arus dan waktu pengelasan ini besarnya disesuaikan dengan bahan (materi) dari logam yang akan dilas. Penentuan parameter arus dan waktu, kemudian dilakukan dengan beberapa percobaan yang ditunjukkan pada tabel 1.

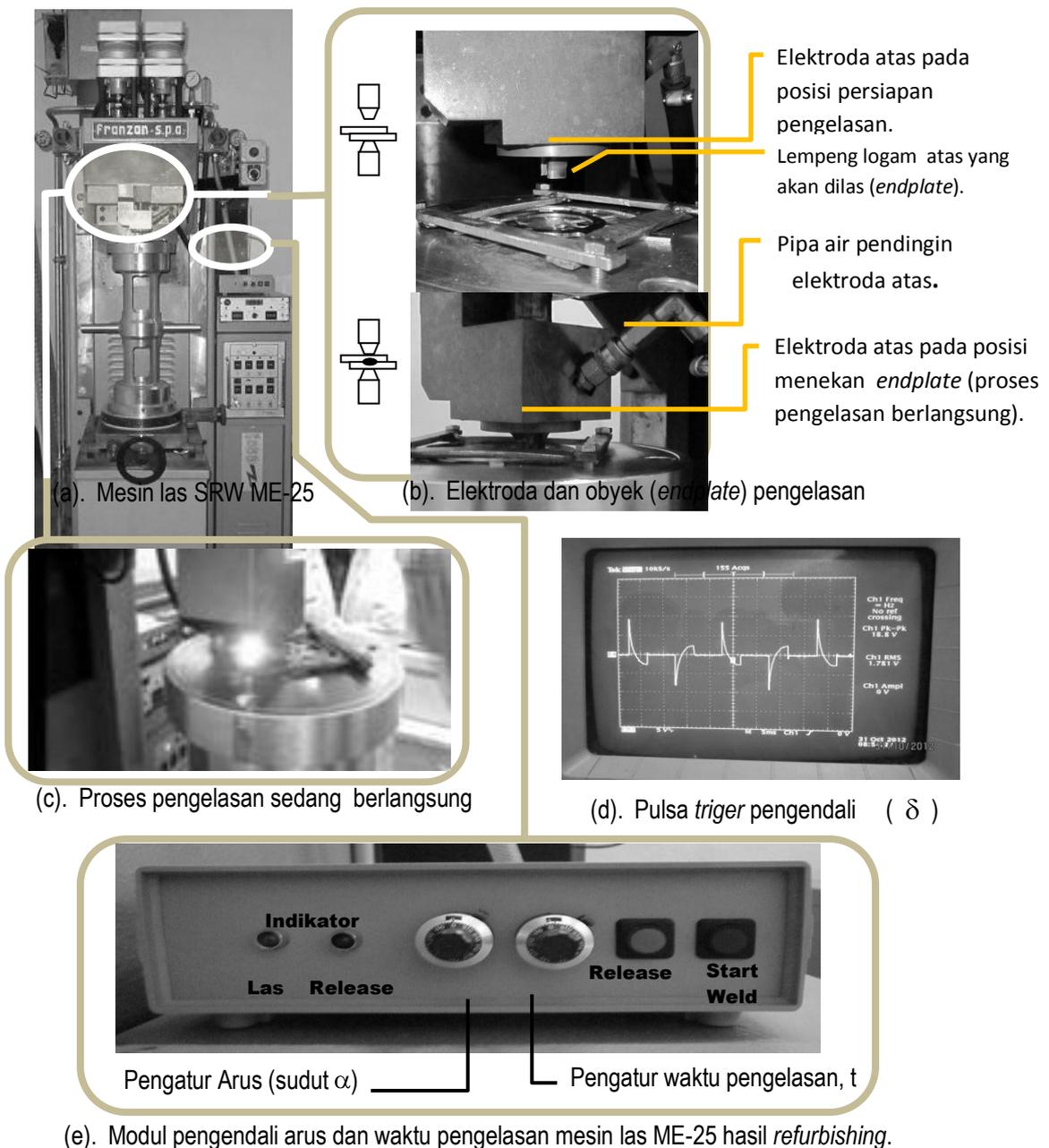
Tabel.1 Data hasil percobaan pengelasan dengan merubah arus dan waktu (*timer*)

No.	Skala Arus *)	Skala Timer *)	Hasil Pengelasan
1	1	1	Las tidak tersambung hanya sampel bagian atas yang meleleh
2	2	1	Las sudah tersambung, tetapi masih bisa lepas kembali
3	3	1	Las tersambung dengan baik
4	3	3	Las tersambung, tetapi bentuk sambungan tembus sampai material bagian bawah

\*) skala arus dan timer berdasarkan skala yang ada pada potensiometer hasil modifikasi.

Dari data percobaan diatas, maka parameter arus dan timer menunjukkan bahwa untuk arus skala 3 dan timer skala 1 menunjukkan hasil yang baik untuk pengelasan.

Proses persiapan, penekanan, dan pengelasan ditunjukkan pada Gambar 6.b dan 6.c. Pulsa perintah arus pengelasan ditunjukkan pada Gambar 6.d, dan modul pengendali hasil *refurbishing* ini pada Gambar 6.e. Pada mesin las aslinya modul Gambar 6.e ini tidak ada, tetapi modul buatan pabrik berada terintegrasi dengan komponen lain di dalam kabinet instrumen mesin las.



Gambar 6. Percobaan pengelasan menggunakan hasil pembaruan.

Arus pengelasan belum bisa ditampilkan mengingat arus tersebut cukup besar (~1000 Ampere) sehingga memerlukan rangkaian khusus untuk pengukurannya. Disamping itu juga diperlukan rangkaian sinkronisasi untuk mengukur arus pengelasan tersebut, karena muncul hanya saat pengelasan. Gambar 6.c ditunjukkan secara visual, dimana obyek yang dilas membara, dan hal ini sesuai proses pengelasan.

## **KESIMPULAN**

Mesin las RSW ME-25 telah dapat beroperasi kembali setelah dilakukan perbaikan pada panel suplai daya, elektro pneumatik dan modul pengendali arusnya. Untuk memperoleh hasil pengelasan yang baik perlu dilakukan beberapa percobaan dengan merubah parameter skala arus pengelasan, waktu pengelasan dan material elektroda pengelasan, sedangkan tekanan tetap sebesar 2,5 bar sesuai dengan spesifikasi pneumatik.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. ASLANLAR dkk., 2007, *Effect of Welding Current on Mechanical Properties of Galvanized Chromided Steel Sheets in Electrical Resistance Welding*, Materials and Design 28., Elsevier.
- [2]. LANDER CW., 1987, *Power Electronics.*, McGraw-Hill Book Company., London.
- [3]. LEI Z., dkk., 2011, *Finite Element Analysis for Transient Thermal Characteristics of Resistance Spot Welding Process with Three Sheets Assemblies.*, Procedia Engineering., Elsevier.
- [4]. PEREIRA AM., dkk., 2012, *Effect of Process Parameters on the Strength of Resistance Spot Welds in 6082-T6 Aluminium Alloy*, Material and Design 31, Elsevier.