

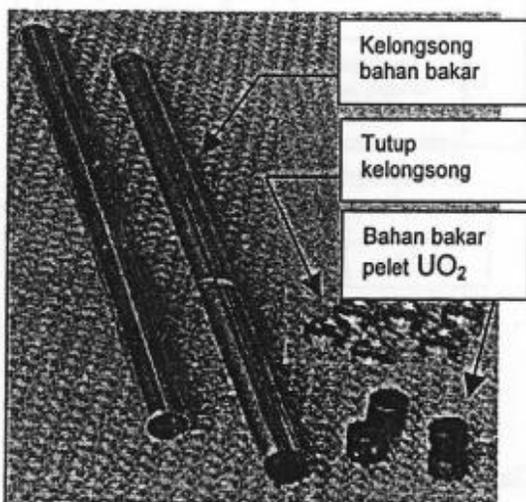
## TEKNIK PELACAKAN (*TROUBLESHOOTING*) DAN PERBAIKAN MESIN LAS TUTUP KELONGSONG BAHAN BAKAR NUKLIR PTBBN - BATAN

Achmad Suntoro  
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir.- BATAN

### ABSTRAK

**TEKNIK PELACAKAN (*TROUBLESHOOTING*) DAN PERBAIKAN MESIN LAS TUTUP KELONGSONG BAHAN BAKAR NUKLIR PTBBN - BATAN.** Telah dilakukan pelacakan (*troubleshooting*) dan perbaikan mesin las tutup kelongsong bahan bakar nuklir di PTBBN - BATAN. Teknik pelacakan dengan membuat blok-kelompok atas sistem kerja mesin harus dilaksanakan mengingat mesin mayoritas bekerja mengikuti sistem skwensial. Penggunaan blok-kelompok dengan simulatornya berperan penuh dalam menemukan SRRU (*smallest repair replacable unit*) yang merupakan elemen penyebab mesin tidak dapat bekerja. Mesin las ini dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama: bagian mekanik / pneumatik, bagian elektronik, dan bagian power elektronik / elektrik. SRRU dapat relatif mudah ditemukan dengan teknik ini dan tidak akan menyebabkan kerusakan berantai dan menyebar akibat dari pelacakan itu sendiri.

### PENDAHULUAN



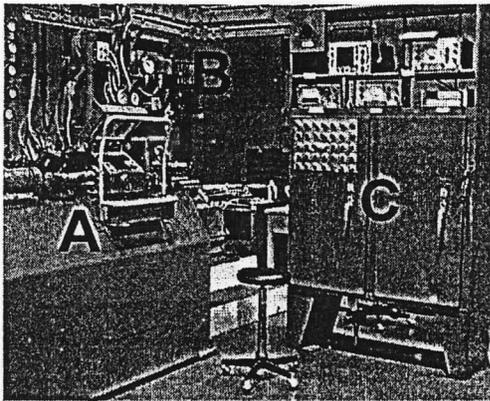
Gambar 1. Kelongsong, tutup kelongsong, dan pelet UO<sub>2</sub>.

Instalasi elemen bakar nuklir eksperimental yang berada di PTBBN mempunyai fasilitas untuk mengolah dan membuat bahan bakar nuklir untuk reaktor daya serta melakukan pengembangan teknologi fabrikasi elemen bakar. Salah satu urutan dalam fabrikasi elemen bakar nuklir tersebut adalah pembuatan pelet UO<sub>2</sub> dengan persyaratan tertentu. Pelet UO<sub>2</sub> tersebut, yang merupakan elemen bakar nuklir untuk reaktor daya, selanjutnya

dimasukkan kedalam kelongsong zircaloy yang salah satu ujung nya telah ditutup dengan tutup kelongsong. Setelah pengisian kelongsong ini selesai maka ujung terbuka kelongsong ditutup dengan tutup kelongsong yang kedua, hingga diperoleh batang elemen bakar (*fuel pins*). Penutupan ujung kelongsong ini dilakukan dengan pengelasan.

Gambar 1 memperlihatkan bentuk fisik kelongsong, tutup kelongsong, dan pelet UO<sub>2</sub> yang dimasukkan kedalam kelongsong.

Mesin las dengan metoda *magnetic force resistance welding* digunakan untuk pengelasan tutup kelongsong tersebut. Proses penekanan (*force*) tutup kelongsong dengan kelongsongnya pada saat proses pengelasan diggunakan gaya elektromagnetik dari sebuah kumparan penekan, sedang pengelasannya (*weld*) melalui proses panas yang ditimbulkan sebagai akibat resistansi listrik antara tutup dengan kelongsong yang dialiri arus listrik cukup tinggi. Arus listrik baik untuk penekanan maupun pengelasan dialirkan melalui saklar arus tinggi tabung ignitron, yang dikendalikan waktu penyalaan dan besarnya arus oleh rangkaian *power electronic* mengikuti permintaan dari operator mesin tersebut.



Gambar 2. Mesin Las tutup kelongsong elemen bakar.

- A. Bagian mekanik & pneumatik
- B. Elektronik pengendali
- C. Panel setting dan kabinet berisi kontaktor pengendali

Dalam operasinya, tidak dapat dielakkan kerusakan bisa terjadi. Teknik pelacakan dan perbaikan perlu dikembangkan dalam rangka antisipasi terhadap kerusakan-kerusakan berikutnya. Tulisan ini berisi pengalaman pelacakan dan perbaikan yang diterapkan untuk dua unit mesin las di PTBBN, yaitu dengan membuat blok-kelompok serta simulator input-outputnya yang tepat.

### TEKNIK PELACAKAN

Sasaran utama dalam sebuah pelacakan terhadap suatu peralatan yang tidak bekerja normal adalah menemukan SRRU (*Smallest Repair Replacable Unit*) atau bagian terkecil yang harus diperbaiki atau diganti. Karena SRRU itulah penyebab peralatan tidak dapat bekerja normal.

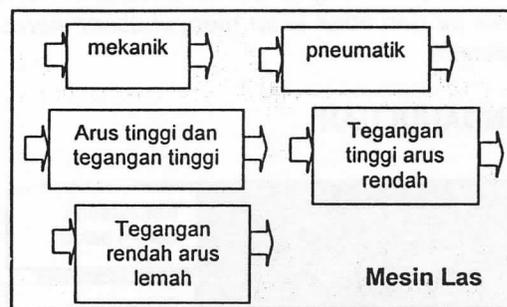
Langkah-langkah operasional yang dilakukan untuk tujuan diatas secara singkat meliputi kegiatan pemeriksaan secara visual, menentukan blok-kelompok dari mesin, dan pemeriksaan terpisah dari tiap-tiap blok-kelompok untuk kemudian dievaluasi secara menyeluruh.

Secara pasif (tanpa pemberian energi listrik maupun tekanan kompresor) dilakukan pemeriksaan secara visual

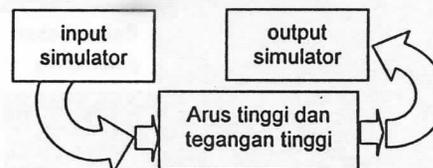
pada level komponen. Ditemukan beberapa kontak relay tidak bebas bergerak dan saklar mekanik arus tinggi berkaitan dengan travo pengelasan patah. Temuan ini diperbaiki.

Dilihat dari cara kerja mesin yang melibatkan sistem mekanik, pneumatic, arus tinggi, tegangan tinggi, arus lemah, dan tegangan rendah, maka batas-batas blok-kelompok harus ditentukan dan diisolir.

Jenis Input dan output blok-kelompok diidentifikasi untuk kemudian dibuatkan rangkaian simulator yang tepat (Gambar 3).



a. Blok-kelompok dalam mesin las



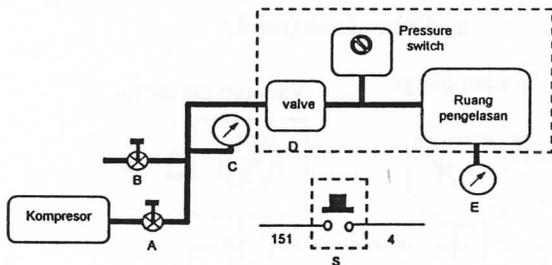
b. Contoh penggunaan simulator

Gambar 3. Penentuan blok-kelompok dan simulator yang tepat.

Tindakan pelacakan menggunakan blok-kelompok dan simulatornya ini dilakukan untuk mencegah kerusakan akibat pelacakan itu sendiri. Sebagai contoh bagian elektronik akan mulai bekerja setelah suatu urutan skwensial dari bagian mekanik. Padahal pengukuran sering harus dilakukan berulang-ulang untuk suatu kondisi tertentu, sehingga sistem mekanik harus berulang-ulang pula dijalankan yang bisa berakibat rusak karena perulangan tersebut. Dengan teknik blok-kelompok ini, tidak perlu menjalankan sistem

mekanik untuk mengaktifkan sistem elektronik.

Simulator input bisa berbentuk pulsa-pulsa buatan atau saklar on-off yang semuanya disesuaikan dengan keperluan blok bersangkutan untuk dapat bekerja normal. Begitu juga simulator output dapat berbentuk alat ukur, lampu, atau indikator lain yang mewakili output blok bersangkutan.



Gambar 4. Blok-sistem pressure switch.

Pengaturan daerah kerja sistem *pressure switch* pada ruang pengelasan misalnya menggunakan simulator input: kompresor, saklar bantu S untuk membuka/tutup valve D, dan alat ukur tekanan C, sedangkan simulator output: alat ukur tekanan E dan pressure switch itu sendiri seperti terlihat pada Gambar 4. Dalam hal ini perlu dilacak pada rangkaian listrik mesin untuk dicari bagaimana cara membuka dan menutup valve D tersebut, dan diperoleh kabel dengan nomor label 4 dan 151. Maka dibuatkan saklar khusus untuk kedua kabel tersebut, karena sesungguhnya kedua kabel itu dikendalikan oleh blok-kelompok lain dalam mesin, dan saklar S bertindak sebagai simulator untuk tujuan pengaturan tersebut.

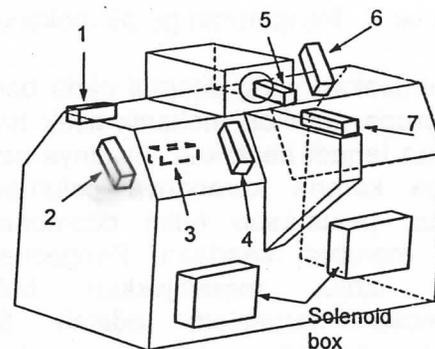
Untuk blok-kelompok pengelasan dan penekanan (*power electronics*) yang melibatkan sistem pendingin jika harus dioperasikan, disimulasikan dengan lampu pijar yang dihubungkan seri dengan saklar arus tinggi tabung ignitron, sehingga sistem pendingin tidak perlu dihidupkan ketika dalam perbaikan. Demikian juga tabung ignitron tidak akan bekerja dengan arus tinggi ketika dalam proses perbaikan sehingga tidak

mengurangi umur tabung akibat perbaikan.

Secara garis besar, mesin las tersebut dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok besar, yaitu bagian mekanik/pneumatik, bagian elektronik, dan bagian *power electronics*. Pada masing-masing bagian dilacak menggunakan blok-kelompok yang ditentukan dari rangkaian atau skematik mesin.

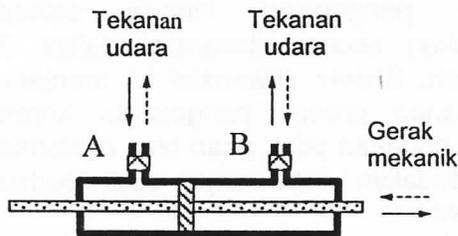
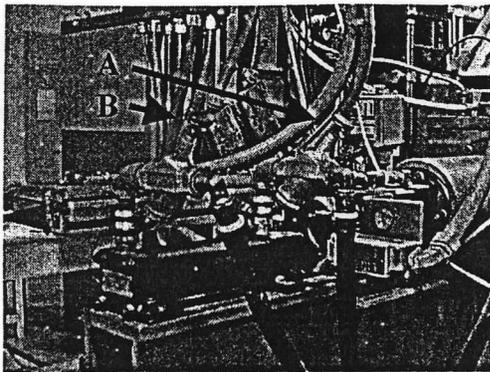
### BAGIAN MEKANIK/PNEUMATIK

Mekanisme penempatan kelongsong untuk pengelasan hingga selesai, dilakukan secara skwensial dalam 20 langkah. Sistem skwensial ini menjamin keamanan proses pengelasan karena suatu tindakan tidak akan bisa dijalankan jika tindakan sebelumnya tidak berhasil dijalankan.



Gambar 5. Tujuh Piston penggerak.

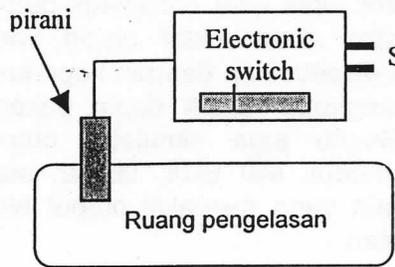
Untuk mekanisme gerak diatas, ada 7 piston penggerak yang dikendalikan oleh *system pneumatic* dan elektrik (Gambar 5). Langkah ke 13 adalah langkah dimana penekanan dan pengelasan harus dilaksanakan oleh bagian *power electronics* melalui bagian elektronik. Gerak langkah mekanik selanjutnya digunakan untuk mengembalikan sistem mekanik pada posisi semula untuk pengelasan berikutnya. Urutan gerak tersebut bisa dilakukan secara manual, selangkah-demi selangkah, atau secara otomatis.



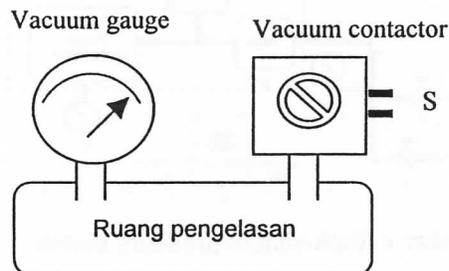
Gambar 6. Pengaturan gerak mekanik.

Kerusakan yang ditemui pada bagian ini berupa gerakan mekanik tidak halus, bahkan terjadi hentakan. Awalnya hal ini diduga karena kurangnya pelumasan. Namun pelumasan telah ditambahkan tidak merubah keadaan. Pengecekan lebih lanjut menunjukkan bahwa penyebab kerusakan adalah tidak tepatnya pengaturan saluran masuk dan keluar tekanan udara pada beberapa piston penggerak (Gambar 6).

*By-pass* pada *solenoid* dapat dilakukan melalui *box solenoid* pada Gambar 5 untuk menyetel piston penggerak terkait, sehingga penyetelan dapat dilakukan tanpa mengikuti urutan skematis sistem gerak mekanik sebelumnya.



a.. Sistem lama (rusak)



b. Sistem baru (pengganti)

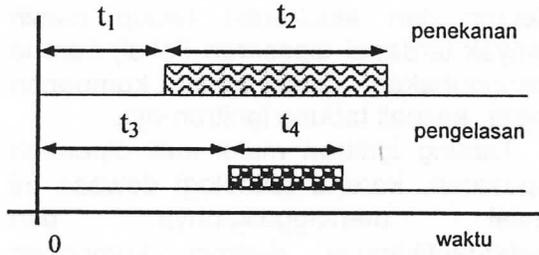
Gambar 7. Penggantian vacuum kontaktor

Kerusakan lain ialah langkah mekanik ke 9 tidak dapat diselesaikan karena *electronic switch* yang dikendalikan oleh kevakuman ruang pengelasan rusak. Perbaikan tidak mungkin dilaksanakan, tapi perlu penggantian. *Electronic switch* dengan sensor pirani diganti dengan *vacuum gauge* dan *vacuum contactor* (Gambar 7). Meskipun secara fisik dan cara kerja kedua system ini berbeda, namun sasaran yang akan dicapai adalah sama, yaitu *switch* bekerja jika kevakuman ruang pengelasan telah mencapai 200 millitorr. Langkah ke 9 ini bekerja untuk mengosongkan ruang pengelasan hingga 200 millitorr untuk kemudian mengisinya dengan gas argon.

Kerusakan selanjutnya adalah rusaknya satu kontaktor relay dalam kabinet. Penggantian relay dilakukan dengan jenis dan spesifikasi yang sama (tidak harus dengan merek dagang sama).

**BAGIAN ELEKTRONIK**

Bagian elektronik terdiri dari 18 kartu elektronik yang berfungsi mengatur waktu penekanan dan pengelasan. Dari 18 kartu elektronik tersebut, 7 kartu (yaitu kartu 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7) sebagai pokok, dan sisanya menunjang ke tujuh kartu tersebut. Namun demikian, salah satu dari 18 kartu tidak bekerja maka proses pengelasan tidak dapat berjalan.



Gambar 8. Diagram kerja bagian elektronik

Pada dasarnya tugas bagian elektronik adalah mengatur selang waktu (*duration*) penekanan dan pengelasan,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  pada Gambar 8, serta mengatur besarnya arus pengelasan. Parameter tersebut diperoleh dari *setting* yang ditentukan operator mesin las melalui panel setting-nya. Bagian elektronik kemudian menterjemahkan nilai setting tersebut ke bentuk sinyal-sinyal listrik yang harus dijalani oleh bagian *power electronics*.

Titik  $t = 0$  pada Gambar 8 adalah bersamaan dengan langkah ke 13 dari bagian mekanik, yang menyatakan bahwa bagian mekanik telah siap untuk proses penekanan dan pengelasan. Kerusakan pada bagian elektronik berakibat diagram kerja Gambar 8 tidak terjadi, sehingga proses pengelasan gagal.

Pelacakan pada bagian elektronik dilakukan dua tahap: statis dan dinamis. Cara statis dilakukan pengecekan kartu secara terpisah dari sistim, dengan memberi *power supply* sendiri dan dilakukan pengecekan level komponen. Cara statis dilakukan untuk mempersempit ruang pelacakan berikutnya (yaitu cara dinamis).

Lokasi / nomor pin	Data Card #3 (Weld)		Data Card #4 (Magnet)	
	P1	P2	P1	P2
Referensi				
R				
A5/3				
A5/11				
A7/10				

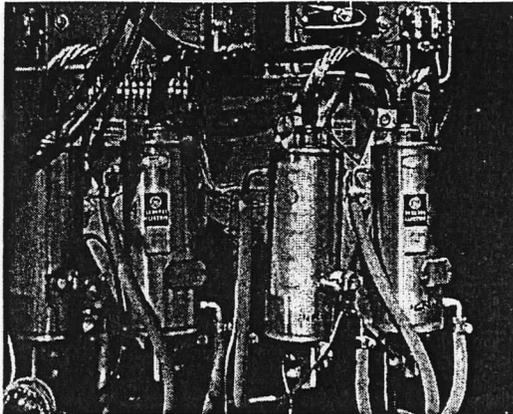
Gambar 9. Tabel sinyal yang dikembangkan.

Cara dinamis dilakukan dengan pengecekan bersama-sama kartu lainnya. Analisis secara teoritis per blok-kelompok yang diikuti dengan pengukuran sinyal terkait dilakukan dan dibentuk secara bertahap tabel sinyal untuk tiap-tiap kartu, Gambar 9 adalah contoh bentuk tabel sinyal tersebut. Diakhir perbaikan akan diperoleh tabel sinyal yang relatif lengkap dan dapat dipakai dalam perbaikan selanjutnya. Tabel sinyal yang lengkap dapat dilihat pada [1].

Dari pemeriksaan diperoleh tujuh kartu utama rusak, dan diperbaiki. Tujuh kartu utama tersebut juga telah berhasil dibuat menggunakan komponen elektronik yang ada di pasaran (lokal) dan diuji dapat bekerja menggantikan aslinya.

**BAGIAN POWER ELEKTRONIK**

Bagian ini merupakan eksekutor penekanan dan pengelasan sesuai dengan diagram kerja bagian elektronik  $t_2$  dan  $t_4$  Gambar 8. Ada empat buah tabung ignitron seperti pada Gambar 10 untuk tujuan tersebut, tiap pasang tabung bertanggung jawab untuk penekanan dan pengelasan. Tiap tabung bertanggung jawab atas siklus arus bolak-balik positif dan negatif dalam proses tersebut.



Gambar 10. Empat tabung ignitron pengendali arus listrik tinggi.

Empat tabung tersebut (berbentuk silinder dengan diameter 10.4 cm dan tinggi 27 cm) bekerja dikendalikan oleh bagian elektronik melalui rangkaian pemacu ignitron. Dari pelacakan blok-kelompok *trigger* tabung ignitron, diperoleh bahwa transformator trigger T1 rusak. Dengan merujuk skematik nomor: 830685)<sup>[2]</sup> diketahui bahwa Transformator T1 ini karakteristiknya sama dengan transformator T2 pada skema tersebut. Oleh karena itu dilakukan pengukuran pada transformator T2 yang diketahui tidak rusak, dan diperoleh data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}N_s &= N_p \\X_s &= X_p \\R_s &= R_p = 9.55 \text{ ohm} \\L_s &= L_p = 20 \text{ mH}\end{aligned}$$

$N_s$  = jumlah gulungan sekunder  
 $N_p$  = jumlah gulungan primer  
 $X_s$  = reaktansi sekunder  
 $X_p$  = reaktansi primer  
 $L_s$  = induktansi sekunder  
 $L_p$  = induktansi primer

Transformator T1 dapat diganti menggunakan transformator lain dengan karakteristik seperti diatas. Hal ini dilakukan mengingat tidak mungkin memperoleh transformator T1 tersebut dipasaran. Dalam perbaikan ini,

transformator T1 dibuat sendiri mengikuti karakteristik diatas.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Meskipun mesin las kelongsong bahan bakar nuklir yang ada di PTBBN tersebut termasuk mesin las yang menggunakan teknologi lama, namun mesin tersebut masih dapat dioperasikan secara optimal. Komponen-komponen yang digunakan oleh mesin las tersebut (pneumatic, electric dan electronic) relatif masih banyak terdapat dipasaran (lokal) karena menggunakan disain-disain komponen dasar, kecuali tabung ignitron-nya.

Tabung ignitron mulai sulit diperoleh dipasaran, karena teknologi dewasa ini mulai meninggalkannya dan menggantikannya dengan komponen semiconductor seperti SCR (*Silicon Control Rectifier*). Tabung ignitron oleh pabrik pembuatnya biasanya didisain akan rusak setelah 1000 x penggunaan. Penggantian tabung ignitron dengan komponen semiconductor memerlukan perubahan total pada bagian *power electronics* dari mesin, mengingat perbedaan karakteristik dari kedua komponen tersebut.

Tulisan ini berisi pengalaman pelacakan (*troubleshooting*) dan perbaikan suatu perangkat generasi tua dimana cara kerja perangkat tersebut melibatkan lebih dari satu disiplin ilmu pengetahuan. Dengan tulisan ini diharapkan dapat diambil sebagai contoh model pelacakan dan perbaikan terhadap mesin-mesin generasi tua yang mungkin masih dihadapi oleh para pemelihara mesin-mesin sejenis dilingkungan kerjanya.

## REFERENSI

- [1]. A Suntoro, Catatan Perbaikan Mesin Las Kelongsong Elemen Bakar Nuklir, Laporan Teknis., No. 10/IN 01/DL/PRN.3/2004., P2PN-BATAN., Desember 2004.
- [2]. PCB Schematic Ignitron Tube Firing Circuit, 830685, Technitron.