

## PENGUJIAN AWAL SISTEM INSTRUMENTASI & KENDALI UNIT VAKUM MESIN BERKAS ELEKTRON 350 keV/10 mA TIPE REMOTE MANUAL

**Sudiyanto**

*Puslitbang Teknologi Maju BATAN, Yogyakarta.*

### ABSTRAK

*INSTALASI SISTEM INSTRUMENTASI & KENDALI UNIT VAKUM MESIN BERKAS ELEKTRON 350 KeV/10 mA TIPE REMOTE MANUAL. Sedang diselesaikan instalasi Sistem Instrumentasi & Kendali (SIK) unit vakum Mesin Berkas Elektron (MBE) tipe remote manual. SIK ini terdiri dari bagian kendali manual jarak jauh dan bagian monitoring jarak jauh. Prinsip kendali manual jarak jauh (50 m) adalah dengan mengendalikan status on/off terminal sumber tegangan 220Volt untuk pompa dan valve. Pemilihan terminal 220 Volt untuk pompa dan valve diatur dari ruang kendali MBE (saklar penyedia daya untuk valve dan pompa diatur ON). Untuk monitoring jarak jauh tingkat kevakuman digunakan kamera CCT yang ditempatkan di depan pirani/penning gauge serta unit TPG.300 BALZER pompa turbo. Monitoring status valve terbuka/tertutup dilakukan dengan menarik kabel indikator LED dari setiap valve ke panel transrak 19 inchi di ruang kendali MBE. Pneumatic valve dilengkapi sistem pipa kompresi dengan unit kompresor dan tabung reservoir. Seluruh pneumatic valve (selain venting valve) dari tipe normally closed. Sistem CCTV dilengkapi enam buah kamera, sebuah TV monitor dan unit multiplexer untuk memilih gambarnya. Salah satu kamera CCTV ditempatkan pada unit rotator, menggunakan kendali infra merah yang dapat diatur berputar ke kanan / kiri sesuai orientasi monitoring yang dipilih. Hasil uji coba awal menunjukkan bahwa SIK tipe remote manual untuk unit vakum Mesin Berkas Elektron menunjukkan kinerja baik.*

### ABSTRACT

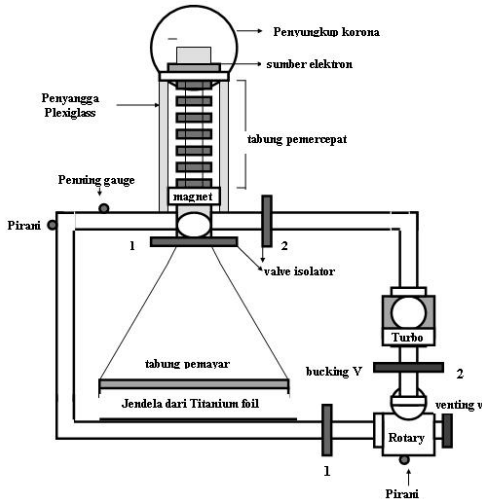
*PRELIMINARY TEST OF REMOTE MANUAL INSTRUMENTATION & CONTROL TYPE SYSTEM FOR VACUUM UNIT OF 350 KeV/10 mA ELECTRON BEAM MACHINE. Remote manual instrumentation & control type for vacuum unit of 350 KeV/10 mA Electron Beam Machine is being completed. The system consisting of a remote manual controlled and a remote acquisition system. A remote manual (50 m) controlled is based on the on/off status of 220 Volt terminal supply for pneumatic valves and vacuum pumps, in this case the power supply switches of pneumatic valves and pumps have already been selected ON. Remote acquisition of vacuum level can be done by using a CCTV camera which is placed in front of the panning and pirani gauge and TGP.300 Balzer unit. The CCTV system equipped with 6 cameras, one TV monitor and a multiplexer unit to arranged a selected picture on it. One of the camera was mounted on the rotator unit, it can be controlled (rotating left / right) for different monitoring orientations required by using infrared controller. A trial test of the remote manual control system for vacuum unit of the Electron Beam Machine showed a good performance.*

### PENDAHULUAN

Mesin Berkas Elektron (MBE) 350 KeV/10 mA sedang dirancangkan di P3TM BATAN Yogyakarta, diharapkan akhir tahun 2003 menjalani komisioning dan mulai beroperasi awal tahun 2004. Ada beberapa pilihan cara pengoperasiannya, mulai dari remote manual (paling sederhana) sampai cara pengoperasian sistem instrumentasi

terdistribusi seperti yang pernah berhasil diaplikasikan pada unit generator tegangan tinggi MBE. Pada dasarnya MBE ini dirancang untuk dioperasikan tipe remote (jarak jauh) karena paparan radiasi yang cukup besar disamping timbulnya gas ozon dan bahaya tegangan tinggi hingga 350 K Volt. Unit vakum MBE ditempatkan di atas anjungan setinggi empat meter, di atasnya tersusun tujuh unit tabung pemercepat yang

pada ujung atasnya ditempatkan sumber elektron (electron gun) dan unit kendali infra merah diberi penyungkep korona.



Gambar 1. Diagram kotak unit vakum MBE

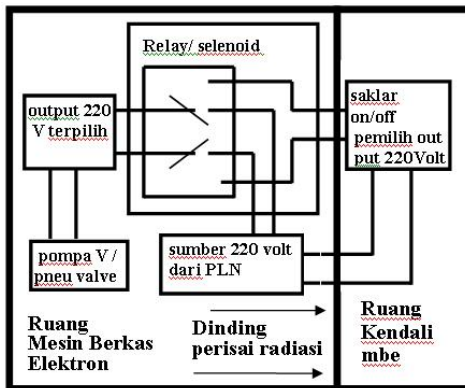
Gambar 1 adalah diagram kotak unit vakum MBE, komponen vakum yang mendukung fungsi pemvakuman terdiri dari sebuah pompa rotary dan sebuah pompa turbo dilengkapi pneumatic valve yang mengatur langkah operasionalnya ialah bucking valve no.1 dan no.2, isolator valve no.1 dan no.2, sedangkan venting valve di unit pompa rotary berfungsi otomatis membuka ruang hampa saat listrik mati agar komponen minyaknya tidak naik masuk ke unit pompa turbo. Proses operasional vakum diatur dalam urutan tertentu agar kerja pompa rotary dan pompa turbo aman, tidak terlalu berat hingga menimbulkan getaran keseluruhan komponen MBE yang tersusun di atas penyangga. Setelah tingkat kevakuman mencapai orde  $10^{-6}$  Torr tegangan filamen unit sumber elektron (electron gun) boleh dihidupkan, kemudian tegangan anodanya dihidupkan. Hal ini penting untuk menjaga filamen agar tidak membara dan menurunkan kinerjanya lebih cepat dari normalnya. Seluruh operasi MBE dirancang untuk diproteksi dengan sistem interlock

hardwire, sehingga kesalahan operator dapat ditekan sekecil mungkin

## DISAIN ELEKTRIK

Untuk kendali remote manual disain elektrik yang diaplikasikan cukup sederhana, operasi on/off pompa vakum serta buka/tutup pneumatic valve dikendalikan dari saklar on/off di transrak ruang kendali MBE sejauh 50 m dari papan terminal penyedia daya 220Volt. Pada papan penyedia daya ada 10 buah terminal 220 VAC dilengkapi relay 220VAC/10A220VAC yang masing masing terhubung dengan saklar on/off di transrak ruang kendali dilengkapi lampu indikator. Setiap pompa vakum maupun pneumatic valve dipastikan saklar on/off dalam STATUS ON sehingga dengan mengendalikan kehadiran tegangan 220 VAC pada masing masing terminal dapat diatur status pompa dan pneumatic valve tipe individual. Pada Gambar .2 ditampilkan diagram kotak sebuah relay/solenoid pengendali terminal 220 Volt.

Pada Gambar .2 terdapat tiga buah terminal ialah terminal sumber 220Volt dan PLN, terminal yang terhubung ke saklar on/off pemilih I/O dan sebuah terminal output 220Volt yang terpilih. Saat saklar pemilih status ON maka relay/solenoid akan tipe aktive menarik terminal 220Volt dari PLN untuk dihubungkan ke terminal output 220Volt terpilih sehingga tegangan 220Volt PLN siap digunakan di terminal output yang terpilih. Pada saat saklar pemilih berstatus OFF maka relay/solenoid tidak aktive dan terminal 220Volt PLN tidak terhubung ke terminal 220Volt output. Dengan sistem sederhana tersebut dapat dipilih status on/off pompa vakum maupun pneumatic valve tipe individual dan terindikasi di lampu saklarnya. Desain elektrik di atas sudah direalisasikan di ruang MBE yang tersambung ke transrak panel kendali di ruang kendali MBE sejauh 50 m.



**Gambar 2.** Diagram kotak Relay Pengendali Terminal 220 V di ruang MBE

### DISAIN REMOTE MONITORING

Untuk remote monitoring digunakan 6 kamera CCTV di ruang MBE dengan sebuah unit multiplexer dan TV monitor yang ditempatkan di ruang kendali MBE. Salah satu kamera CCTV ditempatkan di atas rotator yang dapat dikendalikan orientasinya sehingga dapat memantau keseluruhan ruang MBE menggunakan remote kendali infra merah. Untuk memonitor tingkat kevakuman maka unit pompa turbo dilengkapi dengan TPG.300 buatan Balzer dimana output digital panelnya menampilkan tingkat kevakuman dimana kamera CCTV disiapkan memonitor status tampilan tersebut. Unit pompa turbo juga dilengkapi TCP.380 buatan Pfeifer dimana panel tampilannya juga dimonitor dengan kamera CCTV sehingga status operasinya terpantau. Setiap pneumatic valve juga memiliki LED indikator status saat terbuka/tertutup, dengan menggunakan kabel sepanjang 50 m indikator tersebut ditarik ke panel transrak dan dihubungkan ke masing-masing saklar pneumatic valve di ruang kendali MBE. Dengan memilih saklar berindikator LED di unit multiplexer dapat dimonitor status tingkat kevakuma MBE dengan kamera yang telah terpasang. Multiplexer video system mampu menerima sinyal video/audio dari kamera berwarna sebanyak 8 buah , saat ini

baru tersedia 6 kamera ditempatkan di posisi strategis MBE.

### PEMBAHASAN

SIK unit vakum MBE mempermudah pengoperasiannya dan menjamin keselamatan operator maupun komponen penting yang mudah rusak. Sebagai contoh pompa vakum jenis turbo, rotornya sangat halus dan rentan sehingga perlu dilindungi dari partikel debu maupun minyak dalam sistemnya. Untuk melindunginya maka pompa vakum turbo walaupun sudah dipasang filter debu hanya boleh dioperasikan bila tingkat kevakuman unit vakum telah mencapai  $10^{-2}$  Torr yang dicapai dari pengoperasian pompa vakum rotary. Pompa rotary juga harus dilindungi dari kerja berat yang menimbulkan getaran berat. Untuk itu ruangan unit vakum MBE dibagi-bagi dengan penyekat berupa pneumatic selenoid valve untuk memperingan kerja pompa vakum rotary. Seluruh pneumatic valve selain venting valve adalah standar normaly closed, artinya bila listrik mati maka sekatnya tertutup (closed), hal ini berguna untuk menahan kevakuman yang telah dicapai sehingga operasi berikutnya tidak harus dimulai dari kevakuman awal (tekanan atmosfer).

Pada Gambar .1 ditunjukkan pembagian segmen-segmen unit vakum MBE. Segmen pertama adalah volume ruang mulai dari pompa rotary ke kiri hingga isolator pneumatic valve no.2 hingga volume ruang tabung pemercepat. Segmen kedua adalah volume ruang pemayar mulai dari isolator pneumatic valve no.1 hingga lapisan titanium foil. Segmen ketiga adalah volume ruangan mulai dari isolator pneumatic valve no. 2 hingga bucking valve no.2. Pemvakuman segmen pertama diawali dengan menutup bucking valve no.2, menutup isolator valve no. 1 dan no.2, serta membuka bucking valve no.1 (saklar ON). Kemudian pompa rotary dihidupkan hingga pirani gauge menunjukkan tingkat kevakuman  $10^{-2}$  Torr, pemvakuman dilanjutkan ke

segmen kedua ialah ruang tabung pemayar. Diawali dengan membuka isolator pneumatic valve no.1, karena volume segmen kedua sekitar 5 kali lebih besar dari segmen pertama akan terjadi penurunan tingkat kevakuman yang telah dicapai. Pemvakuman segmen kedua terus dijalankan hanya dengan pompa rotary saja hingga tercapai lagi tingkat kevakuman sebesar  $10^{-2}$  Torr. Selanjutnya pemvakuman segmen ketiga diawali dengan membuka isolator pneumatic valve no.2 dan bucking valve no.2, pemvakuman dijalankan terus beberapa saat hanya dengan pompa rotary saja hingga tingkat kevakuman yang mula-mula turun akan naik kembali dan stabil baru pompa turbo boleh dijalankan serentak dengan pompa rotary.

Setelah tingkat kevakuman mencapai  $10^{-6}$  Torr maka sistem interlock mengirimkan signal OK untuk filamen unit sumber elektron dan tegangan anodanya. Dalam setiap langkah interupsi interlock untuk menghentikan sumber elektron cukup mengatur status On/OFF tegangan filamennya dan tegangan anodanya. Menghentikan generator sumber tegangan tinggi tipe tiba-tiba sangat berbahaya terutama desipasi tenaganya yang sangat besar. SIK unit vakum juga diproteksi dengan sistem interlock hardwire yang memantau penurunan tingkat kevakuman yang sangat besar dalam waktu singkat, hal ini terjadi saat lapisan titanium foil robek. Bila hal tersebut terjadi signal interlock akan segera mematikan sumber tegangan filamen, beberapa saat kemudian isolator pneumatic valve no.2 tipe otomatis menutup (OFF) pneumatic isolation valve no.1 sehingga segmen ruang pemayar akan terpisah dengan segmen ruang vakum lainnya sehingga kebocoran ruang vakum MBE dapat dibatasi. Sistem hardwire interlock tipe paralel terpasang pada papan pembagi terminal 220 Volt, sehingga penutupan pneumatic valve dapat segera dilakukan otomatis apabila signal interupsi dihasilkan dari unit hardwire. Dengan mengatur kehadiran

tegangan 220 Volt di setiap selenoide pneumatic valve akan dapat membuka/menutup sekatnya dan proses pemvakuman dapat dikendalikan dari jauh. Pada tabel 1 ditampilkan urutan proses pemvakuman MBE yang diatur dari status masing masing valve, dimulai dari bagian ruang vakum segmen 1, kemudian segmen 2 dan akhirnya segmen 3. Untuk mematikan MBE selalu dijaga agar tingkat kevakumannya tetap terjaga, jadi hanya mematikan pompa turbo saja dan rotary tetap hidup dengan status valve sesuai segmen 3.

**Tabel 1.** Status Pneumatic Valve pada Proses pemvakuman Mesin Berkas Elektron

Bagian ruang vakum	Bucking V no. 1	Bucking V no.2	Isolator V no.1	Isolator Vno.2
Segmen 1	Terbuka	Tertutup	Tertutup	Tertutup
Segmen 2	Terbuka	Tertutup	Tertutup	Tertutup
Segmen 3	Terbuka	Terbuka	Terbuka	Terbuka

Pada proses pengkabelan diperlukan sedikit ketelitian karena banyaknya kabel, sebagai contoh ada 10 pasang kabel 220 Volt, 4 pasang kabel indikator valve 12 Volt. Masing masing kabel panjangnya 50 m sehingga perlu dipasang kabel marker agar tidak salah sambung, setiap ujung kabel dilengkapi skund kabel agar rapi dan terdaftar di bank data sistem instrumentasi MBE untuk mempermudah saat ada perbaikan serta bebas dari hubung pendek pada konektor terdekat.

Untuk mempermudah ujicoba awal telah disiapkan sebuah terminal konektor kabel induk bagi seluruh instrumentasi dan kendali, fasilitas terminal induk dapat berfungsi sebagai test point sistem instrumentasi MBE. Dengan urutan pemvakuman seperti di atas dapat dicapai kondisi operasional yang optimal baik untuk beban kerja pompa rotary, pompa turbo maupun kondisi unit vakum MBE tipe keseluruhan. Dengan pedoman tabel 1 operator MBE dapat mengoperasikan pengendalian dari ruang kendali serta

memonitor status MBE baik dari fasilitas CCTV maupun dari status LED di panel transrak . Dimasa mendatang urutan seperti pada tabel 1 dapat dimasukkan dalam program komputer apabila cara pengoperasian MBE telah ditingkatkan pada sistem kendali instrumentasi terdistribusi. SIK unit vakum sebaiknya juga dilengkapi sistem interlock hardware yang memantau penurunan tingkat kevakuman cepat akibat robeknya lapisan titanium foil pada jendela pemayar, selanjutnya signal interlock akan mematikan catu daya filamen dan catu daya anoda sumber elektron, kemudian menutup isolator pneumatic valve no.1 agar ruang unit vakum lainnya terisolasi dan tingkat kevakuman terakhir dipertahankan.

Pada saat catu daya anoda dimatikan tidak berarti menghentikan generator tegangan tinggi, cukup saklar penghubungnya saja yang diputuskan dan generator tegangan tinggi tetap berfungsi. Unit generator tegangan tinggi sendiri dilindungi sistem interlock khusus untuk pengamanan operasionalnya seperti interlock suhu air pendingin tabung trioda, interlock pendingin blower untuk tabung trioda, interlock batas tegangan tinggi yang dihasilkan dan masih banyak lagi. Di dalam ruang kendali MBE selain konsul kendali utama masih terdapat dua buah transrak 19 inchi, transrak pertama berisi kendali manual unit vakum, kendali manual unit konveyor. Transrak kedua berisi kendali remote manual penyedia daya tegangan pemfokus, penyedia daya tegangan pemayar, penyedia daya tegangan arah sumbu X dan penyedia daya arah sumbu Y berkas elektron.

Setiap laci 19 inchi transrak kendali tadi selalu dilengkapi konektor sistem interlock yang tipe terpadu dapat saling dihubungkan untuk membentuk sistem interlock terpadu MBE. Ada beberapa sistem kendali remote manual yang telah dipersiapkan untuk dapat ditingkatkan menjadi sistem kendali terdistribusi menggunakan komputer, antara lain sistem

kendali unit vakum, sistem kendali generator tegangan tinggi dan sistem kendali sumber elektron. Dimasa mendatang data operasioanal MBE akan dimasukkan kedalam sistem Local Area Network (LAN) di P3TM, sehingga pengguna MBE melalui terminal LAN dapat melihat (read only) data operasional tipe langsung (online).

## KESIMPULAN

Dari seluruh isi makalah, untuk sementara dapat disimpulkan bahwa SIK MBE tipe remote manual bermanfaat untuk :

1. menghindarkan operator dan pengguna MBE dari bahaya paparan radiasi tinggi, gas ozon dan tegangan tinggi
2. mempertahankan kondisi operasional yang optimal mengurangi kerusakan perangkat keras unit vakum MBE
3. membuka kesempatan peningkatan cara operasi MBE yang lebih handal
4. membuka wacana penelitian instrumentasi SIK unit lain MBE

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bantuannya, informasi serta saran-saran penting dalam diskusi yang disampaikan kepada :

- segenap peneliti, teknisi yang tergabung dalam tim MBE P3TM BATAN
- Drs. Darsono M.Sc selaku koordinator lapangan tim rancangbangun MBE
- Ir. Purnomo E, Ir Djaziman, pak Sumaryadi, pak Biso BE, pak Sumilan BE

## PUSTAKA

1. SUPRAPTO, DJAZIMAN, DARSONO Perancangan Sistem Hampa MBE 500 KeV/10 mA Konseptual Disain Mesin Berkas Elektron 500 KeV/10 mA
2. Turbo Moleculaire Pump Operation Manual
3. VAT Pneumatic Valve & Selenoide Valve Controlled Opertion Manual

4. Sudyanto dkk. Persiapan Instrumentasi MBE 500 KeV/10 mA Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator Dan Aplikasinya, Volume 2 No. 1, November 2000.
5. Sudyanto, dkk. Rancang Bangun Kendali Speedivalve Pada Unit Vakum MBE Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir, 8 Agustus 2001 di P3TM BATAN Yogyakarta