
**ANALISIS PENGGUNAAN EMI FILTER 220 VAC/40A SEBAGAI PENYARING DERAU
TEGANGAN PADA PERANGKAT DAC-SIK REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG**

Agus Rakhim¹

¹Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan, Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jalan Taman Sari No.71, Kota Bandung, 40132

e-mail: agus-rakhim@batan.go.id

Diterima: 03-01-2021

Diterima dalam bentuk revisi: 13-01-2021

Disetujui: 30-03-2021

ABSTRAK

ANALISIS PENGGUNAAN EMI FILTER 220 VAC/40A SEBAGAI PENYARING DERAU TEGANGAN PADA PERANGKAT DAC-SIK REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG. Perangkat Data Acquisition Computer – Sistem Instrumentasi dan Kendali (DAC-SIK) Reaktor TRIGA 2000 memerlukan suplai tegangan murni tanpa adanya gangguan noise / derau. Berdasarkan pengamatan tegangan masuk di pre-Amplifier PA15 menggunakan Digital Oscilloscope Tektronik terhadap tegangan yang masuk perangkat DAC, ditemukan adanya lonjakan tegangan hingga 2000-2400 mV yang menyebabkan SCRAM, sedangkan standarnya dibatasi 20 mV. Lonjakan tegangan yang masuk perangkat DAC dalam orde millivolt (mV) diolah pada blok pengolah sinyal pre-Amplifier PA15 yang sangat sensitif terhadap kenaikan arus dan tegangan meskipun dalam orde mV. Agar reaktor dapat dioperasikan dengan aman dan selamat serta tidak ada gangguan derau, maka derau tegangan tersebut harus dihilangkan dengan memasang perangkat EMI (Electromagnetic Interface) filter pasif 220VAC/40A yang mampu menangani lonjakan arus sebesar dua kali lebih besar daripada beban arus perangkat DAC-SIK reaktor (5KVA/20A). Dari hasil pengamatan dengan menggunakan Digital Oscilloscope Tektronik pada sistem setelah dipasang EMI filter diperoleh kesimpulan bahwa perangkat ini mampu menurunkan derau hingga 10 kali lipatnya dan reaktor dapat dioperasikan dengan aman dan selamat tanpa adanya gangguan derau tegangan.

Kata Kunci : EMI filter pasif, derau tegangan, DAC-SIK, Reaktor TRIGA 2000

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE USE OF 220 VAC / 40A EMI FILTER AS VOLTAGE FILTER IN THE TRIGA 2000. Reactor's Instrumentation and Control System Data Acquisition Computer. Data Acquisition Computer - Instrumentation and Control System (DAC-SIK) of the TRIGA 2000 reactor requires a pure voltage supply without noise. Based on the observation of the input voltage in the PA15 pre-Amplifier using a digital Oscilloscope Tektronik against the input voltage of the DAC device, it was found that a voltage surges up to 2000-2400 mV caused SCRAM, while the standard is limited to 20 mV. The voltage surges that enter the DAC device in the order of millivolts (mV) are processed in the PA15 pre-Amplifier signal processing block which is very sensitive to current and voltage increase even in the order of mV. So as the reactor can be operated safely and there is no noise disturbance, then the voltage noise must be eliminated by installing a PACV 220VAC / 40A EMI capable of handling a surge of twice the current load of the reactor DAC-SIK (5KVA / 20A). From observations result with the Digital Oscilloscope Electronics after the EMI filter is installed it can be concluded that the EMI filter is able to reduce noise by up to 10 times and the reactor can be operated safely and safely without any noise disturbance.

Keywords: passive EMI filter, voltage noise, DAC-SIK, TRIGA Reactor

1. PENDAHULUAN

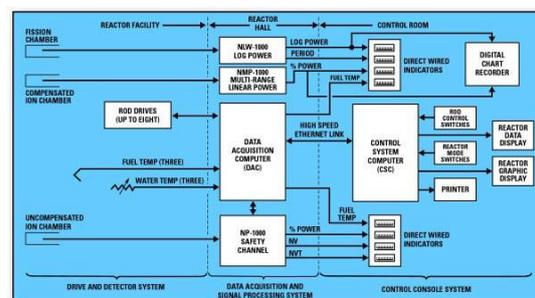
Sistem instrumentasi dan kendali Reaktor TRIGA 2000 Bandung yang dirancang dan dirakit oleh *General Atomics* Amerika Serikat terdiri dari:

- 1) Konsol sistem kendali digital (*Control System Console, CSC*);
- 2) Unit kendali dan akuisisi data digital (*Data Acquisition and Control, DAC*);
- 3) Kanal pemantau daya dan detektor neutron (2 buah);
- 4) Kanal pemantau daya lebar dan detektor neutron (1 buah);
- 5) Batang kendali dan penggerak batang kendali (5 buah);
- 6) Tiga kanal pemantau suhu bahan bakar yang dihubungkan dengan rangkaian *scram* (*scram circuit*);
- 7) Dua layar penayang (*display monitor*) berwarna yang masing-masing menyuguhkan tampilan grafik dan tampilan teks dari parameter-parameter pengendalian dan pemantauan reaktor;
- 8) Petunjuk analog (*bargraph indicator*) untuk daya reaktor dan suhu bahan bakar.

Melalui perantaraan *Console System Control (CSC)* para operator reaktor menjalankan serta mengendalikan seluruh kegiatan operasi reaktor. CSC merupakan suatu sistem konsol reaktor berbasis komputer yang mengatur pergerakan seluruh batang kendali serta mengendalikan interlok (*interlock*) dan mode operasi reaktor. Perangkat ini mengolah dan menampilkan informasi tentang: kedudukan batang kendali, tingkat daya, suhu bahan bakar dan air pendingin reaktor, serta melakukan

fungsi-fungsi lainnya seperti: memproses dan menyimpan data operasi reaktor (berupa: jumlah jam kerja reaktor dan operator serta jumlah energi yang diproduksi reaktor) dan menyimpan seluruh data yang tertampil di layar monitor secara periodik ke dalam *hard disk*. Data yang tersimpan tersebut dapat dipanggil/digunakan kembali sesuai dengan kebutuhan, seperti untuk memeriksa penyebab kejadian *SCRAM* dan sebagainya.

Data Acquisition and Control (DAC) yang berada di dalam suatu lemari/kabinet yang terpisah dari CSC berfungsi untuk mengumpulkan seluruh data yang berasal dari: detektor/kanal pemantau daya, *Resistance Temperature Detector (RTD)*, motor penggerak batang kendali dan sebagainya. Data tersebut selanjutnya dikirim ke CSC. DAC melaksanakan perintah-perintah yang diberikan oleh CSC, seperti dalam pengendalian batang kendali. Hubungan antara DAC dan CSC serta perangkat-perangkat keras lainnya dalam sistem instrumentasi dan kendali reaktor dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram skema rangkaian sistem instrumentasi dan kendali reaktor.

Dua buah komputer yang masing-

masing berada di dalam unit CSC dan DAC, terletak di dalam kabinet yang terbuat dari pelat logam. Kabinet ini sekaligus berfungsi sebagai sangkar Faraday, yang melindungi seluruh perangkat keras, termasuk komputer, dari pengaruh gelombang elektromagnet yang berasal dari luar. Komunikasi data antara komputer DAC dengan komputer CSC dan antara komputer DAC dengan NM-1000 dilakukan melalui perantaraan kabel komunikasi serial RS-232.

Catu daya listrik yang digunakan oleh seluruh perangkat berasal dari panel pencatu daya listrik yang khusus digunakan untuk perangkat di fasilitas reaktor dan terpisah dari pencatu daya perangkat-perangkat listrik lain, seperti: *crane*, sistem ventilasi udara, penerangan ruangan dan lain-lain. Catu daya listrik utamanya adalah berasal dari jaringan listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Sistem pentanahan listrik (*electrical grounding*) dari seluruh perangkat instrumentasi dan kendali reaktor dibuat tersendiri. Hal ini dilakukan untuk meredam semaksimal mungkin sinyal-sinyal gangguan listrik dari luar Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK).

SIK reaktor merupakan bagian yang berperan penting dalam kegiatan operasi reaktor TRIGA 2000 Bandung. Seluruh nilai hasil pengukuran parameter terkumpul dalam bagian pemroses data SIK, yaitu pada perangkat *Data Acquisition Computer (DAC)*. Perangkat SIK sebagian besar masih menggunakan komponen lama buatan *General Atomics (GA, 1993)*. Masapakai komponen yang lebih dari 20 tahun,

menyebabkan beberapa diantaranya mengalami degradasi kualitas baik secara fisik maupun kinerjanya.

Berdasarkan kondisi diatas dan skema pada Gambar 1, hasil pengukuran sensor diproses pada perangkat DAC. Nilai hasil pengukuran dipengaruhi oleh kinerja masing-masing perangkat dan komponen, kondisi lingkungan sekitar peralatan, interferensi gelombang elektromagnetik, dan pentanahan (*grounding*) yang semua ini dapat menyebabkan terjadinya lonjakan tegangan ke DAC dan mengakibatkan reaktor SCRAM.

Dokumen sistem instrumentasi dan kendali reaktor terdapat dalam dokumen Laporan Analisis Keselamatan (LAK) reaktor TRIGA 2000 Bandung [1].

Adapun acuan tentang *Instrumentation and Control Systems* dapat mengacu kepada: *Specific Safety Guide (SSG)* [4].

Sebagai acuan waktu respon, telah dipersyaratkan bahwa waktu respon dan kecepatan ukur sensor serta pemroses data untuk sistem keselamatan reaktor maksimum adalah 400 ms, dengan nilai standar deviasi yang di izinkan secara umum maksimal sebesar $\pm 3-5\%$ (selebihnya mengacu pada manual masing-masing peralatan) [1].

Pada awalnya seluruh komponen SIK berfungsi dengan baik, gangguan derau tidak terlalu berpengaruh. Ketika kondisi komponen mengalami penuaan, di sisi lain ada peningkatan *frekuensi* derau, hal sangat ini mempengaruhi fungsi operasi SIK dan mengganggu keberlangsungan operasi

reaktor TRIGA 2000 Bandung. Derau dapat dipantau dengan menggunakan *Digital Oscilloscope Tektronik* yang dipasang di preamp pada saat reaktor dioperasikan, dimana alat tersebut dapat mendeteksi terjadinya lonjakan gelombang elektromagnetik dari jala-jala listrik dari panel SDP-A, yang menyebabkan operasi reaktor mengalami SCRAM akibat dari lonjakan tersebut. Dengan adanya kejadian SCRAM, maka perlu dilakukan identifikasi dan kajian untuk memastikan penyebabnya. Walaupun disisi lain dengan adanya kejadian tersebut memastikan bahwa sistem proteksi dan keselamatan reaktor telah berfungsi dengan baik. Akan tetapi kondisi ini dapat menjadi hambatan dalam pelaksanaan kegiatan operasi reaktor. Untuk itu perlu ditambahkan satu perangkat yang dapat meredam lonjakan tegangan.

Electromagnetic Interference (EMI) filter merupakan perangkat standar industri yang banyak digunakan dalam menangani terjadinya kebocoran tegangan maupun arus yang menyebabkan terjadinya gangguan pada suatu sistem elektronik dan instrumentasi. Dengan pemasangan *EMI filter* pada sistem instrumentasi dan kendali reaktor TRIGA 2000 terutama pada bagian *Data Acquisition and Control (DAC)* diharapkan gangguan/kebocoran tegangan maupun arus tidak terjadi lagi. Tipe perangkat *EMI filter* yang akan digunakan adalah *filter common differential mode*, dimana perangkat ini mampu meredam lonjakan arus dan pulsa dari suplai tegangan bolak balik (VAC) yang digunakan oleh

perangkat. Berdasarkan spesifikasinya, *EMI filter* memiliki batas arus maksimum yang dapat diredam adalah sebesar 40 A. Mengingat beban arus maksimum untuk kebutuhan sistem instrumentasi dan kendali (SIK) reaktor adalah 5KVA/20A, maka seharusnya perangkat ini sudah mampu meredam lonjakan pulsa/arus yang terjadi.

IDENTIFIKASI SCRAM

Perangkat pemroses *Data Acquisition Computer (DAC)* sebenarnya sudah dilengkapi dengan komponen *ISOBAR* sebagai *surge protector* dan *EMI filter* aktif. Namun komponen *DAC* sudah mengalami penurunan fungsi sehingga belum cukup efektif untuk meredam lonjakan dan derau tegangan yang terjadi. Beberapa kejadian SCRAM saat reaktor beroperasi terdapat derau/*noise* yang tidak ter-filter dengan baik, sehingga masuk ke dalam *loop* rangkaian pemroses perangkat akuisisi data *DAC*. Sebagai bukti kejadian yang menyebabkan SCRAM adalah pada kanal ukur daya *NP1000*, *NPP1000* dan *NM1000* pada saat reaktor beroperasi. Adapun lonjakan tegangan yang melebihi batas dapat terjadi karena:

- a. Pada kanal daya *NM1000* terjadi lonjakan yang melebihi batas keselamatan operasi 7 ms (*warning*) dan 3 ms (*SCRAM*), pada saat reaktor akan dioperasikan, hal ini terlihat dari periode reaktor yang melonjak. Kondisi tersebut sering terjadi ketika sistem utama dan pendukung reaktor dihidupkan.
- b. Pada saat reaktor beroperasi *steady-state*

pada daya 500 kW, mengalami *SCRAM* akibat *overlimit* pengukuran pada kanal daya *NPP1000*, hal ini terjadi karena operator menghidupkan sistem penerangan gedung reaktor dari panel penerangan yang terletak di ruang kendali utama (RKU).

- c. Motor *crane* (alat angkut angkut) dioperasikan dan berdampak *SCRAM*.

Kejadian *SCRAM* akan terus terjadi selama belum dilakukan identifikasi dan antisipasi penanganan penyebabnya. Adapun proses identifikasi yang dilakukan adalah:

- Memeriksa *frekuensi* tegangan dan arus yang masuk ke dan dari SDP-A, dengan menggunakan *digital Oscilloscope Tektronik*.
- Melakukan pemeriksaan tegangan masuk ke komponen penyusun SIK reaktor mulai dari hulu hingga hilir.
- Mempersiapkan data teknis setiap komponen penyusun terutama sensor dan *wiring connections*. Hal ini diperlukan untuk mengkaji penyebab terjadinya *SCRAM*.
- Melakukan pengamatan pada tegangan masuk DAC, dengan menghidupkan dan mematikan perangkat sistem pendukung reaktor, seperti motor pompa pendingin primer dan sekunder, motor pintu utara, motor pompa sistem *demineralizer*, lampu mercuri reaktor hall, dan sinyal lainnya.
- Mengantisipasi kemungkinan penyebab terjadinya lonjakan tegangan dari faktor eksternal reaktor.

SCRAM yang terjadi bukan saja mengganggu keamanan dan keselamatan operasi reaktor. Akan tetapi ada hal lain yang dipertimbangkan yaitu dampak keselamatan dari batang kendali. Karena jika batang kendali terlalu seringnya jatuh pada posisi ketinggian akibat *SCRAM*, dikhawatirkan akan menimbulkan kerusakan akibat tumbukannya, sebab berat masing-masing batang kendali adalah $\pm 7,5$ kg, oleh karena itu perlu dilakukan proses identifikasi dan mapping tegangan masuk ke komponen penyusun *DAC* dengan mempertimbangkan berbagai faktor penyebab internal dan eksternal. Dengan melakukan pengamatan *frekuensi* tegangan menggunakan *digital Oscilloscope Tektronik* pada area berikut:

- Tegangan 380/220 Volt keluar SDP-A dan jala-jala masuk panel RKU.
- Tegangan masuk dan keluar UPS dengan kapasitas ± 5 kiloVA.
- Tegangan masuk SIK dan *DAC*



Gambar 2. Kapasitas UPS 5kVA SIK reaktor

- Memastikan tegangan masuk pada blok I/O pemroses data tidak mengalami gangguan yang signifikan.
- Memastikan tidak ada gangguan pada suplai tegangan yang terhubung ke blok pengolah sinyal dan pemroses data

melalui perangkat *Sensitive Pre Amplifier* PA-15.

Kelebihan pengukuran /pemantauan dengan perangkat *digital Oscilloscope Tektronik* adalah dapat merekam kejadian untuk dilakukan analisis lebih lanjut. Sedangkan perangkat lain yang digunakan adalah *digital multimeter* sebagai media pembandingan atau kalibrasi internal antara hasil pengukuran pulsa dengan *display indicator* pada *Display Panel Monitor (DPM)* dan display parameter aplikasi *TRIGA.exe* pada layar *Console System Computer (CSC)* di RKU.

Hasil identifikasi dan pengamatan atau pengukuran, derau terjadi pada waktu-waktu yang sama dan rutin sesuai aktivitas peralatan yang dioperasikan, sehingga dapat diprediksi bahwa derau merupakan gangguan tegangan dan arus yang datang dari eksternal DAC, maka diperlukan perangkat *filter* tambahan untuk melindungi pengolahan sinyal dan pemroses data DAC.

Electromagnetic Interference (EMI) filter banyak digunakan untuk menangani kelebihan nilai tegangan masuk ke sistem, jenis *EMI filter* yang akan digunakan harus menyesuaikan dengan kebutuhan di DAC.

EMI filter terdiri dari dua jenis yaitu jenis *Passive EMI filter* dan *Active EMI filter*. Maka untuk menangani lonjakan tegangan ke DAC dipilih *Passive EMI filter 220VAC/40A* Dengan kapasitas 40 A, pemasangan *EMI filter* dalam *loop* rangkaian yang akan diproteksi, karena alat ini mampu membatasi tegangan lebih yang masuk ke DAC.

EMI filter mampu meredam lonjakan arus hingga 40A atau dua kali lipat dari beban arus maksimum pada SIK reaktor sebesar 5 kVA/20A. Untuk memastikan efektivitas dari pemasangan *EMI Filter* perlu dilakukan uji coba dengan melakukan pengukuran saat reaktor *shutdown* dan saat menghidupkan dan mematikan reaktor bersamaan dengan menghidupkan atau mematikan sistem utama maupun sistem bantu yang sebelumnya memberikan gangguan yang signifikan dan berkontribusi terjadinya SCRAM. Karena lonjakan tegangan sudah teredam oleh *EMI filter* dengan sempurna maka reaktor dapat beroperasi dengan aman dan selamat tidak mengalami SCRAM lagi.

Hasil pengujian dengan dan tanpa *EMI filter* dapat dilihat pada tabel 3 dan 4.

Passive EMI filter 220VAC/40A yang dipasang di rangkaian jala-jala masuk DAC dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Passive EMI filter 220VAC/40A*

2. TATA KERJA

Pada pemasangan *Passive EMI filter* di jala-jala masuk SIK reaktor TRIGA 2000 Bandung, diperlukan peralatan pendukung dan tata kerja seperti berikut ini.

2.1. Peralatan.

Peralatan yang akan digunakan untuk kegiatan identifikasi dan pengujian I/O pada DAC dan suplai catu daya listrik untuk SIK adalah:

1. *Electrical Toolset*
2. *Digital Multimeter*
3. *Digital Oscilloscope*
4. Laptop/personal komputer
5. Kabel *dataserial USB*
6. Kabel *power suplai*
7. Kabel *grounding*

2.2. Tata Kerja

Langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah :

1. Alat ukur *Digital Multimeter*, *Digital Oscilloscope* dan Laptop/personal komputer, dirangkai pada posisi jalur masuk *Sensitive Pre Amplifier PA-15*.
2. *Digital Oscilloscope* dan Laptop / personal komputer, dihidupkan agar siap digunakan.
3. Identifikasi *noise/derau* tegangan yang dapat memicu *SCRAM* tanpa memasang perangkat *Passive EMI filter* 220VAC/40A.
4. Sistem utama dan bantu reaktor secara bergantian, dihidupkan dan diamati pengaruhnya terhadap nilai parameter yang terukur di layar konsul reaktor dan *DPM* di Ruang Kontrol Utama (RKU).
5. *Digital oscilloscope* dan *digital multimeter* dipasang pada titik ukur pengujian (*Sensitive Pre Amplifier PA-15*) dan setelah terhubung lakukan perekaman terhadap tinggi pulsa dan frekuensinya untuk kondisi sebelum *Passive EM Ifilter* dipasang, kemudian lakukan pengamatan

dan pencatatan sesuai penunjukan data pada *digital oscilloscope* dan *digital multimeter*.

6. Lakukan pengamatan pada titik-titik jalur yang dimungkinkan dapat terjadi derau dengan kondisi reaktor beroperasi pada daya rendah dan pastikan sistem utama maupun sistem sekunder dioperasikan untuk memastikan ada atau tidak adanya gangguan dari peralatan pendukung tersebut, baik sebelum dipasangnya *EMI filter*.
7. *EMI filter* dipasang pada jalur utama arus masuk ke SIK dan lakukan pengujian yang sama, seperti tanpa *EMI filter*.

2.3. Sistem Keselamatan Reaktor

Pada saat terjadinya *noise / derau* yang berdampak *SCRAM* pada reaktor menunjukkan bahwa sistem keselamatan berfungsi dengan baik, karena faktor keselamatan harus diutamakan, dengan cara memastikan setiap indikator keselamatan harus berfungsi dengan baik. Sesuai dengan LAK₂ desain sistem keselamatan merupakan pertahanan akhir dalam lingkup instrumentasi dan kendali [1].



Gambar 4. Data Acquisition Computer (DAC) reaktor

Interupsi dalam mengoperasikan reaktor dilakukan melalui panel kontrol batang kendali, termasuk uji sistem *interlock* dan *SCRAM* dilakukan melalui panel ini. Panel kontrol dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Panel kontrol batang kendali reaktor

Indikator keselamatan reaktor dapat diamati pada layar monitor konsul reaktor melalui aplikasi *TRIGA.exe* dan *DPM*. Perubahan nilai pada indikator sesuai dengan jenis parameter yang sedang diuji. Kedua perangkat ini dapat digunakan untuk mengamati pengaruh *noise*/derau terhadap nilai parameter ukur. Aplikasi *TRIGA.exe* dan *DPM* ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7 berikut ini.



Gambar 6. Tampilan aplikasi TRIGA.exe reaktor



Gambar 7. Display Panel Monitor (DPM)

Nilai Batas Keselamatan Operasi (BKO) terkait Sistem Instrumentasi dan Kendali Reaktor *TRIGA 2000* dapat dilihat pada Tabel 1. [1]

Tabel 1. Nilai Batas Kondisi Operasi Reaktor

No	Parameter yang diuji	Nilai batas keselamatan BKO	Nilai hasil pengujian	Keterangan
1.	% Daya NMI1000	1100kW	1100kW	Sesuai BKO
2.	% Daya NPP1000	1100kW	1100kW	Sesuai BKO
3.	HV NP dan NPP1000	Kehilangan Suplai	Kehilangan Suplai	Scram
4.	% Daya NP1000	1100kW	1100kW	Sesuai BKO
5.	Fuel Elemen 1,2,3	500 ° C warning 550 ° C scram	500 ° C warning 550 ° C scram	Sesuai BKO

BKO pada Tabel 1 digunakan sebagai batasan parameter operasi reaktor yang tidak boleh dilampaui dan jika melebihi BKO maka reaktor akan *SCRAM*. BKO ini diperlukan

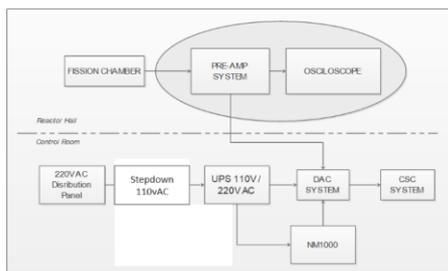
untuk memvalidasi kondisi awal pengujian parameter keselamatan reaktor sebelum dilakukan pengujian dengan *EMI filter* dan hasil pengujian yang diperoleh adalah parameter keselamatan antara BKO dan hasil pengujian sudah sesuai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

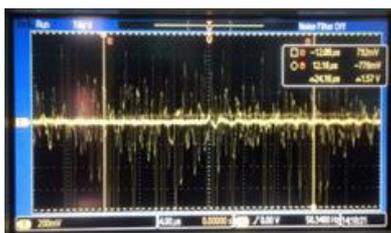
3.1. Pengaruh Derau Tanpa *Passive EMI Filter*

Berdasarkan hasil pengamatan dapat diketahui bahwa pengaruh *noise*/derau tegangan menyebabkan adanya perubahan nilai parameter ukur ketika tidak dipasang perangkat *Passive EMI filter*, baik pada kondisi reaktor *shutdown* maupun pada saat reaktor beroperasi.

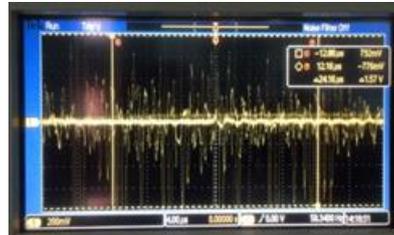
Hasil pengamatan didapatkan data sebagai berikut :



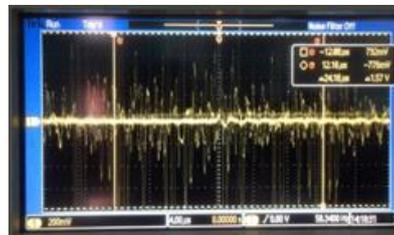
Gambar 8. Rangkaian posisi pembacaan oleh perangkat *digital oscilloscope*



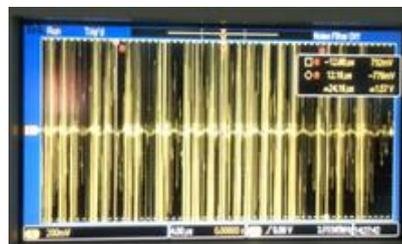
Gambar 9. Gangguan derau dari sistem pendingin primer



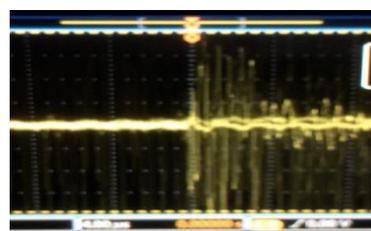
Gambar 10. Pemantauan derau dari sistem pendingin primer



Gambar 11. Pemantauan derau dari motor menara pendingin



Gambar 12. Gangguan derau ketika lampu merkuri dinyalakan



Gambar 13. Gangguan derau ketika pintu utara dibuka

Gambar 8 menunjukkan posisi pembacaan lonjakan tegangan oleh *oscilloscope* sebelum dilakukan pemasangan *EMI filter*, sedangkan Gambar 9, 10, 11, 12 dan 13 memperlihatkan besarnya nilai lonjakan tegangan ketika peralatan dan lampu penerangan reaktor dioperasikan. Pengaruh derau terhadap reaktor yang dioperasikan dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil pengujian tanpa *passive EMI filter*

Interupsi Sinyal	Pengaruh derau Tanpa <i>EMI filter</i>
Motor Pompa Primer	Terjadi <i>Scram</i>
Motor Pompa Sekunder	Terjadi <i>Scram</i>
Motor Pompa Menara Pendingin	Terjadi <i>Scram</i>
Lampu Penerangan	Terjadi <i>Scram</i>
Motor Pintu Gerbang	Terjadi <i>Scram</i>

Pada Tabel 2 terlihat bahwa setiap ada kegiatan menghidupkan atau mematikan peralatan pendukung reaktor, maka reaktor yang sedang dioperasikan mengalami *SCRAM* dan hasil pembacaan nilai lonjakan tegangannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran lonjakan tinggi pulsa

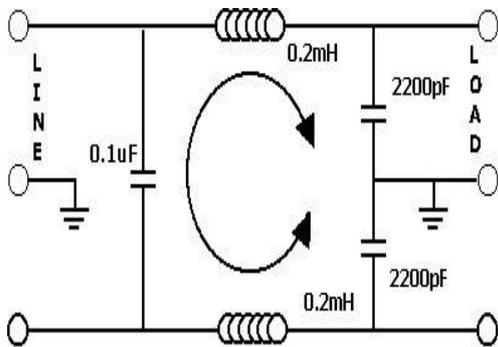
Interupsi Sinyal	Nilai lonjakan tegangan yang terukur
Motor Pompa Primer	2,2 V (200 mV x 11)
Motor Pompa Sekunder	2,0 V (200mV x 10).

Motor Pompa	2,0 V (200 mV x 10)
Menara Pendingin	2,4 V (200mV x 12)
Lampu Penerangan	2,0 V (200 mV x 10)
Motor Pintu Gerbang	2,0 V (200 mV x 10)

Pada Tabel 3 Terlihat adanya nilai lonjakan tegangan yang terukur oleh perangkat *digital oscilloscope* dengan range 1-12 baris, tiap baris menunjukkan skala 200 mV dan didapatkan lonjakan tegangan berkisar antara 2 volt – 2,4 volt, hal ini melebihi batas pulsa *inputan* maksimal untuk *sensistive Pre-Amplifier* PA15. Karena rentang ukur masukan dari PA-15 untuk mode tegangan adalah 0-20 mV , sedangkan untuk mode arus adalah 4-20 mA.

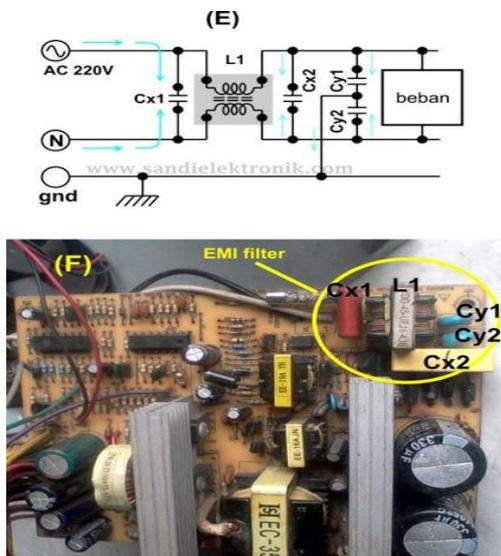
3.2. Pengaruh Derau Setelah Dipasang *Passive EMI Filter* Pada Loop SIK-DAC

Tahap pengujian selanjutnya adalah memasang *passive EMI filter* 220VAC/40A pada *loop* sistem instrumentasi dan kendali reaktor, dimana posisi perangkat *EMI filter* ditempatkan dapat dilihat pada Gambar 18 yaitu, setelah trafo penurun tegangan (*step-down*) 110VAC untuk mensuplai kebutuhan distribusi daya listrik pada perangkat *data acquisition computer (DAC)*. Dengan rancangan *loop* sistem setelah terpasang *EMI filter*, diharapkan mampu meredam lonjakan pulsa yang disebabkan oleh *noise/derau*. Secara umum rangkaian *EMI filter* yang digunakan di tunjukan oleh Gambar 16 berikut ini.

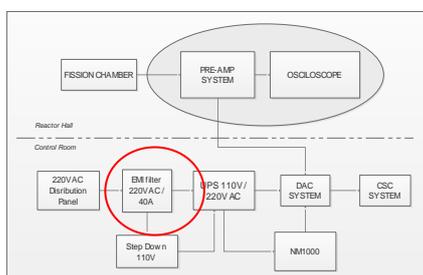


Gambar 16. Rangkaian penyusun perangkat EMI filter secara umum.

Rangkaian penyusun *passive EMI filter common differential mode* ditunjukkan oleh Gambar 17, sedangkan blok diagram pengujian sistem dengan menggunakan *passive EMI filter* ditunjukkan oleh Gambar 17 di bawah ini.

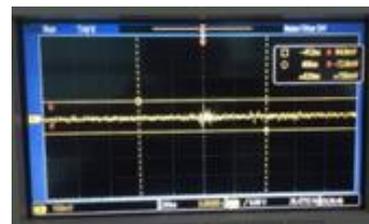


Gambar 17. Rangkaian penyusun perangkat passive EMI filter 220VAC common differential mode (sumber: sandi-elektronik)

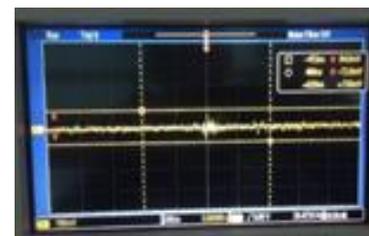


Gambar 18. Blok diagram uji coba dengan passive EMI filter 220VAC/40A pada SIK-DAC

Hasil pengujian pada saat reaktor dioperasikan dan setelah pemasangan perangkat *passive EMI filter* dengan mengoperasikan sistem utama dan sistem bantu reaktor didapatkan hasil pengamatan yang ditunjukkan oleh Gambar 19, 20, 21, 22 dan 23 berikut.



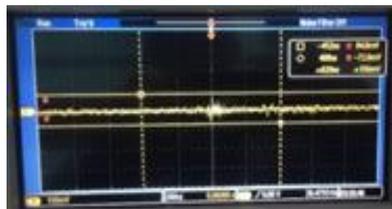
Gambar 19. Pengaruh derau saat mengoperasikan pompa pendingin primer



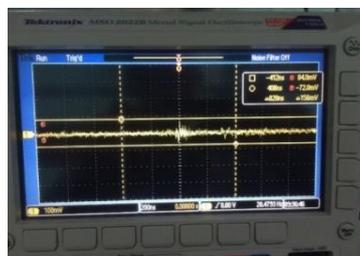
Gambar 20. Pengaruh derau saat mengoperasikan pompa pendingin sekunder



Gambar 21. Pengaruh derau saat mengoperasikan pompa menara pendingin



Gambar 22. Pengaruh derau saat menghidupkan lampu penerangan gedung reaktor



Gambar 23. Pengaruh derau saat buka/tutup pintu gerbang utara reaktor

Tabel 4. Menunjukkan nilai lonjakan tegangan yang terukur lebih kecil dari sebelum dipasang EMI Filter

Interupsi Sinyal	Nilai lonjakan tegangan yang terukur
Motor Pompa Primer	$\pm 0,15 \text{ mV}$ ($100 \text{ mV} \times 0.15$)
Motor Pompa Sekunder	$\pm 0,15 \text{ mV}$ ($100 \text{ mV} \times 0.15$)
Motor Pompa Menara Pendingin	$\pm 0,15 \text{ mV}$ ($100 \text{ mV} \times 0.15$)
Lampu Penerangan	$\pm 0,15 \text{ mV}$ ($100 \text{ mV} \times 0.15$)
Motor Pintu Gerbang	$\pm 0,15 \text{ mV}$ ($100 \text{ mV} \times 0.15$)

Pada Tabel 4 terlihat bahwa tegangan yang terukur oleh perangkat digital *oscilloscope* setelah dipasang EMI Filter tidak terjadi lonjakan tegangan artinya EMI Filter mampu meredam lonjakan yang terjadi.

3.3. Hasil Pengukuran.

Pengukuran dengan *oscilloscope* dilakukan pada dua kondisi sebelum dan sesudah dipasang perangkat *passive EMI filter* 220VAC/40A. Adapun data hasil pengukuran sebelum terpasang perangkat *passive EMI filter* pada loop SIK-DAC dapat dilihat pada Tabel 5 dan setelah dipasang EMI filter dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Data input SIK-DAC sebelum terpasang perangkat *passive EMI filter*.

No.	Pemicu	Tanpa EMI Filter Oscilloscope (mV)	Nilai mode pulsa PA-15 (0-20 mV)	Indikator CSC SPR
1.	Motor Pompa Primer	2.000	> 20	Scram
2.	Motor Pompa Sekunder	2.000	> 20	Scram
3.	Motor Pompa Menara Pendingin	2.000	> 20	Scram
4.	Lampu Penerangan Reaktor	2.400	> 20	Scram
5.	Motor Pintu Gerbang Utara	2.000	> 20	Scram

Tabel 6. Data input SIK-DAC setelah terpasang perangkat *passive EMI filter* 220VAC/40A

No.	Pemicu	Terpasang EMI Filter 220VAC/40A pulsa (mV)	Nilai mode pulsa PA-15 (0-20 mV)	Indikator CSC SPR
1.	Motor Pompa Primer	0,15	0-20 mV	Normal
2.	Motor Pompa Sekunder	0,15	0-20 mV	Normal
3.	Motor Pompa Menara Pendingin	0,15	0-20 mV	Normal
4.	Lampu Penerangan Reaktor	0,15	0-20 mV	Normal
5.	Motor Pintu Gerbang Utara	0,15	0-20 mV	Normal

Berdasarkan data hasil pengukuran pada Tabel 5 dan 6 dapat disimpulkan bahwa

- :
- Lonjakan tegangan tanpa dipasang EMI filter sebesar 2000 – 2400 mV dan berdampak SCRAM terhadap reaktor yang dioperasikan.
 - Setelah dipasang EMI filter tegangan terukur 0,15 mV dan tidak terjadi lonjakan tegangan, sehingga reaktor dapat dioperasikan dengan aman dan selamat tanpa adanya gangguan SCRAM.

- c. Pemasangan *EMI filter* 220VAC/40A, *type common differential mode* dapat berfungsi dengan baik, karena dapat meredam lonjakan tegangan akibat pengoperasian sistem utama dan sistem bantu reaktor
- d. Nilai masukan pulsa yang terukur berkisar antara 2000 – 2400mV. Artinya nilai tersebut melebihi settingan batas nilai keselamatan yang telah ditentukan sesuai batasan kondisi operasi yaitu 0-20 mV. Dan hal ini telah melampaui batas salah satu parameter SPR sehingga memberikan sinyal masukan yang menginstruksikan bahwa reaktor harus *SCRAM*.

4. KESIMPULAN

Pengaruh *noise/derau* baik yang bersifat elektrik maupun gelombang elektromagnetik mampu diredam dengan menggunakan perangkat *passive EMI filter* 220VAC/40A. Hal ini dapat dibuktikan melalui serangkaian identifikasi dan analisis data yang didapat dari hasil pengukuran pulsa yang masuk ke *loop* SIK-DAC reaktor. (hasil perbandingan antara tabel 5 dan tabel 6).

Berdasarkan data hasil pengukuran pada tabel 5 dan 6, menunjukkan bahwa pemasangan *passive EMI filter* 220VAC/40A sangat efektif dalam meredam lonjakan pulsa/arus dengan variabel pemicu yang sama. Adapun besar nilai pulsa yang mampu diredam oleh perangkat ini adalah 10 kali lipat daripada sebelumnya. Sebagai contoh pada pemicu pompa pendingin primer nilai yang terukur sebelum terpasang *EMI filter*

sebesar 2200 mV, sedangkan setelah terpasang *EMI filter* sebesar 0,15 mV.

5. UCAPAN TERIMA KASIH.

1. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada PSTNT BATAN yang telah memberikan fasilitas untuk melakukan kajian atau analisis terhadap kasus yang terjadi.
2. Ucapan terima kasih untuk rekan-rekan di bidang reaktor, khususnya Subkor. Operasi dan Perawatan Reaktor yang telah membantu mengidentifikasi dan menganalisis kejadian yang timbul.
3. Ucapan terima kasih kepada staf bidang Keselamatan Kerja dan Keteknikan (K3) atas kerja samanya dan seluruh personil operasi reaktor TRIGA 2000 Bandung.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Laporan Analisis Keselamatan (LAK) Reaktor TRIGA 2000 Bandung. No R 093/KN 01 01/SNT. 2016.
2. Modul Diktat Sistem Instrumentasi Kendali (SIK) Reaktor TRIGA 2000 Bandung, Pelatihan Supervisor dan Operator Reaktor. PSTNT Bandung: 2019.
3. Laporan Teknis Uji *EMI Filter* Pada Perangkat SIK Reaktor TRIGA 2000, Bidang Reaktor. Bandung. PSTNT; 2018.
4. International Atomic Energy Agency (IAEA). Instrumentation and Control Systems and Software Important to Safety for Research Reactors: Specific Safety Guide (SSG) no 37.

5. General Atomic. Operation And Maintenance Manual NM-1000 Neutron Monitoring System. 1989.
6. Lorandt Folkel M.Eng. Switched Mode Power Supply with High Efficiency and Best EMI Design. Wurt Elektronik; 2017.
7. Akira Ishimaru. Electromagnetic Wave Propagation, Radiation, And Scattering, Second Edition. Seattle, WA, USA: University of Washington. IEEE Press Series; 2017.
8. Richard Lee Ozenbaugh and Timothy M. Pullen. EMI Filter Design, Third Edition. CRC Press; 2012.
9. Clive Maxfield and friends. Electrical Engineering. Elsevier Inc; 2008.

