

PROSES PERAWATAN PROAKTIF UNTUK MENGATASI GANGGUAN SISTEM RESET PADA SIK REAKTOR NUKLIR KARTINI

¹Achmad Suntoro, ¹Ikhsan Shobari ²Muhamad Subchan, ²Wagirin
1) Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir – BATAN
Gedung 71 Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan 15314
2) Pusat Sains dan Teknologi Akselerator – BATAN
Jln. Babarsari, Yogyakarta 6101
suntoro@batan.go.id

ABSTRAK

PROSES PERAWATAN PROAKTIF UNTUK MENGATASI GANGGUAN SISTEM RESET PADA SIK REAKTOR NUKLIR KARTINI. Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK) reaktor nuklir Kartini yang selesai direvitalisasi pada 2008 mulai menunjukkan ada gangguan yaitu pada sistem reset nya di tahun 2013 hingga 2018 dengan frekwensi kejadian gangguan yang rendah dan random, serta gangguan beberapa saat hilang dengan sendirinya tanpa dilakukan tindakan apapun. Tim perawatan proaktif dibentuk untuk mengatasi gangguan tersebut. Makalah ini mengetengahkan proses dalam mengatasi gangguan pada SIK tersebut dan mencegahnya agar tidak terjadi kembali di masa mendatang. Perawatan proaktif dilakukan dengan merubah desain pola sambungan kabel dan juga mengganti terminal kabelnya. Dengan tindakan ini, SIK reaktor Kartini kembali berjalan normal tanpa gangguan tersebut, dan semua jadwal operasionalnya dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan, karena eksekusi program perawatan tersebut didesain berjalan paralel disela-sela acara kegiatan operasi reaktor. Perawatan proaktif sangat tepat diterapkan untuk jenis gangguan ini dimana modifikasi desain dan penggantian komponen yang tidak harus sama dengan komponen semula dapat dilakukan serta tindakan bukan hanya dilandasi atas dasar dari tanda-tanda gangguan yang terjadi saja, tetapi juga dari akar permasalahan penyebab dari gangguan.

Kata kunci : Perawatan proaktif, terminal-kabel, sambungan-kabel, pelacakan, perbaikan.

ABSTRACT

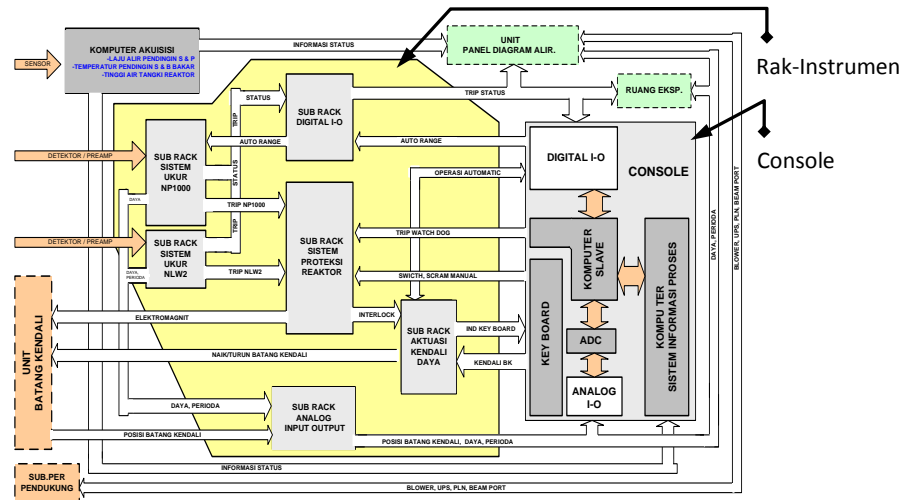
A PROACTIVE MAINTENANCE PROCESS TO OVERCOME THE DISRUPTION RESET SYSTEM IN KARTINI NUCLEAR REACTOR. Kartini nuclear reactor instrumentation and control system (SIK) which was completely revitalized in 2008 began to show momentarily disruptions in its reset system in 2013 to 2018 with low random frequency events and the disruptions disappearing on their own without any action being taken. A proactive maintenance team was formed to deal with the disorder. This paper explores the process of overcoming disruption to the SIK and preventing it from happening again in the future. Proactive maintenance is carried out by changing the design of the cable connection pattern and also replacing the cable terminals. By this action, Kartini reactor's SIK returned to normal without such disruptions, and all operational schedules were able to run as planned, because the execution of the maintenance program was designed to run parallel between reactor operations. Proactive treatment is very appropriate for this type of disturbance where design modifications and replacement of components that do not have to be the same as the original components can be carried out and actions are not only based on the signs of disturbance that occur, but also from the root causes of the disturbance.

Keywords: Proactive-maintenance, cable-terminal, cable-connection, troubleshooting, repair.

1. PENDAHULUAN

Reaktor nuklir Kartini yang terletak di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang diresmikan beroperasinya oleh presiden RI pada 1 Maret 1979 adalah reaktor nuklir untuk kegiatan penelitian, pelatihan, dan pendidikan^[1]. Reaktor tersebut

dirancang sistem operasionalnya untuk dapat memfasilitasi kegiatan tersebut. Telah banyak universitas di Indonesia dan juga badan internasional IAEA (*International Atomic Energy Agency*) memanfaatkan fasilitas dari reaktor tersebut sebagai sarana kegiatan praktikum bagi mahasiswa / pesertanya. Jam kerja reaktor ini rata-rata 5 – 6 jam dalam sehari, namun pernah dioperasikan selama 100 jam kontinyu untuk suatu penelitian^[2]. Sejak awal April 2008, Sistem Instrumentasi & Kendali (SIK) dari reaktor tersebut telah direvitalisasi oleh tim dari PRPN-BATAN Serpong dan diberi nama SIK-SR4^[3], dan SIK-SR4 ini bukan bagian dari Sistem Keselamatan Reaktor.



Gambar 1. Bagan Sistem Instrumentasi & Kendali SIK-SR4 reaktor Kartini^[4].

Gambar 1 adalah bagan dari SIK-SR4, yang salah satu ide dasar dalam desainnya adalah mengelompokkan terminal sambungan kabel antar modul / perangkat dalam SIK terkumpul dalam Rak-Instrumen, sehingga kegiatan pengukuran variabel-variabel operasi yang berkaitan dengan sistem instrumentasi baik untuk keperluan perawatan, pengembangan maupun pendidikan dapat diperoleh secara mudah dan praktis. Pada tahun 2013 gangguan operasi reaktor mulai terjadi pada SIK-SR4. Diawal operasi, tombol reset tidak berfungsi sehingga operasi reaktor tidak bisa dilanjutkan, namun beberapa saat kemudian tombol tsb bisa berfungsi lagi dengan sendirinya. Kejadian ini berulang secara random dengan frekwensi kejadian cukup rendah hingga tahun 2018, dimana tombol reset dapat bekerja normal setelah dilakukan tindakan menekan-nekan salah satu dari terminal kabel pada Rak-Instrumen (secara *random*) atau terkadang mencabut dan memasang kembali socket kabel ke salah satu modul di rak-insrrumen. Kondisi ini menjadi catatan penting bagi tim perawatan reaktor untuk mengkaji lebih lanjut mencari penyebab gangguan tersebut, karena jenis gangguan demikian ini memang sulit ditemukan penyebabnya^[5]. Perawatan Proaktif dijalankan oleh tim perawatan dan berkesimpulan bahwa terminal rak kabel yang digunakan SIK-SR4 harus diganti berikut beberapa *cable-connector* dari modul-modul nya juga. Proses penggantian dilakukan di tahun 2019 dan SIK telah berjalan normal kembali. Dalam makalah ini, kajian dan kegiatan konstruksi penggantian socket-kabel, terminal-kabel serta pola sambungannya tersebut dijelaskan, yang merupakan perawatan proaktif karena melakukan perbaikan berdasarkan akar penyebab dari gangguan yang terjadi.

2. DASAR TEORI

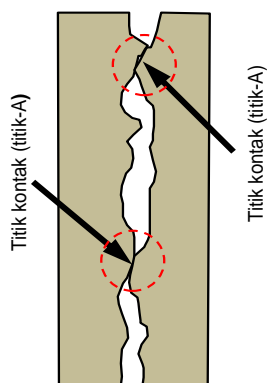
2.1. Sambungan konduktor

Sambungan dua (atau lebih) konduktor listrik (dalam rangkaian listrik) pada dasarnya secara ideal harus memiliki tahanan listrik nol, yang artinya secara kelistrikan

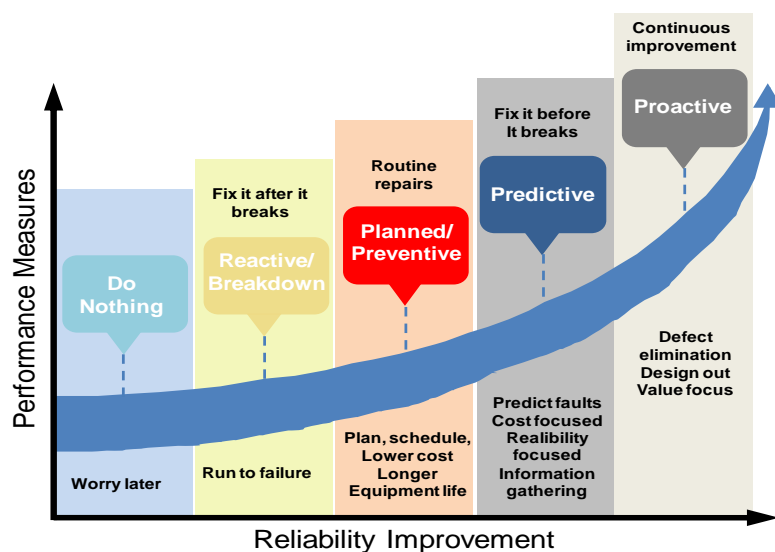
pada sambungan tersebut tidak ada sisipan rangkaian listrik lain diantara konduktor sambungan tersebut. Namun demikian, sambungan memiliki karakteristik tersendiri tergantung teknik penyambungannya, yang berakibat bisa mempengaruhi aliran listrik atau sinyal yang lewat pada sambungan tersebut. Kemungkinan terjadinya ketidak ideal-an sambungan tersebut mempengaruhi pertimbangan dalam pemilihan jenis sambungan yang akan digunakan dalam membuat sebuah desain perangkat. Pertimbangan desain secara umum sambungan konduktor harus memiliki: pertama sifat tahanan listrik yang rendah (ideal = 0Ω), dan kedua kuat tidak mudah rusak akibat pengaruh gangguan mekanik maupun korosi.

Secara mikroskopis, bentuk pertemuan permukaan dalam sambungan konduktor digambarkan pada Gambar 2. Tidak mungkin permukaan konduktor tersebut benar-benar ideal halus rata, tetapi akan berbentuk kasar, dan dalam bentuk tersebut antar bagian permukaan bertemu sebagai sarana jembatan aliran listrik yang diinginkan^[6]. Pada Gambar 2, titik-A merupakan jembatan yang akan mengalirkan arus listrik tersebut, sehingga tahanan listrik sambungan tersebut menjadi lebih besar dibandingkan dengan kondisi ideal yaitu jika permukaan benar-benar halus rata yang akan memiliki jumlah titik-A sangat banyak.

Berbagai usaha dilakukan untuk menaikkan jumlah titik-A tersebut agar tahanan listrik sambungan menjadi kecil. Tekanan mekanik dua konduktor diberikan agar dua konduktor tersebut lebih rapat, yaitu dengan pengencangan menggunakan mur-baut misalnya. Tekanan ini dapat menurunkan nilai tahanan listrik, namun pada batas nilai tertentu penambahan tekanan tersebut tidak lagi dapat menurunkan nilai tahanan listriknya^[7]. Cara lain dengan memberi sisipan materi konduktor lain diantara permukaan yang bertemu tersebut, yaitu dengan pelapisan logam dengan konduktifitas tinggi seperti emas. Ada 13 keuntungan / unggulan dengan menggunakan pelapisan emas ini^[8], namun komponen ini tidak selalu digunakan dalam praktek instrumentasi mengingat pertimbangan harga dan jenis penggunaan. Teknik yang umum digunakan adalah pelapisan sekaligus merekatkan menggunakan timah yang dikenal dengan men-solder. Teknik penyolderan sangat menentukan hasil sambungan yang berkaitan dengan kualitas sambungannya^[9]. Berangkat dari kondisi fenomena sambungan konduktor tersebut, berbagai industri elektronik dan kelistrikan menghasilkan berbagai jenis produk komponen untuk sambungan konduktor dengan berbagai karakteristiknya^[10]. Pemilihan komponen yang tepat merupakan tindakan optimasi dengan menggunakan kriteria dasar: keselamatan, kehandalan, biaya, dan jenis serta lokasi penggunaannya^[6].



Gambar 2. Pertemuan permukaan pada sambungan konduktor secara mikroskopis^[6].



Gambar 3. Perkembangan perawatan dari peningkatan kehandalan^[14].

2.2. Perawatan

Perangkat dikatakan handal jika perangkat tersebut dapat beroperasi secara normal dalam kurun waktu yang telah ditetapkan^[11]. Kondisi handal ini dapat dipertahankan bahkan dibuat lebih baik (diperpanjang waktu kehandalannya) dengan menjalankan kegiatan perawatan. Ada banyak jenis kegiatan perawatan dalam operasinya. Pengelompokan pola jenis kegiatan tersebut terjadi tergantung dari sudut pandang bagaimana perawatan tersebut diperlakukan. Beberapa contoh pola tersebut adalah dari sudut pandang: strategi konsep-perawatan^[12], kehandalan akibat perawatan^[13], dan peningkatan-kehandalan akibat perawatan^[14]. Gambar 3 memperlihatkan contoh diagram jenis perawatan dari sudut pandang peningkatan-kehandalan akibat dari perawatan.

Dari strategi konsep-perawatan ada dua jenis, yaitu perawatan-pencegahan (*preventive-maintenance*) dan perawatan-perbaikan (*corrective-maintenance*)^[11]. Yang pertama adalah kegiatan untuk berusaha mencegah atau memperpanjang waktu untuk menuju/terjadi kerusakan, dan yang kedua melakukan perbaikan akibat kerusakan yang telah terjadi. Perkembangan teknologi dewasa ini telah mengembangkan kegiatan *preventive-maintenance* dengan berbagai pola perawatan, diantaranya adalah *proactive-maintenance* dengan sasaran peningkatan (*improvement*) kinerja hasil perawatan secara kontinyu (memperpanjang lebih lama waktu perangkat menuju status kerusakan).

Proactive-maintenance bekerja berdasarkan runutan ke akar penyebab permasalahan, dan bukan hanya berdasarkan pada tanda-tanda akibat dari kerusakan. Tindakan ini dapat berupa^[15]:

- Penghapusan atau menghilangkan bagian tertentu dalam perangkat.
- Penggantian komponen yang tidak harus menggunakan komponen yang sama, tetapi komponen lain yang berfungsi sama dengan kualitas lebih baik.
- Revisi desain ataupun konstruksi dari perangkat.
- Membuat usulan perihal operasional perangkat bagaimana kedepan perangkat harus dioperasikan.
- Tidak melakukan perubahan ataupun penggantian.

Dengan teknik ini, akan dapat menekan akibat kerusakan dalam perangkat yang disebabkan karena kualitas komponen / *spare-part* yang jelek, beban kerja yang berat, kerusakan pada lokasi yang sama berulang-ulang, dan penuaan komponen (*aging*) sebelum waktunya.

3. TATA KERJA

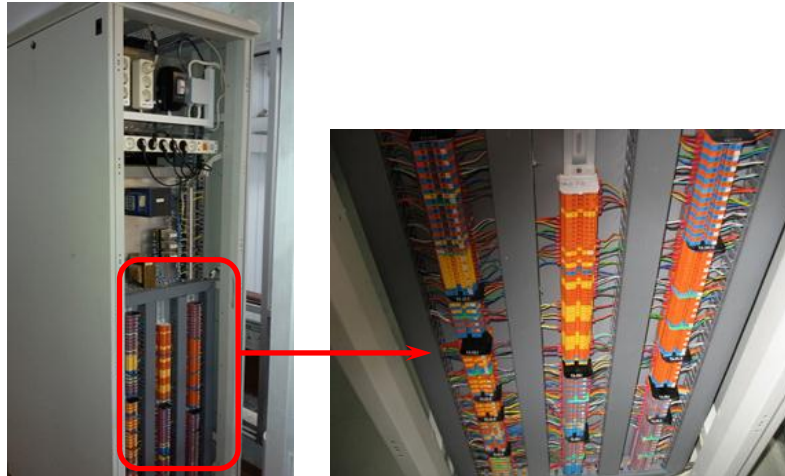
3.1. Perawatan Proaktif

Program perawatan *Preventive Maintenance* di instalasi reaktor nuklir Kartini Yogyakarta berjalan sesuai dengan program kerja yang dijalani. Program perawatan yang dijalankan bersifat dinamis sesuai dengan kondisi dan situasi yang dihadapi tim dalam operasinya. Tim perawatan proaktif (*Proactive Maintenance*) dibentuk untuk suatu kejadian gangguan operasional yang sulit diatasi atau terjadi secara berulang.

3.1.1 Gangguan Operasi

Terjadi gangguan operasi, yaitu tombol RESET sistem operasi reaktor tidak stabil, terkadang tidak berfungsi, dan beberapa saat bisa normal kembali tanpa dilakukan suatu tindakan apapun. Gangguan tombol RESET tersebut terjadi awalnya di tahun 2013 hingga 2018 dengan frekwensi kejadian yang rendah. Gangguan dengan sendirinya hilang (kembali normal) tanpa tindakan khusus. Perubahan gangguan terjadi di tahun 2018, bahwa gangguan tersebut akan hilang memerlukan tindakan fisik, yaitu kabel pada terminal di belakang rak instrumen (Gambar 4) perlu ditekan-tekan, dan kadang-kadang tindakan fisik lain nya (*socket* kabel di sub-rak) yang harus dilakukan agar proses reset tersebut dapat normal kembali. Pola penyambungan

(interkoneksi) antar sub-rak perangkat di dalam rak-instrumen dan perangkat lain di luar rak-instrumen menggunakan *socket* dan terminal kabel.



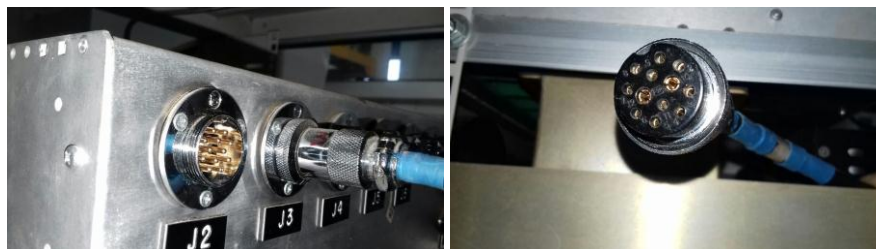
Gambar 4. Terminal kabel di belakang rak instrumen.

Dari survey lapangan ke Sistem Instrumentasi & Kendali (SIK) reaktor, penelusuran riwayat operasional (*Log-Book*), dan diskusi yang dilakukan oleh tim perawatan proaktif dengan personal yang terlibat dalam operasi reaktor, diperoleh data sebagai bahan masukan dalam menentukan tindakan perawatan yang harus dilakukan. Menggunakan bahan awal tersebut, kajian dilakukan untuk menentukan langkah-langkah operasional perbaikan.

3.1.2. Kajian

Berikut adalah temuan yang berpotensi besar menjadi penyebab gangguan pada tindakan reset tersebut.

- ❖ **Socket kabel.** Socket kabel yang digunakan adalah jenis industrial standard. Dalam kenyataan operasionalnya, beberapa kali menjadi penyebab kegagalan operasi, walaupun tidak selalu menjadi penyebab kegagalan. Kualitas konduktor dalam socket yang digunakan bukan logam dengan pelapisan emas. Untuk SIK reaktor nuklir, penggunaan socket dengan logam konduktornya berlapis emas adalah pilihan tepat sehingga socket tersebut harus diganti dengan jenis yang konduktornya berlapis emas. Socket tersebut telah beroperasi selama 10 tahun.



Gambar 5. Socket kabel penghubung modul di sub-rak..

- ❖ **Jenis Terminal Kabel.** Ada dua jenis terminal kabel yang digunakan pada SIK ini. Terminal Gambar 6.a ada di *console* dan terminal Gambar 6.b ada di rak-instrumen (lihat Gambar 1 untuk lokasi *console* dan rak-instrumen). Terlihat unjuk kerja yang menonjol dari dua jenis terminal tersebut dalam pengalaman selama operasinya sebagai berikut:

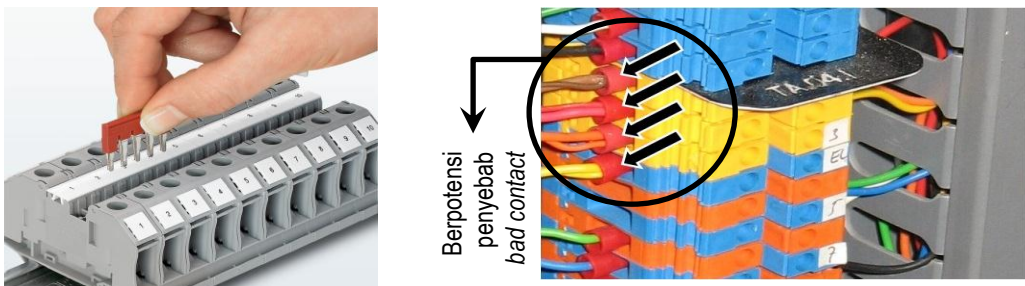


a. b.
Gambar 6 Dua jenis terminal kabel yang digunakan.

- **Gambar 6.a.** Terminal kabel yang ditunjukkan oleh Gambar 6.a tidak pernah menjadi sumber masalah dalam operasi. Selain itu, pengukuran sinyal pada terminal tersebut lebih mudah dilakukan karena kontak logam terminal terbuka.
- **Gambar 6.b.** Terminal kabel yang ditunjukkan oleh Gambar 6.b beberapa kali pernah menjadi sumber masalah dalam operasi. Selain itu, pengukuran sinyal pada terminal tersebut memerlukan penanganan khusus.

Kedua terminal tersebut sesuai dengan standar industri, namun demikian pengalaman di lapangan juga menjadi pertimbangan dalam pemilihan penggunaan komponen. Penggunaan terminal pada Gambar 6.a akan dipilih untuk menggantikan yang ada dengan pertimbangan dari pengalaman operasi tersebut. Selain itu luas permukaan kontak konduktor dan bentuknya yang datar akan mempunyai potensi memiliki jumlah titik-A (titik pada Gambar 2) yang banyak.

- ❖ **Koneksi Kabel ke Terminal.** Penggunaan terminal di rak-instrumen terlihat ada beberapa kabel yang menyalahi aturan spesifikasi dari terminal. Setiap lobang kabel oleh terminal kabel hanya disiapkan untuk satu kabel. Jika satu titik di terminal diperlukan lebih dari satu kabel, maka terminal telah menyiapkan beberapa cara, diantaranya dengan menancapkan jumper (hubung singkat) pada lobang jumper yang dipilih seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.a, maka titik terminal yang sejajar dengan jumper tersebut terhubung singkat semua sehingga dapat digunakan untuk lebih dari satu kabel yang memerlukan satu titik di terminal. Penempatan lebih dari satu kabel yang dipaksakan masuk ke dalam lubang kabel seperti pada Gambar 7.b dapat berpotensi mengurangi keandalan sistem koneksi terminal.



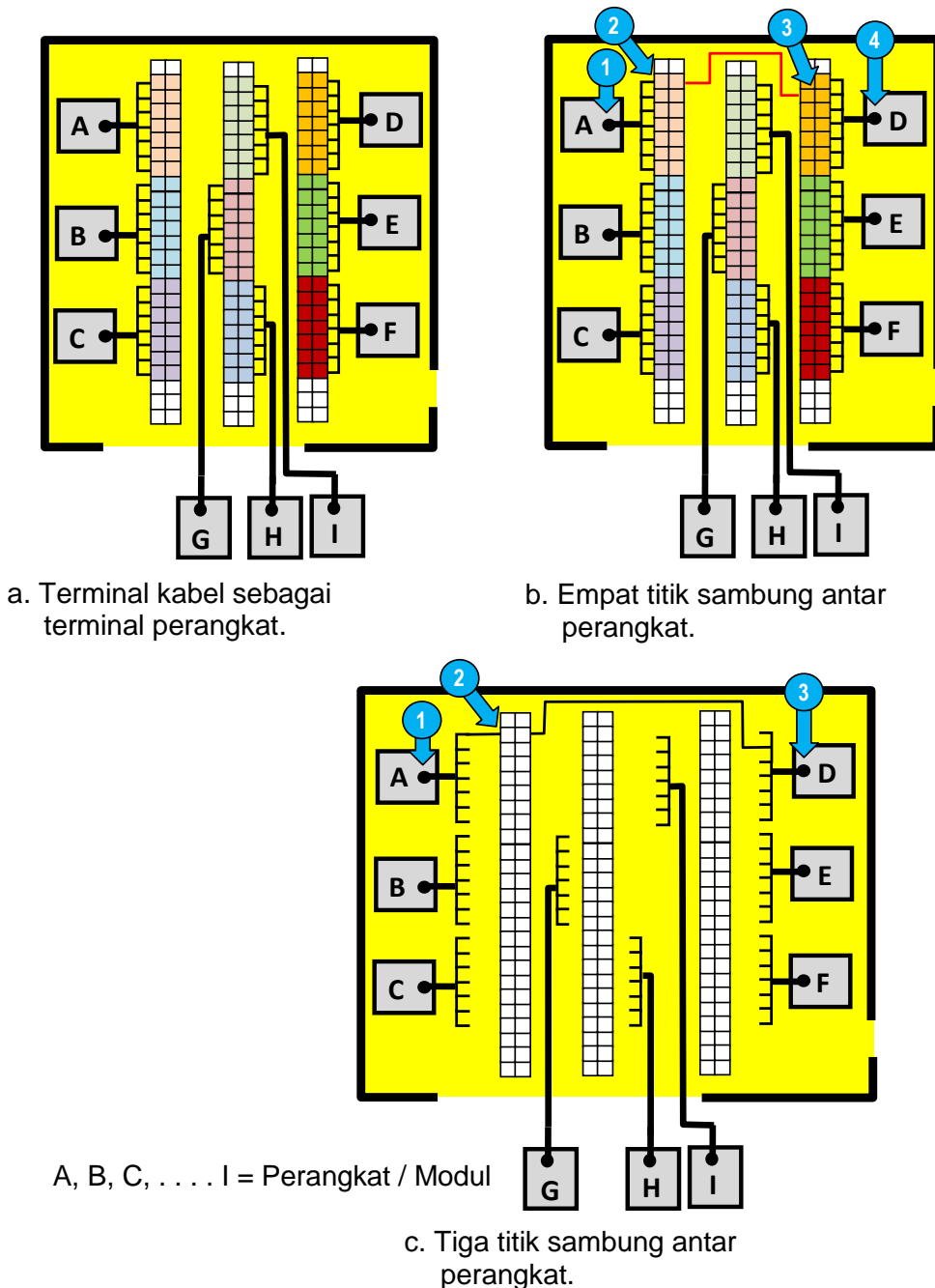
a. Terminal kabel dengan jumper nya b. Terminal kabel di rak-Instrumen SIK

Gambar 7. Instalasi di terminal kabel harus sesuai dengan spesifikasinya.

- ❖ **Data Penelusuran.** Karena munculnya gangguan secara random dengan frekwensi kejadian yang rendah, usaha yang dilakukan oleh tim perawatan rutin adalah melakukan pengujian terhadap komponen-komponen yang terkait dengan sistem reset. Hasilnya semua komponen dalam kondisi normal dapat bekerja

sebagaimana seharusnya. Pola penelusuran seperti yang dilakukan pada [16] tidak bisa dijalankan karena jenis gangguan yang muncul secara random. Dugaan awal ketika itu penyebab gangguan adalah sistem instalasi penyambungan. Dugaan ini diperkuat dengan gejala bahwa gangguan dapat diatasi dengan tindakan menekan terminal kabel dan cabut-pasang socket kabel secara random. *Bad-contact* menjadi penyebab gangguan dan berlokasi menyebar (random) pada instalasi penyambungan.

- ❖ **Pola Sambungan Antar Perangkat di Rak-Instrumen.** Pola sambungan antar perangkat di dalam rak ataupun dari luar rak menuju ke dalam rak, mengarah pada penggunaan terminal kabel sebagai terminal pengganti dari perangkat (Gambar 8.a), walaupun pola ini tidak selalu semua dilakukan di dalam rak.



Gambar 8. Pola sambungan antar perangkat di rak-instrumen.

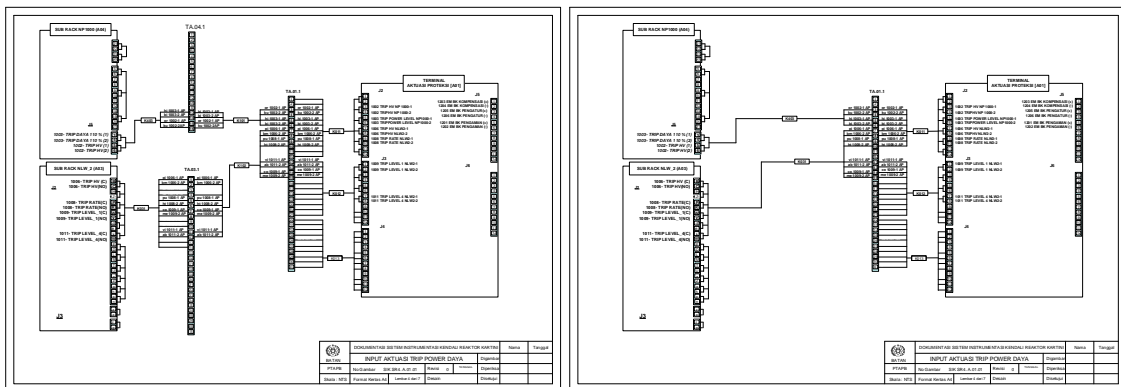
Sambungan dari perangkat ke terminal tersebut menggunakan berkas-kabel. Dengan pola ini akan memudahkan dalam proses instalasi dan juga pelacakan (*troubleshooting*), jika terjadi kerusakan. Namun demikian jumlah sambungan yang terbentuk antar perangkat paling sedikit memerlukan 4 sambungan (Sebagai contoh sambungan antara perangkat A dan D pada Gambar 8.b). Makin banyak jumlah sambungan, dalam instalasi listrik berakibat makin besar kemungkinan potensi terjadinya gangguan (akibat *bad-contact*). Oleh karena itu dalam instalasi (*wiring*) harus diusahakan menggunakan jumlah sambungan seminimum mungkin untuk mendapatkan keandalan instalasi yang baik.

Pola Sambungan antar Terminal di Rak-Instrumen tersebut perlu direvisi. Terminal kabel di rak-instrumen tidak lagi menjadi perwakilan terminal tiap modul perangkat, tetapi menjadi alat bantu penghubung antar modul perangkat dengan memperhatikan prinsip bahwa jumlah titik-sambungan kabelnya harus diusahakan seminimal mungkin dan tetap mempertahankan keberadaan *test-point*. Gambar 8.c adalah contoh perubahan titik-sambungan dari Gambar 8.b menggunakan prinsip tersebut. Dengan pola ini akan banyak mengurangi jumlah titik-sambungan secara menyeluruh pada Rak-Instrumen tersebut.

3.2. Pelaksanaan Perawatan

3.2.1. Rencana Tindakan

Penggantian komponen dapat langsung diadakan komponennya, yaitu konektor kabel dan terminal kabel. Untuk penggantian konektor kabel tidak ada perubahan skematik sehingga bisa dilaksanakan ketika komponen pengganti telah tersedia. Untuk penggantian terminal kabel perlu perencanaan skematik penggantian pola penyambungannya. Skematik ini harus dibuat terlebih dahulu secara menyeluruh baru dapat gunakan sebagai acuan penggantian terminal sekaligus pola sambungannya.



- a. Rangkain instalasi salah satu segmen-kabel di rak instrumen kondisi semula.
- b. Rangkain instalasi Gambar 9.a telah dirubah (direvisi) polanya dan tidak merubah fungsi.

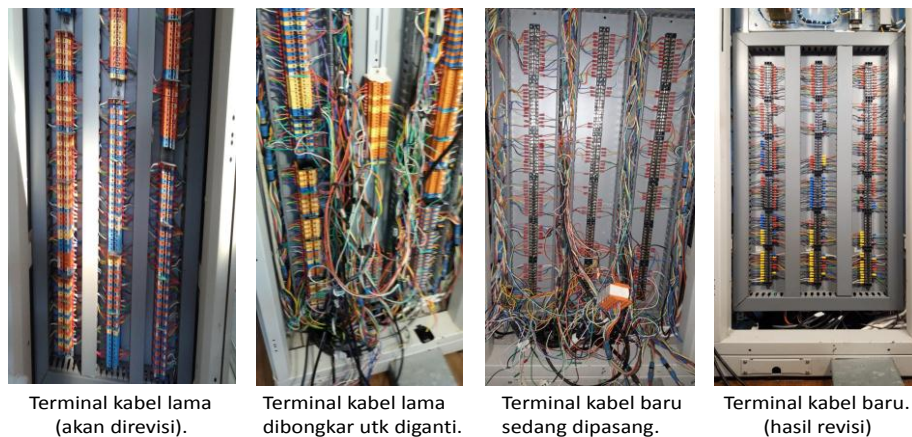
Gambar 9. Ilustrasi perubahan pola sambungan untuk proses revisi.

Gambar 9 memperlihatkan perubahan pola sambungan di Rak-Instrumen untuk satu segmen sambungan dengan prinsip mengurangi titik sambung dan tidak menghilangkan *test-point*. Terlihat bahwa titik-sambung menjadi lebih sedikit jumlahnya dan mengurangi jumlah terminal kabel yang digunakan. Secara keseluruhan ada 67 segmen instalasi di rak instrumen yang harus direview skematiknya, dan diedit dengan pola seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Hanya jika skematik pada segmen yang tidak mengikuti pola sambungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 yang akan di

edit. Hasil edit skematik tersebut digunakan oleh tim perawatan proaktif untuk merubah pola sambungan dan mengganti terminalnya pada rak instrumen.

3.2.2. Tindakan

Pelaksanaan penggantian konektor, terminal kabel dan pola sambungannya dilaksanakan secara bertahap, dan setiap tahap selesai diikuti dengan pengujian untuk memastikan bahwa tahap penggantian berhasil. Oleh karena itu, setiap akhir tahapan maka reaktor siap untuk dioperasikan, sehingga pelaksanaan penggantian tidak mengganggu jadwal kerja dari reaktor. Selain itu teknik ini dilakukan untuk mencegah kesulitan proses pelacakan (*troubleshooting*) ketika proses konstruksi instalasi berlangsung dan terjadi kegagalan dalam instalasi. Gambar 10 memperlihatkan jejak proses konstruksi kegiatan perubahan merubah pola sambungan dan penggantian terminal nya pada rak instrumen tersebut.



Gambar 10. Revisi terminal kabel rak instrumen berikut pola sambung kabelnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Dari perbaikan dengan penggantian yang telah dijelaskan, reaktor nuklir Kartini dapat beroperasi tanpa gangguan pada tindakan reset pada awal operasi yang merupakan urutan sesuai dengan standar operasional kejanya. Kegiatan penelitian dan pendidikan serta pelatihan berjalan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Pada tanggal 24-27 April 2017 dilaksanakan International Work-shop oleh International Atomic Energy Agency (IAEA) dan program berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Gambar 11 memperlihatkan suasana Work-shop dengan IAEA tersebut, dan suasana peserta *Nuclear Reactor School* yang diadakan tanggal 23 dan 24 Oktober 2019 memanfaatkan fasilitas pembelajaran yang ada pada reaktor Kartini.



Gambar 11. Program Reaktor Nuklir Kartini berjalan sesuai dengan jadwalnya^[17].

4.2. Pembahasan

Gangguan / kerusakan pada sistem reset yang beberapa saat kemudian kembali normal tanpa dilakukan tindakan apapun dan terjadi berulang dengan frekwensi kejadian yang rendah merupakan gangguan yang sulit untuk ditemukan penyebabnya (memerlukan waktu yang lama), serta merupakan gangguan yang jamak dalam sistem instrumentasi elektronik. Banyak kemungkinan penyebabnya diantaranya adalah kontak kelistrikan yang tidak baik, desain perangkat yang tidak baik, adanya interferensi dari luar, penurunan kualitas sambungan, dan kesalahan komponen (kwalitas) dari pabrikan^[5]. Dari gejala awal yang muncul dan tanpa tindakan apapun pulih kembali, serta yang akhirnya memerlukan tindakan ringan dengan menekan secara random pada terminal-kabel pada rak-insrumen, merupakan petunjuk bahwa penyebabnya adalah kualitas sambungan di terminal kabel, seperti yang telah dijelaskan pada Sub-bab Kajian. Pengalaman menunjukkan bahwa jenis terminal kabel lain yang digunakan dalam kurun waktu yang sama tidak pernah mengalami gangguan, oleh karena itu penggantian dilakukan. Selain itu untuk prediksi memperkecil kemungkinan terjadinya gangguan sejenis ke depan, maka desain instalasi penyambungan kabelnya direvisi (dirubah) tanpa merubah fungsi, tetapi menurunkan jumlah titik sambungannya untuk menurunkan kemungkinan gangguan.

5. KESIMPULAN

Gangguan pada sambungan konduktor pada sistem instrumentasi elektronik yang terjadi hanya sebentar (*intermittent*) dan berulang dengan frekwensi gangguan yang rendah, merupakan gangguan yang tidak mudah ditemukan lokasi penyebabnya hingga memperoleh data yang dapat mengarahkan pada posisi tersebut. Menafsirkan data sehingga mengarah pada lokasi SRRU (*Smallest Replacable Repairable Unit*) yaitu lokasi penyebab gangguan, memerlukan pengalaman kerja selain pengetahuan formal teknik kelistrikan dan elektronika. Hal ini terjadi terutama pada sistem instrumentasi yang melibatkan banyak sambungan kabel dalam sistemnya, karena sistem pendekatan *troubleshooting* formal ada kalanya tidak praktis untuk dijalankan. Perawatan proaktif sangat tepat diterapkan untuk mengatasi gangguan yang demikian.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih kepada staf Bidang BK3 Sub-Bidang Keteknikan – PSTA BATAN, atas bantuan teknis-nya selama kegiatan pelacakan dan pengukuran dalam proses analisis dan perbaikan ini berlangsung.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhaemi T, 26-27/2/2003, *Evaluasi Keselamatan Reaktor Kartini Ditinjau Dari Desain Sistem Instrumentasi*, Prosiding Presentasi Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir VIII, Jakarta.
- [2] Wicaksono AS, Syarip, 2018, *Analisis dan Uji Kinerja Operasi Reaktor Kartini Sebagai Sumber Neutron Fasilitas Eksperimen SAMOP*, Risalah Fisika Vol. 2, No. 1, pp 21-24.
- [3] Anonim, Desember 2010, *Dokumen SIK-SR4 Reaktor Kartini*, Revisi-1, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan – BATAN, Yogyakarta.
- [4] Tim Upgrading Reaktor Kartini, 2004, *Rancangan Konseptual Sistem*. PRPN-BATAN.

- [5] Wakil Syed Ahmad, Suresh Perinpanayagam, Ian Jennions, Samir Khan, *Study on Intermittent Faults and Electrical Continuity*, ScienceDirect Elsevier, Procedia CIRP 22 (2014) 71 – 75.
- [6] Ditroia G, Lai R, Woo K, dan Zahlman G, 2018, *Connector Theory and Application: A Guide to connection Design and Specification*, Revised 5th Edition, Burndy LLC.
- [7] McBride JW, September 2008., *Relationship between Surface Wear and Contact Resistance during the Fretting of in-vivo Electrical Contacts.*, IEEE Transaction Components and Packaging Technologies, Vol 31, No. 3, pp. 592-600.
- [8] Anonim, 2004, *Golden rules: Guidelines for the use of gold on connector contacts.*, Technical Report., AMP Incorporated., Tyco Electronics Corporation.
- [9] Anonim, *White Paper: Crimp vs. Solder vs. Compression: Pros & Cons.*, RF Industries, San Diego, CA, <http://www.rfindustries.com> , diunduh Januari 2020.
- [10] Kaiser V., August 2016, *The World of Connectors: Technologies and Trends.*, German Electrical and Electronic Manufacturers' Association., Frankfurt, Germany.
- [11] Uyemura, John P, 2002, *Introduction to VLSI Circuits and Systems*, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- [12] Anonim, November 2012, *Maintenance Program for Nuclear Power Plants*, Regulatory Document RD/GD-210, Canadian Nuclear Safety Commission, Catalogue number CC172-92/2012E-PDF.
- [13] Anonim, 2008, *Application of Realibility Centered Maintenace to Optomize Operation and Maintenance in Nuclear Power Plants*, IAEA-TECDOC-1590, Vienna.
- [14] Rakyta M, Fusko M, Hercko J, Zavodska L, dan Zrnica N., *Proactive Approach to Smart Maintenance and Logistics as a Auxiliary and Service Process in a Company.*, Journal of Applied Engineering Science 14(2016)4, 398, 433-442.
- [15] Anonim, *Proactive Maintenance Optimization*, Genesis Solution., Ridgefield, CT 06877. <https://www.genesisolutions.com/content/documents/resources/genesis/GenesisSolutions-Proactive-Maintenance-Optimization-PMO-Report.pdf> , diunduh Januari 2020.
- [16] Suntoro A, Ikhsan Shobari, Muhamad Subchan, Taxwim, dan Wagirin, Juni 2019, *Analisis Penyimpangan Nilai Kondisi Awal Flux Netron Hasil Baca Kanal Daya NLW2 Pada SIK Reaktor Nuklir Kartini*, PRIMA, Volume 16, Nomor 1.
- [17] BATAN-PSTA, *Berita*, <http://www.batan.go.id/index.php/id/home-psta/alamat-psta/5988-reaktor-kartini-tawarkan-matakuliah-fisika-inti-fisika-modern-dan-fisika-reaktor-ke-kalangan-perguruan-tinggi> , diunduh Januari 2020.

-oOo-