

POLA PENGUJIAN PERANGKAT SR4: KOMPONEN LOOP AKTUASI INSTRUMENTASI REAKTOR KARTINI

Achmad Suntoro

Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, BATAN
Komplek Perkantoran Puspiptek Gd.71 Lt.2

ABSTRAK

Telah dibuat paket-paket uji untuk perangkat SR4 setelah komponen perangkat tersebut difabrikasi dan atau diremajakan. SR4 adalah salah satu perangkat dalam instrumentasi reaktor Kartini. Pola pengujian yang dilaksanakan menggunakan pola instalasi dan konstruksi dalam instrumentasi reaktor nuklir yang dimodifikasi untuk proses pengujian. Pengujian dikelompokkan dalam tiga kelompok: instalasi pengkabelan, komponen sebelum dipasang, dan modul dalam subrack. Teknik elektronika dan kelistrikan menjadi dasar pemikiran penentuan jenis uji, karena perangkat SR4 didominasi oleh rangkaian elektronik. Pola pengujian ini telah dijalankan pada perangkat SR4 agar perangkat tersebut siap digunakan sesuai dengan spesifikasi disainnya.

Kata kunci: Uji perangkat SR4, Paket uji, Uji instrumentasi reaktor.

ABSTRACT

It has been set-up a set of evaluation tests for SR4 equipment after some components of the equipment have been fabricated and or renovated. SR4 is an equipment as part of the Kartini nuclear reaktor instrumentation. The evaluation test scheme implemented utilized the modification for testing of installation and construction of instrumentation in nuclear reactor. The evaluation test has been grouped into three categories: installation cable test, component level test before installation, and module in the sub-rack of equipment test. Electrical and electronic principles are to be used in considering of testing types because SR4 equipment is mainly electronic system. This evaluation test scheme has been implemented to the SR4 equipment so that the SR4 equipment is ready to be used as in its specifications.

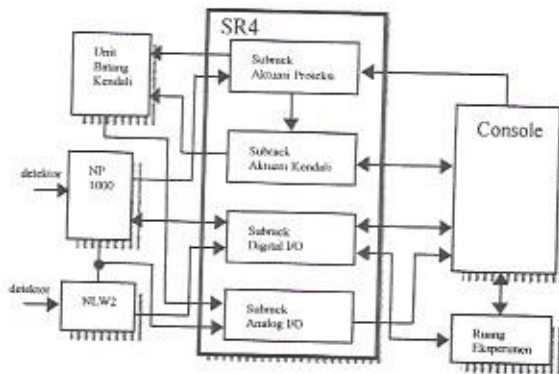
Keyword: Evaluation test of SR4 equipment, Testing, Reactor instrumentation test.

1. PENDAHULUAN

Secara garis besar, perangkat SR4 merupakan bagian instrumentasi reaktor nuklir Kartini yang berfungsi sebagai komponen aktuasi proteksi dan kendali serta sebagai komponen transmisi sinyal analog dan digital (isolasi dan buffer). Simplifikasi blok diagram posisi perangkat SR4 dalam instrumentasi reaktor Kartini diperlihatkan pada Gambar 1.

Dari hasil analisis yang dilakukan[1] dalam rangka peningkatan faktor keselamatan dan kelayakan sistem instrumentasi, maka beberapa komponen dalam instrumentasi reaktor nuklir Kartini

perlu direvisi dan diremajakan. Instrumentasi reaktor nuklir Kartini yang selama ini digunakan adalah produk dari tim upgrading Reaktor Kartini yang diselesaikan tahun 1993[2]. Perangkat SR4 adalah peremajaan dan revisi dari komponen-komponen dalam sistem instrumentasi reaktor tersebut. Revisi hanya dilakukan pada modul interlock pada sub-rack aktuasi kendali, sedangkan lainnya berupa peremajaan komponen dan instalasi.

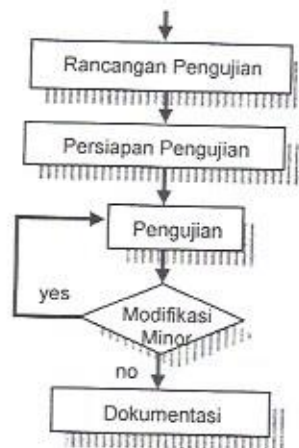


Gambar 1. Simplifikasi Blok Diagram

Makalah ini berisi pola pengujian perangkat SR4 tersebut setelah difabrikasi sebelum dipasang bersama dengan instrumentasi lainnya di reaktor Kartini.

2. POLA PENGUJIAN

Pola pengujian perangkat SR4 mengacu pada pola instalasi dan konstruksi instrumentasi reaktor nuklir yang tercantum pada A Guidebook Nuclear Power Plant Instrumentation and Control[3]. Pola instalasi dan konstruksi tersebut dimodifikasi untuk proses pengujian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola pengujian perangkat SR4.

- o Rancangan pengujian pada Gambar 2 diimplementasikan dalam dua dokumen, yaitu dokumen rancangan pengujian dan dokumen instruksi kerja pengujian. Dalam dokumen pertama berisi konseptual pemilihan metode

pengujian yang dikaitkan dengan peran perangkat SR4 di sistem instrumentasi reaktor Kartini secara menyeluruh. Dokumen kedua berisi petunjuk praktis pengujian yang bersifat operasional dan diturunkan dari dokumen pertama.

- o Persiapan pengujian yang dilakukan berupa pengelompokan komponen-komponen yang akan diuji, persiapan perlengkapan uji, dan koordinasi / seleksi penggunaan SDM dalam proses uji tersebut.
- o Proses pengujian dilakukan dalam tiga kelompok, yaitu kelompok komponen sebelum dipasang (*instal*), kelompok instalasi pengkabelan, dan kelompok modul dalam *sub-rack*.
- o Dalam proses pengujian sangat mungkin terjadi ketidaksesuaian dengan disain semula, atau terjadi kesalahan dalam disain, atau perubahan-perubahan yang harus dilakukan karena adanya tambahan informasi yang sebelumnya belum diikuti sertakan, maka modifikasi harus dilakukan.
- o Proses pengujian jika terjadi modifikasi harus dilakukan lagi.
- o Dokumentasi hasil pengujian mutlak diperlukan untuk menuju proses fabrikasi yang memiliki kualitas mampu telusur.

3. PENGUJIAN

Tiga jenis pengujian dibentuk untuk perangkat SR4, yaitu pengujian instalasi pengkabelan dalam *sub-rack* dan perangkat, pengujian komponen sebelum dipasang (*diinstal*), dan pengujian modul dalam *sub-rack*. Jenis pengujian dalam kelompok dapat dilihat pada Tabel 1.

Petunjuk operasional pengujian dibuat dalam bentuk tulisan paket pengujian dengan nomor kode paket pengujian.

Tabel 1. Kelompok dan jenis pengujian.

Kelompok pengujian.	No	Jenis pengujian
Pengujian instalasi pengkabelan.	1.	Instalasi Panel Distribusi listrik.
	2.	Instalasi pengkabelan dalam perangkat
	3.	Instalasi pengkabelan dalam <i>sub-rack</i> aktuasi proteksi
	4.	Instalasi pengkabelan dalam <i>sub-rack</i> aktuasi kendali
	5.	Instalasi pengkabelan dalam <i>sub-rack</i> analog I/O
	6.	Instalasi pengkabelan dalam <i>sub-rack</i> digital I/O
Pengujian level komponen.	1.	Komponen elektronik tiap modul
	2.	PCB rangkaian modul
Pengujian level modul dalam <i>sub-rack</i> .	1.	Modul-modul <i>power supply</i>
	2.	Modul <i>sub-rack</i> aktuasi proteksi
	3.	Modul <i>sub-rack</i> aktuasi kendali
	4.	Modul <i>sub-rack</i> digital I/O
	5.	Modul <i>sub-rack</i> analog I/O

3.1 PENGUJIAN KOMPONEN

Komponen yang digunakan dalam perangkat SR4 terdiri dari komponen pasif dan komponen aktif. Pengujian level komponen dilakukan sebelum komponen tersebut dipasang pada PCB untuk menjadi modul atau sebelum dipakai pada instalasi (*sub-rack*/perangkat).

SASARAN UJI KOMPONEN

1. Membuktikan bahwa nilai yang tertera pada label komponen adalah benar dan mempunyai kemungkinan perbedaan terhadap nilai terukur dibawah 10% untuk kapasitor dan dibawah 5% untuk resistor.
2. Untuk komponen lain yang tidak memiliki nilai numerik atau nilai numeriknya tidak sederhana, dilakukan untuk membuktikan bahwa komponen yang diuji berfungsi sesuai dengan fungsi komponen tersebut berdasarkan pengukuran atau pengujian yang dilakukan secara kualitatif / statis.

Telah didisain 13 paket pengujian untuk level komponen perangkat SR4, diperlihatkan pada Tabel 2. Gambar 3 adalah contoh paket pengujian level komponen untuk uji konektor, *socket* dan terminal (Uji-3).

UJI-3

(Konektor, *socket*, dan terminal)

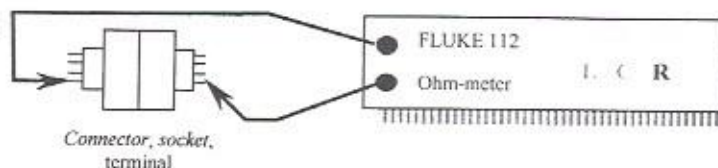
SASARAN UJI-3

Membuktikan bahwa tiap-tiap pin pada *connector*, *socket*, atau terminal adalah benar menjadi penghubung dengan nilai resistansi nol.

METODA UJI

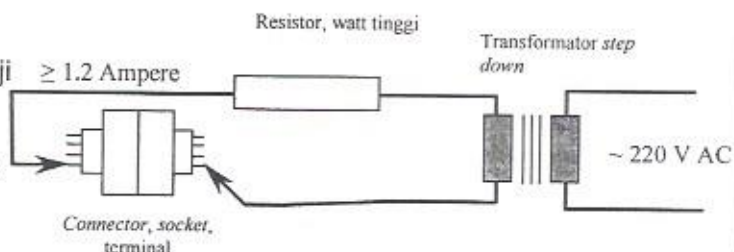
UJI DINGIN KONEKTOR:

Pada pin yang bersesuaian: Nilai pada meter menunjukkan angka nol.



UJI PANAS KONEKTOR:

Dengan cara *sampling*, salah satu pin konektor diuji ketahanannya terhadap arus listrik ≥ 1.2 Ampere. Pengujian dilakuan selama 2 jam, dan konektor yang diuji harus menunjukkan tidak ada gejala suhunya naik (panas).

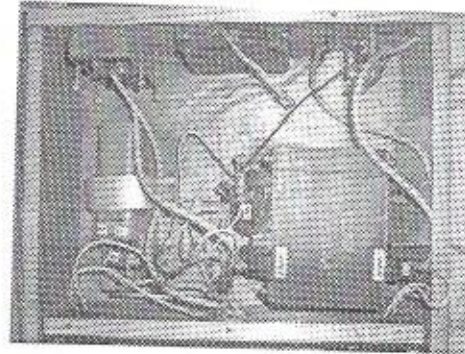


Gambar 3. Paket Uji-3: konektor, *socket* dan terminal.

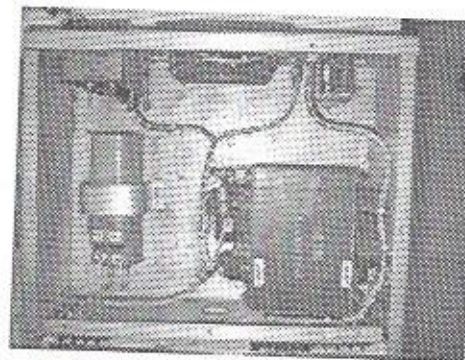
Tabel 2. Paket uji komponen

Uji-1	Pengujian resistor
Uji-2	Pengujian kapasitor
Uji-3	Pengujian konektor
Uji-4	Pengujian kabel
Uji-5	Pengujian buzzer
Uji-6	Pengujian saklar
Uji-7	Pengujian dioda dan LED
Uji-8	Pengujian dioda bridge
Uji-9	Pengujian PCB
Uji-11	Pengujian transistor
Uji-12	Pengujian transformator
Uji-13	Pengujian relay
Uji-14	Pengujian bersama

drawing yang selanjutnya uji panas selama 4 jam (menggunakan aliran listrik) terus menerus menggunakan instalasi barunya.



a. Instalasi lama CVT.



b. Instalasi baru CVT

Gambar 4. Peremajaan instalasi pengkabelan.

3.2 PENGUJIAN PENGKABELAN

Instalasi pengkabelan diuji menggunakan paket Uji-10 dan Uji-15. Uji-10 untuk instalasi pengkabelan sinyal dan Uji-15 untuk instalasi daya (kelistrikan). Pengujian instalasi sinyal dilakukan *pin-to-pin* pada rangkaian bersangkutan menggunakan ohm-meter, sedangkan instalasi daya digunakan metoda *red-marking-drawing* yaitu menggambarkan kembali jalur pengkabelan yang telah dicek menggunakan tinta merah. Dengan pengujian ini sekaligus membuktikan rangkaian instalasi daya telah benar sesuai dengan disain dan siap digunakan. Instalasi daya diuji selama 4 jam terus menerus dalam uji panasnya.

Seperti telah dijelaskan pada bab pendahuluan di atas bahwa program kerja perangkat SR4 didominasi besifat pekerjaan peremajaan, yaitu mengganti komponen-komponen yang dianggap sudah waktunya diganti serta menjaga kelayakan instalasi pengkabelan. Setiap peremajaan instalasi harus melalui uji instalasi sebelum digunakan sesungguhnya.

Gambar 4 adalah contoh peremajaan instalasi pada perangkat CVT (*Constant Voltage Transformer*) yang berkaitan dengan Panel Distribusi perangkat SR4. Pengujian instalasi baru menggunakan *red-marking-*

3.3 PENGUJIAN MODUL

Teknik pengujian modul mengikuti pola pengukuran *test-point* dan atau *pin-pin* yang tersedia pada masing-masing modul tersebut. Tiap modul akan memiliki pola pengukuran yang tertentu sesuai dengan rangkaian elektronik yang ada pada modul tersebut

SASARAN UJI MODUL:

1. Membuktikan bahwa spesifikasi modul sesuai dengan disain perangkat SR4.
2. Membuktikan bahwa modul dapat bekerja bersama-sama dengan modul lain yang terkait dalam *system backplane* yang direncanakan dalam *sub-rack*.

Modul-modul perangkat SR4 terpasang pada *sub-rack* nya masing-masing. Modul-modul tersebut dari sudut pandang pengujian perangkat SR4 digolongkan menjadi 6 paket pengujian seperti pada Tabel 3.

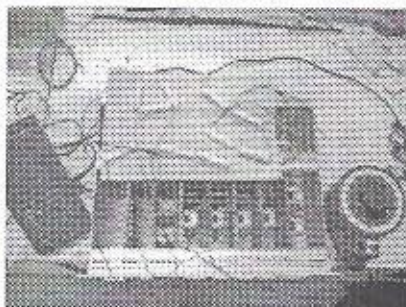
Tabel 3. Paket Uji modul SR4.

Uji-A	Modul power supply
Uji-B	Modul interlock kendali
Uji-C	Modul trip relay
Uji-D	Modul Scram relay
Uji-E	Modul digital I/O
Uji-F	Modul analog I/O

A. Modul Power Supply

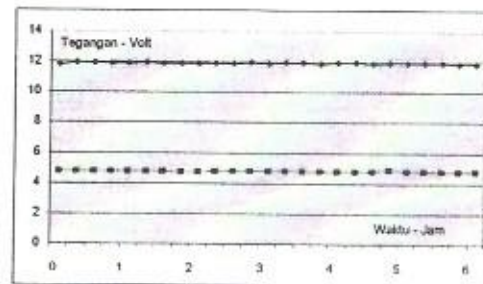
Pengujian jenis modul ini ditujukan untuk melihat:

- o Faktor regulasi akibat beban dan perubahan tegangan inputnya. Nilai yang diterima adalah $\leq 10\%$.
- o Faktor ripple akibat beban dan perubahan tegangan inputnya. Nilai yang diterima adalah $\leq 1\%$.
- o Nilai kedua faktor di atas harus tetap berlaku untuk waktu uji 6 jam.
- o Aktifitas warning dari modul *power supply*, karena setiap modul *power supply* dilengkapi dengan *warning* jika tegangan yang dihasilkan berada diluar daerah (*window*) yang ditetapkan.



Gambar 5. Uji modul power supply.

Sliding transformer digunakan untuk memberi tegangan input modul *power supply* yang di uji dan sekaligus digunakan untuk menguji regulasi modul terhadap perubahan tegangan input. Gambar 5 memperlihatkan pengujian modul *power supply* menggunakan *sliding transformer* dan beban (*dummy load*) untuk masing-masing modul *power supply* yang diuji, dan Gambar 6 adalah contoh hasil uji untuk beban tetap selama 6 jam untuk dua modul bertegangan 12 Volt dan 5 Volt. Diperoleh data untuk faktor regulasi $< 10\%$ dan faktor ripple $< 1\%$.

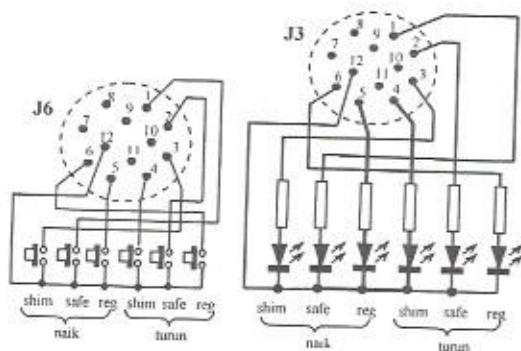


Gambar 6. Hasil pengujian power supply dua modul: 12 V dan 5 V.

B. Modul Interlock Kendali

Pengujian modul *interlock* kendali meliputi pengujian:

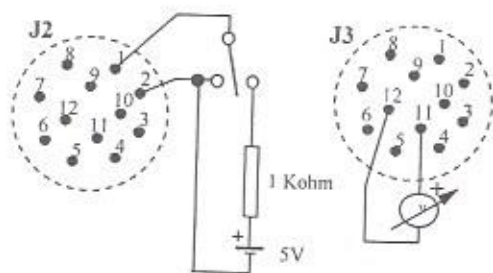
- o Tabel kebenaran *switching interlock*. Aktifitas relay penggerak motor batang kendali harus sesuai dengan tabel kebenaran mengikuti disain sistem *interlock*.
- o Output aktuasi modul berupa sinyal digital sesuai dengan inputan pada modul.
- o Arus listrik aktifasi relay harus berada didaerah aman sesuai dengan disain.
- o Sistem warning harus aktif bekerja jika perintah aktifasi relay tidak sesuai dengan kondisi relay yang dihasilkan.



Gambar 7. Uji Tabel Kebenaran.

Tabel Kebenaran *switching interlock* diuji dari konektor *sub-rack* aktuasi kendali seperti pada Gambar 7 di atas.

C, D & E. Modul Proteksi & Digital I/O
Pengujian modul C, D & E dilakukan dengan memberi sinyal input langsung ke konektor input dan mengukur pada konektor output yang berkaitan.

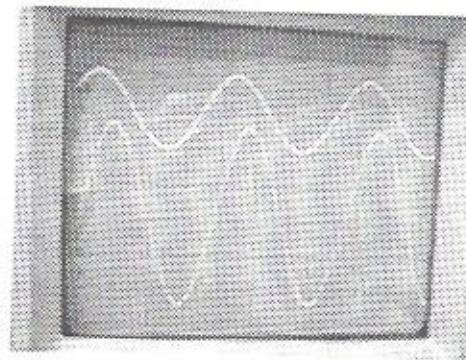


Gambar 8. Pengujian jenis C, D & E.

Gambar 8 adalah bentuk operasional pengujian modul jenis uji C, D & E disesuaikan dengan skematik tiap modul. Pengujian ini hakekatnya untuk melihat aktifitas relay dan gerbang digital di dalam modul sebagai akibat pemberian sinyal input tersebut.

F. Modul Analog I/O

Pengujian modul analog I/O dilakukan serupa pada modul E tetapi menggunakan sinyal analog. Frekwensi sinyal input diubah-ubah untuk menentukan bandwidth dan juga nilai tegangan diubah-ubah untuk melihat linieritas nya.



Gambar 9. Input-output uji analog I/O.

Gambar 9 memperlihatkan *display* uji modul analog I/O untuk hubungan input dan output dalam menguji response modul yang terjadi menggunakan *oscilloscope*.

4. PEMBAHASAN

Pengujian bertingkat dilakukan pada pola pengujian perangkat SR4, yaitu dari level komponen sebelum terpasang hingga menjadi modul terpasang pada *sub-rack* nya. Percobaan menggunakan *proto-board* juga dilakukan sebelum rangkaian elektronik tiap modul difabrikasi. Pola bertingkat ini dilaksanakan untuk meyakinkan bahwa semua rangkaian elektronik yang telah terpasang dalam modul akan bekerja sesuai dengan spesifikasi disain nya.

Beberapa komponen, terutama komponen aktif seperti *Integrated Circuit*, tidak dilakukan uji langsung perkomponen sebelum dipasang, tetapi akan tercakup ujinya ketika dilakukan uji modul dalam *sub-rack* nya, karena komponen *Integrated Circuit* tersebut terikat oleh fungsi kerja dari modul bersangkutan. Paket uji lengkap dari perangkat SR4 dapat dilihat pada dokumen Instruksi Kerja Pengujian Perangkat SR4^[5].

4.1. UJI PENGKABELAN

Pola pengujian Gambar 2 dilalui secara lengkap pada bagian-bagian tertentu instalasi pengkabelan. Hal ini terjadi karena perubahan disain tata letak komponen dan komposisi jenis sinyal

output mengharuskan dilakukan modifikasi instalasi. Pengujian ulang dilakukan sesuai dengan alur pola pengujian tersebut. Pola pengujian Gambar 2 tersebut sangat tepat dan sesuai dengan proses fabrikasi suatu perangkat yang dibuat untuk pertama kalinya atau proses pengembangan, dan modifikasi minor mungkin terjadi.

4.2. UJI KOMPONEN

Uji komponen sebelum komponen dipasang merupakan langkah dalam rangka meminimisasi kesalahan dan mengurangi beban pelacakan (*troubleshooting*) jika dalam pengujian level modul terjadi ketidaksesuaian dengan spesifikasi disain. Uji komponen yang dilakukan pada perangkat SR4 ini telah menjangkit 11 buah kapasitor elektrolit yang rata-rata nilai terukur mempunyai perbedaan dengan label yang tercantum > 21% dengan nilai selalu lebih rendah.



Gambar 10. Komponen ditolak oleh uji

Temuan lain dalam pengujian yang sangat jarang terjadi, namun hal itu terjadi yaitu konektor yang hubung singkat. Dilihat secara visual (lihat Gambar 10) sangat kecil sekali kemungkinan terjadi hubung singkat antar pin dalam konektor baru yang kokoh tersebut. Namun demikian dalam uji komponen yang dilakukan telah menemukan satu konektor yang hubung singkat. Gambar 10 adalah komponen-komponen yang di *reject* karena tidak memenuhi batasan uji yang diperbolehkan.

4.3. UJI MODUL

Modifikasi dan perbaikan telah terjadi pada beberapa modul akibat pengujian untuk pertama kalinya. Hal ini terjadi karena terjadi kesalahan dalam pemasangan komponen, kesalahan gambar skematik, dan adanya perubahan kecil dalam disain. Selain itu, sinkronisasi kerja antara pengujian dan disain *layout* komponen dalam modul perlu mendapat perhatian ketika proses disain *layout* modul dibuat. Hal ini ditekankan untuk mempermudah proses pengujian dengan menyiapkan titik-titik uji terutama pengujian arus listrik pada suatu komponen. Karena pengukuran arus mengharuskan pemutusan jalur listrik.

5. KESIMPULAN

Pengujian dalam proses pembuatan suatu perangkat sangat mutlak harus dilakukan. Pengujian dapat berfungsi sebagai alat evaluasi atas implementasi dari disain yang dibuat, dan dapat juga sebagai bukti status fungsi kerja perangkat tersebut. Oleh karena itu, paket-paket uji yang harus dijalani oleh perangkat harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat mewakili status fungsi kerja perangkat bagi pengguna perangkat, dan status parameter teknis bagi disainer atau pengembang perangkat lebih lanjut. Tulisan ini juga dimaksud sebagai alat penyebaran informasi dalam rangka proses pelaksanaan program jaminan kualitas pada perangkat SR4.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih kepada saudara Syahrudin Yusuf, M Subchan, Ikhsan S, D F Atmoko, Fitri S, dan Nurkhasan dari staf Bidang Instrumen Reaktor dan Industri, PRPN-BATAN, karena bekerja sama dengan mereka tulisan ini terbentuk.

7. REFERENSI

- [1]. Suntoro A., Analisis Rangkaian Logik *Interlock* Kendali Daya Manual Reaktor Kartini., Laporan Kegiatan Bulanan, Revisi 1, Juni 2007.
- [2]. Tim "upgrading" Reaktor Kartini., Buku Petunjuk Operasi dan Perawatan Sistem Instrumentasi & Kendali Reaktor Kartini., Badan Tenaga Atom Nasional., Yogyakarta, 1993.
- [3]. IAEA, Nuclear Power Plant Instrumentation and Control – A Guidebook., Technical Reports Series No. 239., International Atomic Energy Agency, Vienna, 1984.
- [4]. Suntoro A., Instruksi Kerja Pengujian Perangkat SR4., Nomor Doc.: RP-SR4.6.1.0.00.00. Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir – BATAN., 2008.