

**EVALUASI GANGGUAN SCRAM  
PADA PENGOPERASIAN REAKTOR SERBA GUNA GA SIWABESSY  
KURUN WAKTU 2009 - 2014**

Sriawan

**ABSTRAK**

**EVALUASI GANGGUAN SCRAM PADA PENGOPERASIAN REAKTOR SERBA GUNA GA SIWABESSY KURUN WAKTU 2009 – 2014.** Gangguan *scram* yang terjadi pada pengoperasian reaktor nuklir akan mengganggu kelancaran operasi reaktor. Ketika reaktor sedang dimanfaatkan untuk mengiradiasi sampel atau untuk melaksanakan penelitian dan tiba-tiba reaktor *scram*, proses iradiasi dan proses penelitian akan terganggu yang selanjutnya akan mempengaruhi hasil. Makalah ini mengevaluasi gangguan *scram* yang terjadi pada pengoperasian reaktor serba guna GA SIwabessy (RSG-GAS) pada kurun waktu 2009 – 2014. Evaluasi dilakukan dengan mengumpulkan dan mengidentifikasi data gangguan *scram* kemudian menginvestigasi dan mengevaluasi penyebabnya. Dari hasil evaluasi diketahui bahwa telah terjadi gangguan *scram* sebanyak delapan puluh delapan kali terdiri dari 34 kasus terputusnya pasokan listrik PT PLN, 9 kasus penanganan yang salah oleh operator, dan 45 kasus yang lain terkait dengan kegagalan komponen sistem proteksi reaktor. Dapat disimpulkan bahwa kerusakan dengan frekuensi paling banyak berasal dari kegagalan komponen sistem proteksi reaktor. Diperlukan pengkajian lanjut berkaitan dengan keandalan SPR agar pengoperasian reaktor dapat dilaksanakan dengan lancar dengan jumlah gangguan minimal bahkan pengoperasian tanpa gangguan.

Kata kunci : gangguan *scram*, pasokan listrik PLN, kegagalan komponen

**ABSTRACT**

**EVALUATION ON SCRAM DISTURBANCES AT THE GA SIWABESSY MULTI PURPOSE REACTOR OPERATION.** *Scram occurred during reactor operation will disturb the operation of the reactor. In the course of sample irradiation or research processes an advertently scram will develop instability and shortcoming causing poor result of irradiated sample. This paper is aim to evaluate scram disturbances during the GA Siwabessy reactor operation for a time frame of year 2009 – 2014. The evaluation is carried out by compiling data disturbances followed by investigating and evaluating their causes. From the evaluation result it is known that reactor scram occurred within above period are 88 times including scram due PLN electrical power supply failed of 34 times, scram due component failure of 45 times and scram due human error of 9 times. Then it can be concluded that components failure considered as main disturbances. Assessment components reliability is a must. While disturbances of PLN electrical power supply and disturbance of human error should be avoid by continuously improving human knowledge and experience*

*Key word: scram disturbances, PLN electrical power supply, component failure*

## PENDAHULUAN

Keselamatan merupakan prinsip utama dalam mengoperasikan reaktor. Reaktor Serba Guna GA Siwabessy (RSG-GAS) sebagai fasilitas penyedia neutron telah berhasil dimanfaatkan untuk berbagai tujuan tanpa mengalami gangguan teknis yang berarti yang berdampak pada lepasnya zat radioaktif ke lingkungan. Para pekerja, fasilitas dan lingkungan dapat dijaga keselamatannya. Keberhasilan pengoperasian reaktor RSG-GAS dapat terwujud didukung oleh berbagai sistem meliputi sistem pendingin, sistem purifikasi, sistem ventilasi, sistem proteksi radiasi dan sistem proteksi reaktor (SPR). Sistem proteksi reaktor berfungsi untuk mematikan reaktor ketika harga parameter keselamatan terlampaui, sebagai contoh adalah level ketinggian air kolam atau suhu pendingin reaktor,

Makalah ini mengevaluasi gangguan scram yang terjadi pada pengoperasian reaktor RSG-GAS pada kurun waktu 2009 – 2014. Lingkup yang dievaluasi adalah penyebab gangguan scram, mengelompokkan penyebab gangguan berdasar kegagalan komponen, kegagalan suplai daya listrik dari PLN maupun gangguan scram dari kesalahan operator.

Hasil evaluasi gangguan scram dapat dijadikan sebagai acuan atau data base dalam menyikapi pengoperasian reaktor. Kecenderungan unjuk kerja komponen dapat diprediksi sejak dini sehingga bisa diantisipasi tindakan preventif untuk mencegahnya. Demikian juga gangguan karena faktor manusia dapat diamati model penyebabnya apakah dikarenakan *interface man-machine* yang kurang pas atau kemampuan operator yang membutuhkan pelatihan lanjut.

Diharapkan dari hasil pembahasan dapat ditemukan tindak lanjut yang perlu dilaksanakan sehingga pengoperasian reaktor dapat berjalan dengan lancar dengan gangguan scram yang minimal atau bahkan tanpa scram.

## DASAR TEORI

Pengoperasian reaktor nuklir dapat berlangsung apabila seluruh persyaratan operasi baik persyaratan administrasi maupun persyaratan teknis sudah terpenuhi. Namun demikian kelancaran operasi reaktor sangat tergantung dengan kinerja sistem operasi maupun sistem keselamatan. Sistem operasi maupun sistem keselamatan sangat dipengaruhi oleh keandalan komponen-komponen dan kinerja operator reaktor. Selain itu yang paling besar kemungkinan gangguan yang terjadi pada pengoperasian reaktor adalah suplai listrik dari PLN, karena reaktor RSG-GAS masih mengandalkan suplai listrik dari PLN untuk kelangsungan operasinya walaupun pada sistem yang terkait dengan keselamatan telah dilengkapi dengan suplai daya listrik tak putus (UPS). Gangguan-gangguan operasi reaktor harus dapat diatasi apabila ketiga kemungkinan gangguan yaitu: gangguan dari komponen sistem proteksi reaktor, gangguan karena kesalahan penanganan operator, dan gangguan terputusnya suplai listrik dari PLN terjadi. Agar gangguan-gangguan tersebut dapat diatasi, maka pada sistem keselamatan reaktor dilengkapi dengan sistem proteksi reaktor (SPR). Sistem proteksi reaktor akan mengantisipasi gangguan-gangguan tersebut secara cepat yaitu kurang dari 400 milli second agar reaksi fisi dihentikan dengan cara menjatuhkan batang kendali secara otomatis. Proses terjadinya reaktor *scram* baik secara manual maupun secara otomatis dipicu dari sistem proteksi reaktor (SPR).

Sistem reaktor terdiri dari sistem operasi dan sistem keselamatan. Sistem operasi adalah sistem proses pendukung operasi reaktor. Sistem keselamatan adalah sistem yang berfungsi menjamin tercapainya kondisi keselamatan. Sistem keselamatan berstatus selalu sedia setiap waktu untuk mengambil tindakan pengamanan bila terjadi gangguan dan atau kegagalan operasi reaktor. Sistem keselamatan bertugas untuk

mematikan reaksi fisi di reaktor dan mencegah berkembangnya risiko kecelakaan.

SPR menerima sinyal dari sistem pengukuran dan bertugas mengawasi parameter pengukuran tersebut kemudian mengambil tindakan secara otomatis dengan memadamkan reaktor dan atau mengaktifkan sistem keselamatan lain, bila parameter tersebut melewati batas keselamatan yang diizinkan.

SPR berbasis pada prinsip redundansi dan diversifikasi yang ditempatkan di dalam Gedung reaktor pada 3 ruangan yang berbeda, konsep redundansi yang diimplementasikan terdiri dari konsep 2 dari 3 dan 1 dari 2. Tindakan pengamanan berlaku apabila minimal dua dari tiga redundan (2v3) atau satu dari dua redundan (1v2) melampaui batas seting yang diizinkan, maka reaktor akan dimatikan secara otomatis. Redundansi 1 dipasang di dalam kabinet dan Ruang yang berbeda dengan redundansi 2, dan redundansi 3.

Catu daya listrik SPR dipasok oleh 3 sistem catu daya tak terputus, yang memiliki tegangan suplai  $\pm 24$  Volt. Sistem pasokan catu daya SPR diamankan oleh sistem redundansi 2-dari-3 jalur distribusi, dengan jaringan terpisah.

Desain SPR RSG-GAS ditunjukkan pada gambar di Lampiran 1 yang terdiri dari :<sup>2)</sup>

1. Sistem kanal pengukuran analog terdiri dari transmitter dan transducer berbasis pada konsep redundansi 2 dari 3, artinya 2 kanal pengukuran harus mampu berfungsi memenuhi kinerjanya dari 3 kanal pengukuran yang tersedia.
2. Bagian analog yang terdiri dari rangkaian pengolah data analog, berbasis konsep redundansi 2 dari 3. Pada bagian ini sinyal diolah dengan tahapan sebagai berikut:
  - a. Pengubahan sinyal masukan menjadi sinyal keluaran dengan standar tegangan 0 – 10 volt.

- b. Pengiriman sinyal melalui rangkaian umpan balik ke berbagai indikator baik ke ruang kendali utama (RKU) atau ke ruang kendali darurat (RKD).
- c. Penghitungan beberapa parameter yang relevan untuk keselamatan.

3. Bagian logika yang berisi rangkaian pengolah sinyal analog ke digital/ biner berbasis konsep redundansi 2 dari 3. Sinyal dari bagian analog diproses menjadi biner bila melampaui harga batas keselamatan. Kemudian informasi tersebut digunakan untuk tindakan protektif melalui sistem 6 kontak.

Tindakan protektif yang diberikan oleh sistem proteksi reaktor RSG-GAS adalah:<sup>2)</sup>

1. Reaktor *start-up interlocking*; yakni untuk mencegah agar reaktor tidak dapat dioperasikan apabila:
  - a. Katup sirkulasi alam belum tertutup.
  - b. Fluks neutron minimum pada jangkauan start-up tidak terlampaui.
  - c. Pulse rate pada jangkauan start-up terlalu tinggi dan bila fluks neutron minimum tidak dilampaui pada jangkauan menengah.
2. Reaktor *trip* atau *scram*, yakni memberikan perintah secara otomatis mematikan reaktor, apabila :
  - a. Rapat fluks pada jangkauan *start-up* terlalu tinggi. (1v2).
  - b. Rapat fluks pada jangkauan menengah terlalu tinggi (1v2).
  - c. Periode reaktor pada jangkauan menengah terlalu kecil (1v2).
  - d. Rapat fluks neutron terkoreksi  $N^{16}$  pada jangkauan daya terlalu tinggi (2v3).

- e. Bila transien positif pada rapat fluks neutron terkoreksi N-16 terlalu tinggi (positif *floating limit value* terlalu tinggi) (2v3).
- f. Transien negatif pada rapat fluks neutron terkoreksi N-16 terlalu tinggi (negatif *floating limit value* terlalu tinggi) (2v3).
- g. Sinyal pengukuran beban tak berimbang terlalu tinggi ( 2v3 ).
- h. Laju Dosis- $\gamma$  sistem pendingin primer terlalu tinggi (2v3).
- i. Harga batas laju aliran massa di dalam sistem pendingin primer terlalu rendah (2v3).
- j. Suhu pada keluaran sistem penukar panas terlalu tinggi (2v3).
- k. Ketinggian permukaan air di kolam reaktor terlalu rendah (2v3).
- l. Pembukaan katup isolasi sistem pendingin primer terlalu sempit (2v3).
- m. Pelepasan aktivitas radiasi sistem ventilasi kolam reaktor terlalu tinggi (2v3).

Sinyal *Scram* dikirim ke Sistem 6 kontak, seperti diperlihatkan pada gambar di Lampiran 2.

### 3. Ragam Keselamatan Teknis

- a. Isolasi gedung reaktor secara otomatis terjadi, apabila dua dari tiga redundansi kanal pengukuran aktivitas radiasi pada sistem ventilasi kolam reaktor melampaui harga batas maksimum yang diizinkan.
- b. Isolasi sistem pendingin primer dan sistem bantu kolam reaktor secara otomatis terjadi, apabila dua dari tiga redundansi kanal pengukuran ketinggian air kolam reaktor melampaui harga batas minimum yang diizinkan.
- c. *Start-up* (pengoperasian) disel darurat secara otomatis terjad, apabila redundansi kanal pengukuran tegangan

listrik PLN turun melampaui harga batas minimum yang diizinkan.

Prinsip SPR RSG-GAS seperti diperlihatkan pada gambar di Lampiran 3.

Mekanisme pengaktifan *trip* reaktor secara rinci oleh SPR dengan sistem redundansi dua dari tiga adalah sebagai berikut:

Batang kendali reaktor terdiri dari unit penggerak, batang pemegang (*holder*), dan garpu penyerap. Ketiga komponen tersebut dirangkai membentuk sistem kendali dan garpu penyerap bisa digerakkan naik turun di teras reaktor pada lubang yang disediakan pada elemen kendali melalui sistem instrumentasi elektronis dari RKU. Dengan mengatur naik-turun posisi batang kendali, reaktor dapat dioperasikan, dipadamkan dan diatur besar dayanya sesuai yang dikehendaki. Disamping sebagai pengatur batang kendali berfungsi pula sebagai batang pengaman, yaitu dengan menempatkan garpu penyerap pada posisi masuk secara penuh ke dalam teras reaktor yang bisa dilakukan secara perlahan maupun secara cepat, baik dilakukan secara manual maupun secara otomatis. Garpu penyerap yang tersambung dengan batang pemegang dirangkai dengan unit penggerak dengan sambungan pada sebuah magnet pemegang (*holding magnite*). Pasokan listrik dari magnet pemegang ini berasal dari Sistem 6 kontak (Gambar 2) yang dapat terputus pasokan listriknya bila minimal 2 parameter SPR melampaui nilai batas keselamatan. Karena batang kendali dipasang vertikal terhadap teras reaktor, maka setelah aliran listrik ke magnet buatan terputus, garpu penyerap akan terlepas dan jatuh bebas ke dasar teras reaktor secara gravitasi.

Apabila hanya 1 parameter SPR yang memberikan picu kepada sistem 6 kontak, maka tidak akan terjadi *scram* terhadap operasi reaktor, karena *holding magnite* tetap teraliri listrik dari jalur yang tersedia. Kegagalan salah satu jalur hanya akan memberikan informasi kepada

operator di ruang kendali dan perlunya tindakan perbaikan. Jika satu dari tiga redundan mengalami kerusakan/perbaikan maka kanal yang mengalami kerusakan ini harus diposisikan dalam kondisi *trip*, sehingga diharapkan keselamatan reaktor selalu terjamin.

### TATA KERJA

Evaluasi penyebab gangguan scram gangguan dilaksanakan dengan mengumpulkan dan mengidentifikasi data gangguan *scram* kemudian menginvestigasi dan mengevaluasi penyebabnya. Apakah berasal dari dalam instalasi seperti adanya kegagalan komponen/sistem, atau berasal dari luar instalasi, seperti *trip* catu daya listrik PLN, gempa bumi dan lain sebagainya, ataupun gangguan yang

disebabkan oleh faktor kesalahan manusia (operator).

Pengumpulan data dilaksanakan dimulai dari siklus operasi no.67 – siklus operasi 85 yang berlangsung sejak 2009 – 2014. Data diperoleh dari buku induk operasi, lembar pencatatan operasi reaktor dan lembar laporan gangguan . Setelah diperoleh data gangguan kemudian dilakukan evaluasi dan pembahasan guna menyimpulkan apakah unjuk kerja SPR dalam kurun waktu 5 tahun terakhir masih mampu bekerja memenuhi fungsinya atau tidak.

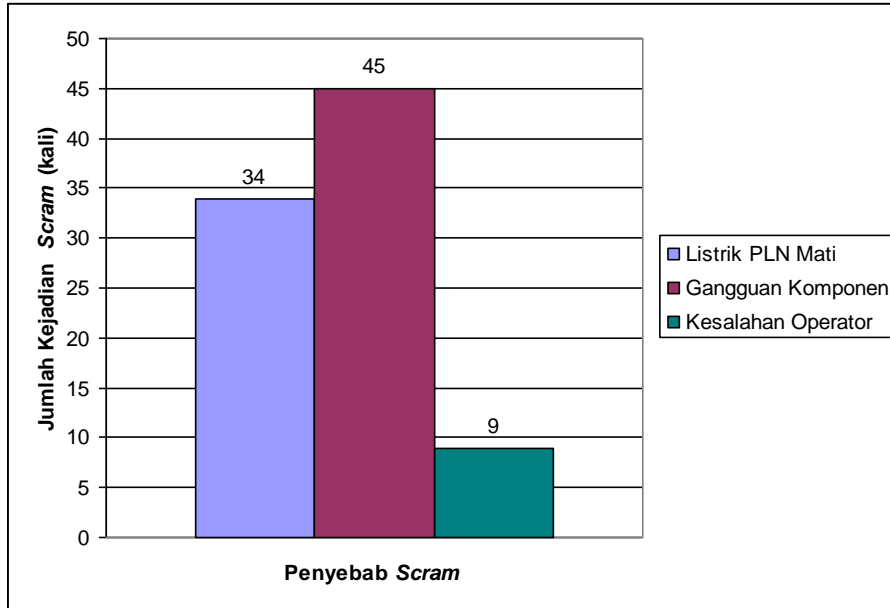
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengumpulan data *scram* mulai siklus operasi 67 sampai dengan siklus operasi 85 diperlihatkan pada Tabel 1, berikut :<sup>3)</sup>

Tabel 1. Data reaktor *scram* siklus operasi 67 sampai dengan siklus operasi 85.

No.	Siklus Operasi	Pemicu kejadian <i>Scram</i>			Jumlah <i>Scram</i>
		Listrik PLN <i>Trip</i> /mati	Gangguan komponen	Kesalahan operator	
1	67	-	3	-	3
2	68	2	5	-	7
3	69	5	-	1	6
4	70	-	3	-	3
5	71	4	-	-	4
6	72	2	2	-	4
7	73	2	1	2	5
8	74	1	-	-	1
9	75	-	1	-	1
10	76	2	1	1	4
11	77	-	1	-	1
12	78	1	6	-	7
13	79	-	6	-	6
14	80	3	1	-	4
15	81	2	8	-	10
16	82	3	-	2	5
17	83	1	6	-	7
18	84	4	-	3	7
19	85	2	1	-	3
	Total	34	45	9	88

Dari Tabel 1 dapat digambar grafik pemicu kejadian *scram* periode siklus operasi no. 67-85 (1 Maret 2009 – April 2014), diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik penyebab kejadian *Scram*

Selama siklus operasi 67 sampai dengan 85 telah terjadi 88 kali kejadian *scram* yang ditimbulkan oleh SPR. Penyebab kejadian *scram* dapat dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu kegagalan karena pasokan daya listrik PLN (34 kasus), kesalahan operator (9 kasus), dan kerusakan komponen/sistem yang terkait dengan SPR (45 kasus).

Kegagalan pasokan daya listrik PLN merupakan hal yang tidak bisa dihindari dan disiasati karena bisa datang pada setiap saat, kecuali dengan cara menyediakan cadangan sebesar suplai PLN. Ada 2 jenis gangguan pasokan daya listrik PLN yaitu berupa *trip*/kedipan sesaat dan pemutusan pasokan daya untuk waktu yang relatif lama. *Trip* listrik sesaat menyebabkan pemadaman sistem bantu reaktor, seperti sistem pendingin primer dan sistem pendingin sekunder, yang bisa terjadi bersamaan atau terjadi pada salah satunya saja. Secara langsung sebenarnya *trip* listrik tidak serta merta

memadamkan reaktor. Jika sistem pendingin primer mati reaktor akan otomatis *scram* dipicu oleh debit sistem pendingin primer minimum. Jika hanya satu atau dua pompa pendingin sekunder yang mati dan sistem pendingin primer tetap beroperasi, apabila memungkinkan operator segera menurunkan daya reaktor dan berusaha segera mengoperasikan kembali pompa yang mati atau mengganti dengan pompa cadangan. Apabila kegiatan ini berhasil maka daya reaktor dinaikkan kembali ke tingkat daya semula, dan gangguan *trip* listrik PLN ini dapat diantisipasi dengan baik. Namun jika usaha tersebut di atas tidak berhasil reaktor akan *scram* dipicu oleh kenaikan temperatur air pendingin primer maksimum karena pembuangan panas melalui sistem pendingin sekunder tidak berfungsi. Jika *trip* listrik berlangsung dalam waktu yang lama, kegiatan yang bisa dikerjakan adalah mengawasi proses beropersinya disel darurat sebagai pemasok cadu daya darurat ke sistem-sistem

yang terkait langsung dengan sistem keselamatan. Sejak siklus operasi 74 reaktor RSG-GAS telah memodifikasi *timer-relay* pada panel elektrik pompa pendingin primer dan sekunder agar motor pompa tidak cepat mati saat terjadi trip sesaat, dengan tetap memperhitungkan keselamatan motor pompa. Kegiatan ini ternyata memberikan hasil berkurangnya kasus reaktor *scram* akibat *trip* sesaat listrik PLN seperti terlihat pada siklus operasi 74 s/d 79 pada Tabel 1.

Selama periode tersebut kejadian *scram* yang disebabkan oleh kesalahan operator terjadi sebanyak 9 kali. Delapan kali terjadi pada saat operator reaktor memasukkan/ menarik target batu topaz ke/dari posisi iradiasi pada teras reaktor, dan satu kali terjadi pada saat operator perawatan secara tidak sengaja menekan tombol *scram* manual yang terpasang pada area tersebut. Pemasukan target iradiasi batu topaz yang mempunyai reaktivitas positif  $\pm 0,16\%$  ke dalam teras reaktor sama dengan menambah reaktivitas positif ke teras reaktor menjadikan reaktor super kritis, dan menaikkan daya reaktor. Apabila pemasukan target iradiasi tersebut dilakukan terlalu cepat maka daya reaktor akan naik secara cepat dan membahayakan status keselamatan reaktor. Untuk menghindari bahaya akibat kasus ini pada SPR untuk kanal pengukuran fluks neutron jangkauan daya telah dipasang parameter *floating limit value (FLV)* yang membatasi kecepatan kenaikan/penurunan daya reaktor. Pada saat terjadi pemasukan secara cepat target iradiasi dengan reaktivitas positif ke teras reaktor, sistem *FLV* akan mengambil tindakan *scram*, demikian pula saat penarikan target iradiasi dari teras reaktor, sistem *FLV* akan menghasilkan perintah *scram* secara cepat.

Pada 8 kasus reaktor kejadian *scram* akibat pemasukan/penarikan target iradiasi batu topaz tersebut di atas, sebenarnya operator di ruang kendali utama (RKU) telah melakukan tindakan kompensasi dengan menaikkan/menurunkan batang kendali sesuai kebutuhan. Namun demikian upaya ini tidak

mencukupi untuk menahan agar tidak terjadi *scram*. Sebagian besar kejadian *scram* akibat pemasukan/penarikan target iradiasi terjadi saat akhir siklus operasi dimana respon perubahan posisi batang kendali terhadap insersi/exsersi reaktivitas ke teras reaktor kurang memadai.

Penyebab reaktor *scram* yang ke tiga adalah terjadinya gangguan/ kerusakan pada komponen/sistem yang terkait langsung dengan sistem proteksi reaktor. SPR yang handal memiliki angka kejadian *scram* yang kecil, kejadian *scram* pada periode operasi ini memberikan fakta bahwa keandalan harus lebih ditingkatkan. Untuk ini diperlukan analisis dan kajian agar dapat dilakukan tindakan untuk mencapai tujuan tersebut.

Dari pengamatan data kejadian *scram* akibat kegagalan komponen sebanyak 45 kali, sebagian besar disebabkan oleh gangguan pada kanal pengukuran fluks neutron dan pada unit penggerak batang kendali. Pada kanal pengukuran fluks neutron, kasus yang sering terjadi adalah osilasi penunjukan hasil pengukuran baik pada jangkauan *start-up*, jangkauan menengah maupun pada jangkauan daya. Saat terjadi osilasi, maka sistem SPR akan bekerja mematikan reaktor dengan sinyal *scram* dari *neutron fluks* maksimum untuk jangkauan *start-up*, periode reaktor minimum atau *neutron fluks* maksimum untuk kanal jangkauan menengah dan beban tidak seimbang maksimum (*unbalanced max*) untuk kanal jangkauan daya. Kejadian ini mengganggu operasi reaktor karena kondisi sebenarnya di teras reaktor tidak terjadi fluktuasi rapat neutron. Dari Tabel 1 terlihat bahwa untuk siklus operasi 78, siklus 79, siklus 81, dan siklus 83 hampir semua penyebab kejadian *scram* adalah gangguan yang diakibatkan oleh terjadinya osilasi pada kanal daya redundan 3 (JKT03 CX831) dan menyebabkan *unbalanced load max*.

Penyebab kejadian *scram* terbanyak kedua adalah akibat kegagalan unit penggerak batang kendali (*drive unit/ DU*). Pada kejadian

awal *scram* yang disebabkan oleh kegagalan DU, kejadian ini sulit untuk diketahui karena pada panel di RKU indikator *scram* yang timbul, hanya berkaitan dengan *unbalanced max* dan *neg. Floating limit value* saja. Setelah dilakukan pemasangan alat khusus untuk mendeteksi pemicu kejadian *scram* dan pengamatan pada komputer proses, dapat disimpulkan bahwa batang kendali terlepas lebih dahulu dari magnet pemegang yang berada di DU jatuh bebas ke dasar teras reaktor, sebelum sinyal SPR memberikan perintah *scram*. Berbagai upaya dilakukan oleh petugas perawatan sistem reaktor RSG-GAS, mulai dari pembersihan sambungan kabel, *microswitches*, *holding magnite*, pencarian *bad contact* dan lain sebagainya, upaya ini telah berhasil mengurangi kejadian kegagalan.

Untuk mencapai kinerja pengoperasian reaktor yang diharapkan diperlukan ketersediaan komponen operasi reaktor seperti sistem proteksi reaktor yang handal. Diharapkan hasil analisa dapat dijadikan sebagai masukan mengatasi gangguan *scram*.

## KESIMPULAN

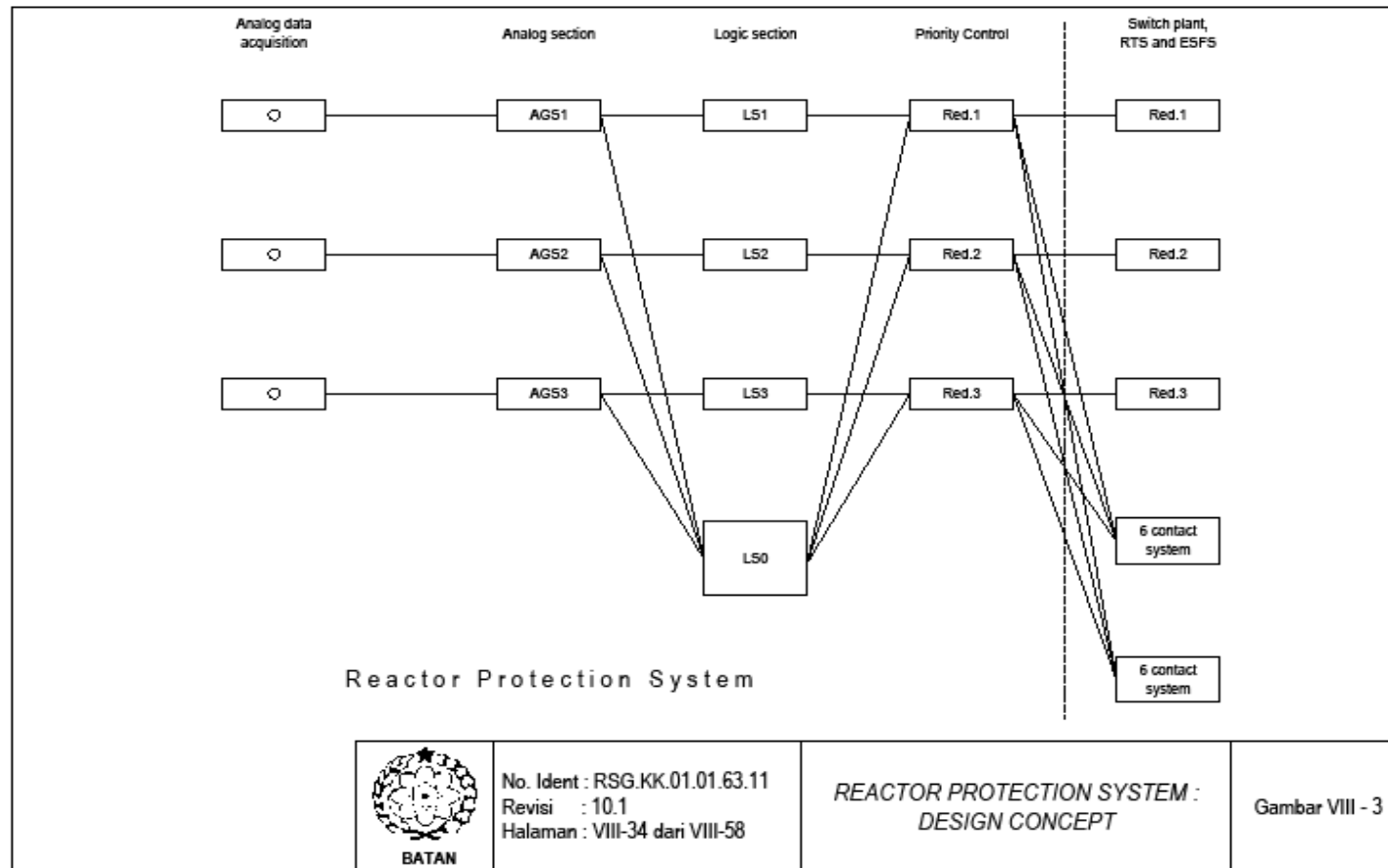
Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa kerusakan dengan frekuensi paling banyak berasal dari kegagalan komponen sistem proteksi reaktor. Diperlukan pengkajian lanjut berkaitan dengan keandalan SPR agar pengoperasian reaktor dapat dilaksanakan dengan lancar dengan jumlah gangguan minimal bahkan pengoperasian tanpa gangguan.

## DAFTAR PUSTAKA

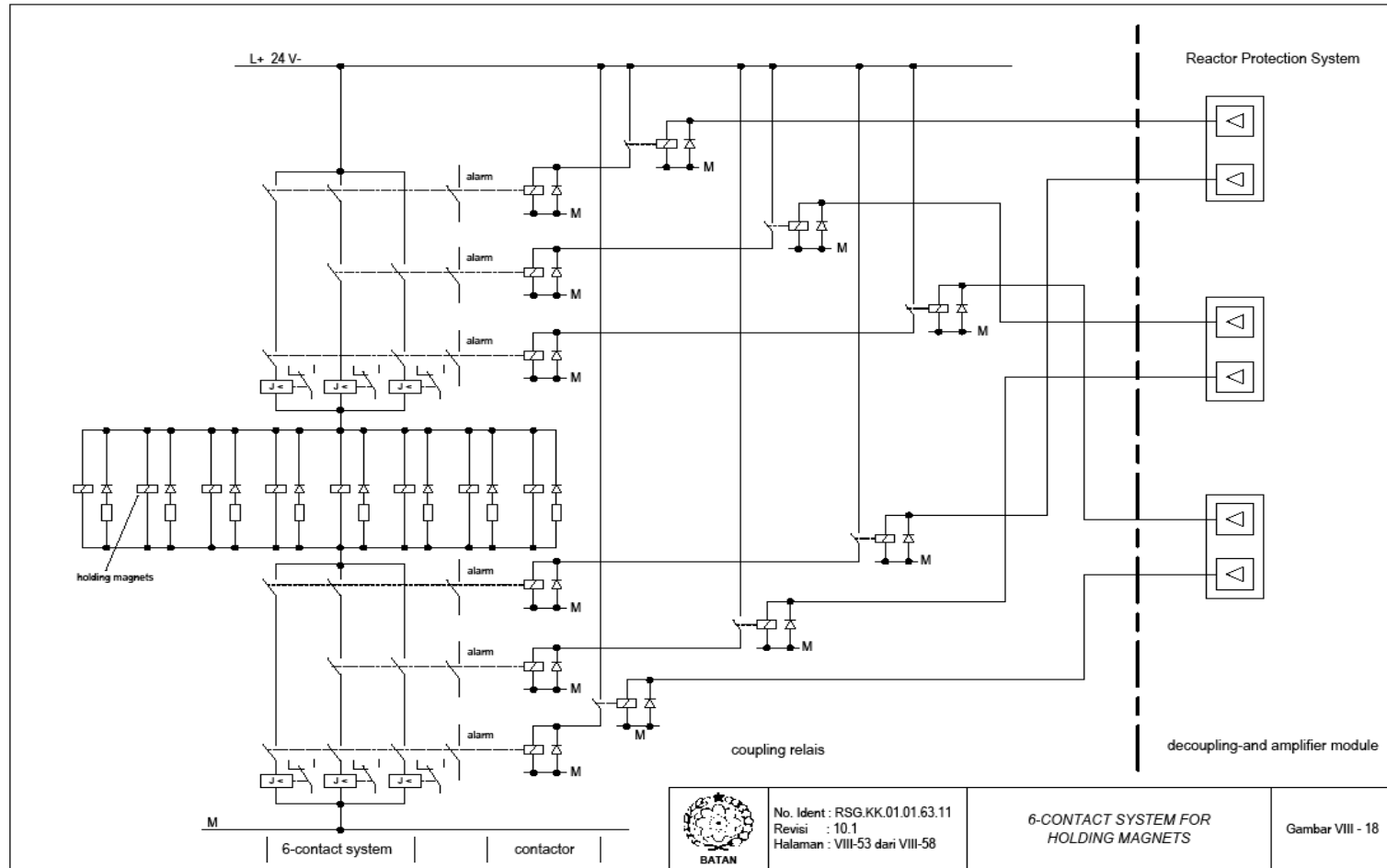
1. IMAN KUNTORO, “Keselamatan Reaktor” Diktat Pelatihan Inspeksi Keselamatan Teknis, Pusdiklat-BATAN. Jakarta Th.2002.
2. ANONIM, “Laporan Analisis Keselamatan Reaktor RSG-GAS” Revisi 10. Jakarta Th 2010.
3. ANONIM, “Buku Induk Operasi Reaktor RSG-GAS No. 249 - 305”. Jakarta Th. 2009 s/d 2014.



Lampiran 1. Desain Sistem Proteksi Reaktor



Lampiran 2. Sistem 6 Kontak



Lampiran 3. Prinsip Sistem Proteksi Reaktor RSG-GAS

