

APLIKASI TEORI RELIABILITAS PADA ANALISIS DAMPAK PEMELIHARAAN KONSOL KENDALI UTAMA SBWR

Suharyo Widagdo*



ID990000030

ABSTRACT

APPLICATION OF THE RELIABILITY THEORY ON THE ANALYSIS OF THE EFFECTS OF SBWR' MAIN CONTROL CONSOLE MAINTENANCE. Maintenance activities on the main Control console, which is a primary element of the man-machine interface system, are a source of concern. This concern has been arisen since the main control console function is the central part to observe and control the reactor operation. The paper will discuss a study of the effects of main control console maintenance activity upon the operability of SBWR. The first step is learning the SBWR main control room design in order to know its monitoring and controlling capability and then makes an assumption of maintenance requirement followed by an evaluation of the effects of the maintenance activity. It is assumed that 2 years or equivalent to 17.520 hours are the reference time for one cycle operation of SBWR. The aim is to identify any adverse effects and eliminate or minimize them through design improvements. The evaluation method used here is the reliability theory $R(t) = e^{-\lambda t}$. Based on the result of the evaluation can be concluded that there are no negative effects of maintenance activity upon the operability of the SBWR.

ABSTRAK

APLIKASI TEORI RELIABILITAS PADA ANALISIS DAMPAK PEMELIHARAAN KONSOL KENDALI UTAMA SBWR. Dampak kegiatan pemeliharaan pada konsol kendali utama, yang merupakan elemen utama dari sistem antarmuka manusia-mesin, terhadap kelangsungan operasi SBWR merupakan salah satu sumber kekhawatiran tersendiri. Kekhawatiran ini timbul karena fungsi konsol kendali utama merupakan pusat kegiatan operator dalam memantau dan mengendalikan reaktor supaya tetap beroperasi dalam batas-batas normal. Makalah akan membicarakan suatu studi untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan kegiatan pemeliharaan konsol kendali utama SBWR terhadap kelangsungan operasinya. Langkah pertama studi ini adalah mempelajari disain RCU-SBWR untuk mengetahui kemampuan konsol kendali utama dalam memantau dan mengendalikan instalasi serta peralatan yang digunakan untuk melakukan tugas itu. Kemudian membuat suatu asumsi kebutuhan perawatan untuk akhirnya mengevaluasi dampak kegiatan perawatan ini. Diasumsikan 1 siklus operasi SBWR adalah 2 tahun atau 17.520 jam. Tujuan utamanya adalah mengidentifikasi akibat buruk yang ditimbulkannya dan memperkecil ataupun menghilangkan akibat buruk itu melalui peningkatan disain. Metoda evaluasi yang dipakai adalah menggunakan teori reliabilitas $R(t) = e^{-\lambda t}$. Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa kegiatan perawatan sama sekali tidak memberi dampak negatif pada kelangsungan operasi reaktor SBWR.

* Pusat Penelitian Teknologi Keselamatan Reaktor - BATAN

PENDAHULUAN

Konsol kendali utama yang merupakan salah satu elemen kunci pada ruang kendali utama SBWR (*Simplified Boiling Water Reactor*) adalah tempat dimana semua kegiatan pemantauan dan pengendalian reaktor terpusat. Kegiatan ini dilakukan operator dengan menggunakan beberapa *CRT*, *Flat Display* maupun panel *switch* yang terpasang pada konsol.

Namun, meskipun SBWR telah mengaplikasikan teknologi canggih ia tetap memerlukan perawatan di semua bagiannya tidak terkecuali konsol kendali utamanya. Kegiatan pemeliharaan ini mutlak diperlukan agar semua komponen yang ada dapat tetap menjalankan fungsinya sebagaimana disainnya semula. Kegiatan pemeliharaan ini biasanya dilakukan pada saat reaktor mengalami *shutdown* rutin. Tetapi tidak tertutup kemungkinan pada saat reaktor sedang beroperasi, ada komponen di konsol kendali utama yang rusak dan memerlukan perbaikan. Karena itulah timbul suatu kekhawatiran akan adanya dampak negatif dari kegiatan perawatan ini pada konsol kendali utama terhadap kelangsungan operasi reaktor.

Tujuan utama makalah adalah untuk mengevaluasi dampak kegiatan pemeliharaan konsol kendali utama SBWR terhadap kelangsungan operasi SBWR untuk kemudian mengidentifikasi dampak yang merugikan serta usaha-usaha untuk menghilangkan atau paling tidak memperkecil dampak itu. Langkah pertama yang dilakukan adalah mempelajari disain RRU-SBWR untuk mengetahui kemampuan konsol kendali utama dalam memantau dan mengendalikan instalasi serta peralatan yang dipakai untuk melakukan tugas itu.

Adapun asumsi yang dipakai pada evaluasi ini adalah :

- Kegagalan yang terjadi, berada di daerah *chance failure*.
- Satu siklus operasi SBWR adalah 2 tahun.
- Komponen tidak sempat mengalami proses keausan/penuaan.

Untuk keperluan perhitungan keandalan sebagai dasar evaluasi adalah teori reliabilitas :

$$R(t) = e^{-\lambda t},$$

dimana :

$R(t)$: keandalan komponen

λ : laju kegagalan

t : waktu operasi

TEORI

Disain Ruang Kendali Utama SBWR

Elemen kunci Ruang Kendali Utama (RKU) SBWR ini adalah :

- a. Konsol kendali utama yang kompak berbentuk huruf 'V' terpancung.
- b. Layar lebar yang terletak tepat di depan konsol kendali utama.
- c. Konsol supervisor yang terletak di belakang konsol kendali utama.
- d. Sistem instrumentasinya yang menerapkan prinsip redundansi dan *diversity*.

Konfigurasi RKU SBWR ini dapat dilihat pada Gambar 1 sedangkan konfigurasi sistem antarmuka (*interface*) operatornya dapat dilihat pada Gambar 2.

Konsol kendali utama

Konsol ini merupakan antarmuka (*interface*) primer. Ujudnya kompak dan berbentuk huruf 'V' terpancung. Ujud yang kompak ini memungkinkan operator menjalankan semua tugasnya dari satu posisi duduk sehingga operator tidak perlu berjalan ke sana ke mari untuk menggapai suatu instrumen. Hal ini jelas mengurangi beban kerjanya. Di konsol inilah semua kegiatan pemantauan dan pengendalian dipusatkan. Untuk melakukannya dapat dilakukan melalui beberapa CRT yang dilengkapi dengan layar sentuh. CRT, yang merupakan sarana primer operator dalam melakukan tugas pemantauan dan pengendalian, 'dikemudikan' oleh beberapa komputer proses yang bersifat redundan. Adapun alokasi fungsi CRT itu adalah sebagai berikut :

- CRT pada sayap kiri konsol kendali utama digunakan untuk memantau/mengendalikan sistem - sistem keselamatan dan tampilan alarm.
- CRT pada bagian tengah digunakan untuk otomasi dan pemantauan keseluruhan proses operasi reaktor.
- CRT pada sayap kanan konsol kendali utama digunakan untuk memantau/mengendalikan BOP (*Balance Of Plant*).

Meskipun masing-masing CRT telah mendapat alokasi tugas/fungsinya sendiri, namun CRT itu dapat saling bertukar fungsi.

Konsol kendali utama SBWR juga dilengkapi beberapa *flat display* (yang juga dilengkapi layar sentuh) untuk menambah kemampuan fungsi pemantauan dan pengendalian. *Flat display* ini 'dikemudikan' oleh suatu *controller* yang redundan dan tak gayut dari komputer proses. Prinsip redundansi dan keragaman (*diversity*) yang dipergunakan dalam cara pemantauan dan pengendalian ini dimaksudkan agar operasi instalasi masih tetap dapat berlanjut meskipun semua komputer proses tidak dapat berfungsi.

Untuk menambah kehandalan dalam hal pemantauan dan pengendalian, konsol kendali utama masih dilengkapi dengan beberapa panel *switch* untuk melakukan pengendalian secara *'hardwired'*. Perlu dikemukakan di sini bahwa kecenderungan operasi pengendalian reaktor generasi baru adalah secara *softwired*. Akan tetapi karena ini adalah teknologi yang relatif masih baru dan banyak pihak yang masih menyukai sistem pengendalian secara *hardwired* serta meragukan kehandalan sistem pengendalian secara *softwired*, maka dirasa perlu menambahkan *switch* untuk melakukan pengendalian secara *hardwired* sebagai jalan tengahnya. Namun pengendalian secara primer masih tetap secara *softwired*.

Layar lebar

Kurang lebih 3 meter di depan konsol kendali utama terdapat layar lebar yang digunakan untuk membantu operator menilai status instalasi. Layar lebar ini dibagi menjadi 3 bagian. Pada bagian kiri terdapat panel alarm yang termasuk dalam kategori *'plant level alarm'*. Pada bagian tengah terdapat *'fixed mimic display'* yang menyajikan keseluruhan status instalasi secara ringkas.. Pada *'fixed mimic display'* ini pula terintegrasi SPDS (*Safety Parameter Display System*) yang memberi informasi tentang:

- a. Integritas pengungkung.
- b. Integritas sistem pendingin reaktor.
- c. Kontrol reaktivitas.
- d. Kontrol radioaktivitas.
- e. Sistem pendingin reaktor dan pemindah bahang (*heat*).

Di atas *'fixed mimic display'* ini terdapat alarm yang termasuk dalam kategori *'system level alarm'*, sedangkan bagian kanan layar lebar terdapat *variable display* dan CCTV (*Closed Circuit Television*). Pada bagian bawah layar lebar terdapat beberapa flat display yang juga dapat digunakan untuk memantau dan mengendalikan reaktor.

Konsol Supervisor

Konsol Supervisor ini terletak di belakang konsol kendali utama. Konsol ini juga dilengkapi dengan CRT berlayar sentuh namun ia hanya bisa digunakan untuk memantau instalasi.

HASIL PERHITUNGAN

Kebutuhan Perawatan

Siklus hidup komponen

Pada Gambar 3 dapat kita lihat kurva laju kegagalan komponen. Pada kurva ini dapat kita lihat adanya 3 jenis kegagalan komponen. Jenis kegagalan pertama adalah kegagalan yang terjadi pada saat awal hidup komponen dimana pada Gambar 3 ditunjukkan antara 0 dan T_b . Kegagalan ini disebut kegagalan awal. Kegagalan awal dapat dihilangkan dengan proses pra-operasi, yaitu suatu proses yang mensimulasikan keadaan operasi yang sesungguhnya. Komponen yang lemah atau berada di bawah standar akan mengalami kegagalan untuk kemudian diganti komponen lain. Hanya komponen yang dapat bertahan pada proses pra-operasi inilah yang nantinya dipakai. Jadi kehandalan yang tinggi dari suatu sistem dapat dicapai melalui proses pra-operasi untuk menghilangkan kegagalan awal.

Jenis kegagalan kedua adalah kegagalan yang disebabkan karena keausan komponen itu sendiri. Jenis kegagalan ini pada Gambar 3 ditunjukkan pada daerah antara T_w dan M . Kehandalan yang tinggi dari suatu sistem dapat pula dicapai dengan penjadualan ketat penggantian komponen.

Jenis kegagalan yang ketiga disebut kegagalan acak (*chance failure*). Kegagalan jenis ini timbul karena terjadinya akumulasi ketegangan mekanik sehingga keluar batas kekuatan komponen. Tak ada satu carapun, baik itu teknik pra-operasi (*debugging techniques*) maupun penjadualan ketat penggantian komponen (dengan melakukan *preventive maintenance*), yang dapat menghilangkan jenis kegagalan ini. Kegagalan acak ini dapat terjadi kapan saja pada masa hidup komponen dan tak seorangpun bisa meramalkan kapan kegagalan jenis ini akan terjadi. Berdasar kenyataan itu, studi akan dipusatkan pada bagian tengah kurva siklus hidup komponen, yaitu pada masa guna komponen (*useful life period*). Disamping itu, karena *switch* merupakan komponen statis dan bukan merupakan komponen bergerak dimana dalam hal ini kegagalan acak (*chance failure*) lebih memegang peranan daripada kegagalan karena keausan (*wear out failure*), maka studi dipusatkan pada bagian tengah kurva laju kegagalan komponen.

Parameter terpenting yang harus diperhatikan dalam penyusunan jadwal perawatan adalah 'Mean Time Between Failure' (m) yang harganya adalah $1/\text{laju}$ kegagalan. Karakteristik laju keberhasilan hidup suatu komponen (R) dalam hubungannya dengan m setelah komponen itu beroperasi selama t jam ditunjukkan Gambar 4. Waktu t pada bagian absis bukanlah jumlah seluruh waktu operasi komponen sejak ia masih baru, melainkan waktu siklus spesifik tanpa memperhatikan lamanya komponen itu beroperasi sejak awal misi. Jadi waktu t seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 menyatakan lamanya waktu operasi komponen itu dalam suatu periode operasi suatu sistem tanpa memperhatikan berapa lama komponen itu

telah beroperasi sebelum periode operasi ini. Waktu t dihitung sejak $t = 0$, yaitu saat misi dimulai.

Dari Gambar 4 bisa dilihat bahwa harga $R(t)$ yang berhubungan dengan $t = m$ terletak pada angka 0,368. Hal ini berarti bahwa bila ada 100 komponen yang beroperasi, setelah beroperasi selama $t = m$ jam hanya tinggal 37 komponen yang masih tetap dapat beroperasi sedangkan 63 komponen lainnya rusak.

Keberhasilan hidup komponen konsol kendali utama

Jenis komponen yang ada pada konsol kendali utama beserta MTBFnya dapat dilihat pada Tabel 1. Untuk keperluan proses penyusunan tabel ini dibuat asumsi bahwa 1 siklus operasi reaktor jenis SBWR adalah 2 tahun atau 17.520 jam., dimana dalam hal ini 1 siklus sudah memperhitungkan waktu jeda (*down time*) menjelang operasi berikut. Jumlah CRT yang ada di konsol kendali utama adalah 7. Dengan harga laju kegagalan sebesar $9,6 \text{ E-6} / \text{jam}$ dan waktu operasi (t) sebesar 17.520 jam maka harga R_{nya} adalah 0.845. Ini berarti setelah 1 siklus operasi, dari 7 buah CRT yang ada maka hanya tinggal $0,845 \times 7 = 6$ buah CRT yang masih tetap beroperasi. Tabel 2 menunjukkan laju keberhasilan hidup komponen, sedangkan Tabel 3 menunjukkan jumlah komponen yang masih beroperasi setelah 1 siklus.

Jenis perawatan

Diasumsikan pula bahwa waktu terjadinya proses keausan pada komponen konsol kendali utama SBWR jauh lebih panjang dibanding MTBFnya sehingga dalam hal ini tidak sempat terjadi proses keausan/penuaan. Jadi tidak perlu adanya perawatan preventif. Hanya perawatan korektiflah yang diperlukan. Dengan perkataan lain komponen yang gagal langsung diambil dari tempatnya untuk diganti dengan yang baru.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa dalam 1 siklus operasi terdapat 20 komponen yang gagal. Karena SBWR juga mengalami waktu jeda (digunakan untuk pengisian ulang bahan bakar, kegiatan perawatan), beberapa dari keduapuluh komponen itu sebenarnya mengalami kegagalan di saat jeda ini. Sebagai contoh, bila faktor ketersediaan instalasi (*plant availability*) adalah 80% maka 4 dari 20 komponen itu mengalami kegagalan di saat jeda. Komponen sejumlah 20 buah yang mengalami kegagalan pada 1 siklus operasi itu dipandang tidak memberi dampak apapun pada kelangsungan operasi instalasi. Hal ini disebabkan tingginya tingkat redundansi yang diterapkan pada konsol kendali utama. Disamping itu CRT maupun *flat display* yang ada di dasar layar lebar juga dapat digunakan untuk memantau dan mengendalikan instalasi seandainya ada sebagian peralatan di konsol kendali utama yang tidak dapat difungsikan karena sedang menjalani perawatan.

PEMBAHASAN

Seperti telah dikatakan di muka bahwa penjadualan ketat penggantian komponen dapat meningkatkan kehandalan komponen, namun dalam hal ini *'preventive maintenance'* tidak perlu dilakukan karena *'preventive maintenance'* tidak dapat menghilangkan adanya kegagalan acak pada komponen, disamping itu dalam hal ini kegagalan acak lebih memegang peranan pada peristiwa kegagalan komponen daripada kegagalan komponen karena keausan. Namun bila kita tetap akan melakukan *'preventive maintenance'*, kita dapat melakukannya selama *'down time'*.

Tidak dapat dihindarkan bahwa komponen yang mengalami kegagalan pada satu siklus operasi itu terjadi pada saat reaktor masih beroperasi. Dalam hal ini operator dapat melanjutkan tugasnya dengan menggunakan sarana redundannya sementara petugas perawatan melakukan perbaikan. Bila pada saat itu terjadi keadaan abnormal, maka petugas perawatan harus menghentikan tugasnya tanpa mempedulikan selesai tidaknya tugas yang dilakukannya. Hal ini penting agar operator dalam melakukan manipulasi (dengan sarana redundannya) untuk mengatasi keadaan abnormal ini dapat merasa bebas tidak terganggu konsentrasinya oleh kehadiran petugas perawatan. Dengan adanya prosedur kerja ini serta adanya prinsip redundansi yang diterapkan pada disain konsol kendali utama ini maka dampak negatif terhadap kelangsungan operasi reaktor dengan adanya kehadiran petugas perawatan dapat ditiadakan.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan yang dimuat dalam Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa meskipun ada komponen yang gagal namun reaktor masih dapat dioperasikan karena masih memenuhi persyaratan operasi.

Karena sifat redundansi yang diterapkan pada disain konsol kendali utama serta layar lebarnya, tidak ada dampak negatif dari kegiatan perawatan terhadap kelangsungan operasi. Oleh karena itu dipandang tidak perlu memodifikasi disain konsol kendali utamanya untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan kegiatan perawatan.

DAFTAR PUSTAKA

1. IGOR BAZOVSKY, "*Reliability Theory and Practice*", Prentice Hall, 1961
2. IEEE Standard 500, "*Guide to the Collection and Presentation of Electrical, Electronic, Sensing Component and Mechanical Reliability Data for Nuclear Power Generating Stations*", 1984
3. MIL-HDBK-217E, "*Reliability Prediction of Electronic Equipment*", October 1986
4. ROSS, "*SBWR Looks Promising*", Nuclear Engineering International, June 1987

Tabel 1. Laju kegagalan komponen konsol kendali utama

No.	Nama komponen	Laju kegagalan	MTBF
1.	CRT	9,6 E-6 / jam	104.167 jam
2.	<i>Flat display</i>	9,6 E-6 / jam (*)	104.167 jam
3.	<i>Switch</i> mekanik	9,84 E-6 / jam	101.626 jam
4.	<i>Switch</i> mikro	0,89 E-6 / jam	1.123.596 jam

(sumber : IEEE Standard 500 -1984)

(*) : - hasil asumsi

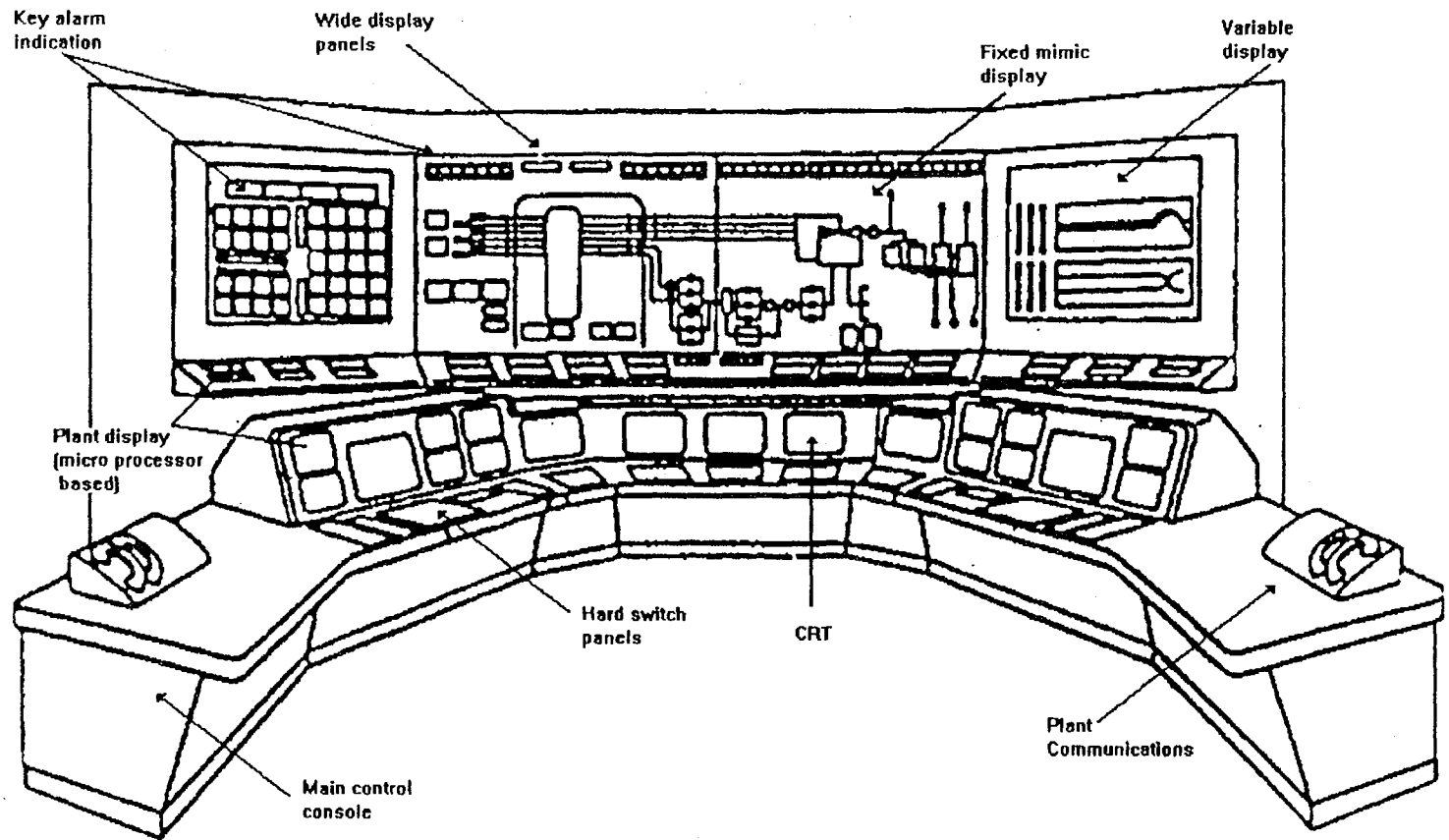
- pada kenyataannya Flat display lebih handal dibanding CRT

Tabel 2. Laju keberhasilan hidup komponen konsol kendali utama

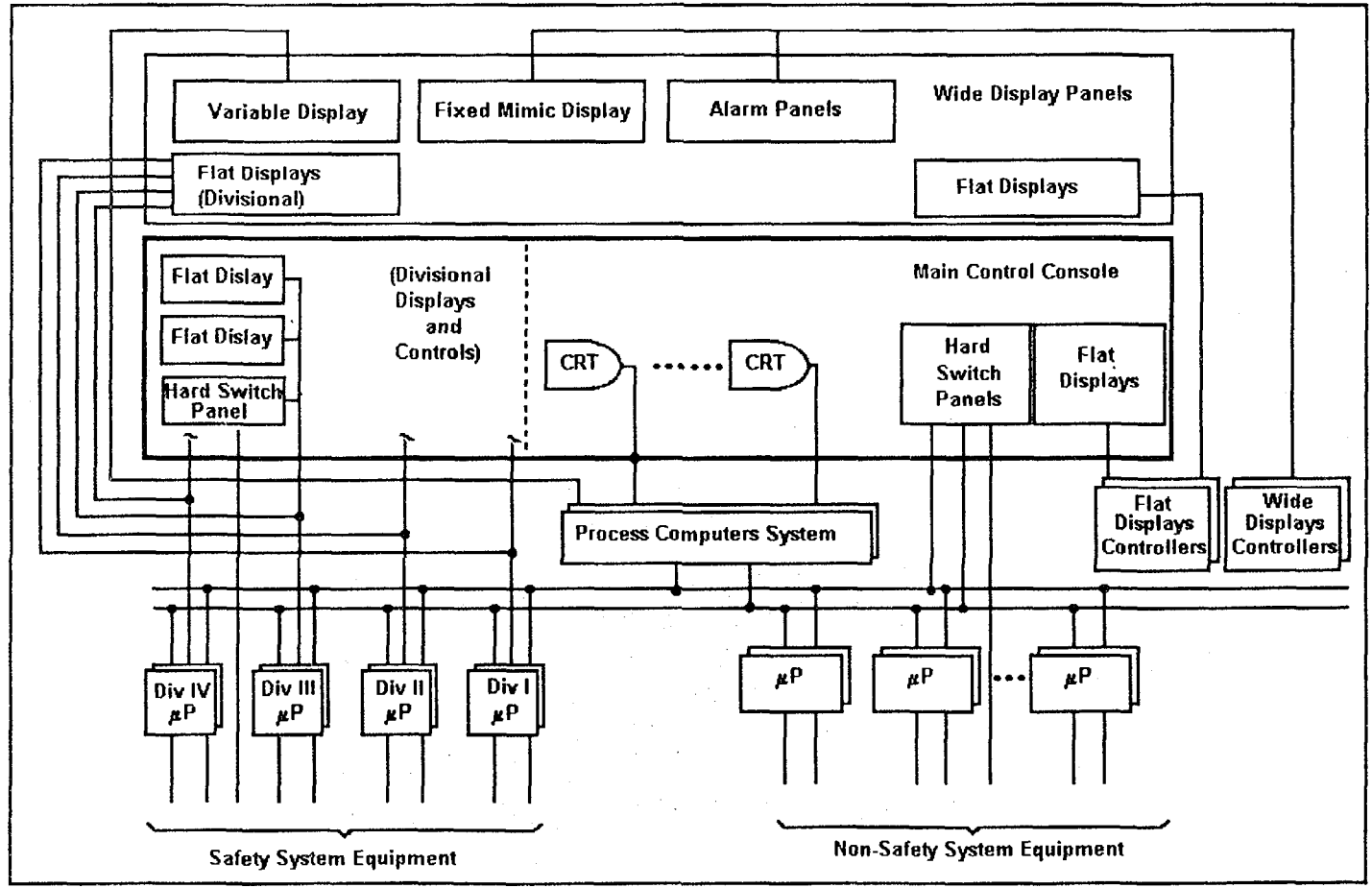
No.	Nama komponen	Laju keberhasilan hidup
1.	CRT	0,845
2.	<i>Flat display</i>	0,845
3.	<i>Switch</i> mekanik	0,841
4.	<i>Switch</i> mikro	0,985

Tabel 3. Jumlah komponen konsol kendali utama dan jumlah komponen yang gagal tiap 1 siklus operasi

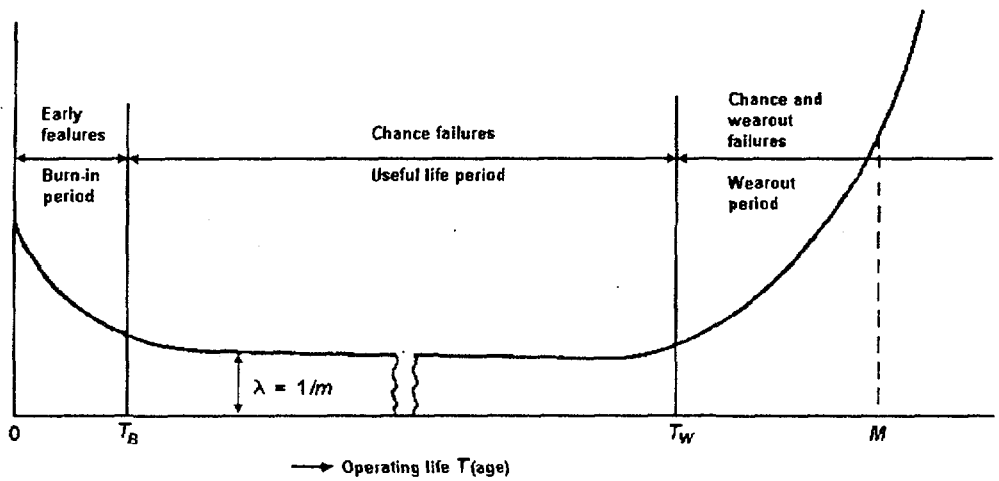
No.	Jenis komponen	Jumlah komponen	Jumlah komponen yang gagal setelah 1 siklus operasi	Jumlah komponen yang diperlukan dalam operasi
1.	CRT	7	1	3
2.	<i>Flat display</i>	17	3	6
3.	<i>Switch</i> mekanik	82	13	--
4.	<i>Switch</i> mikro	186	3	--



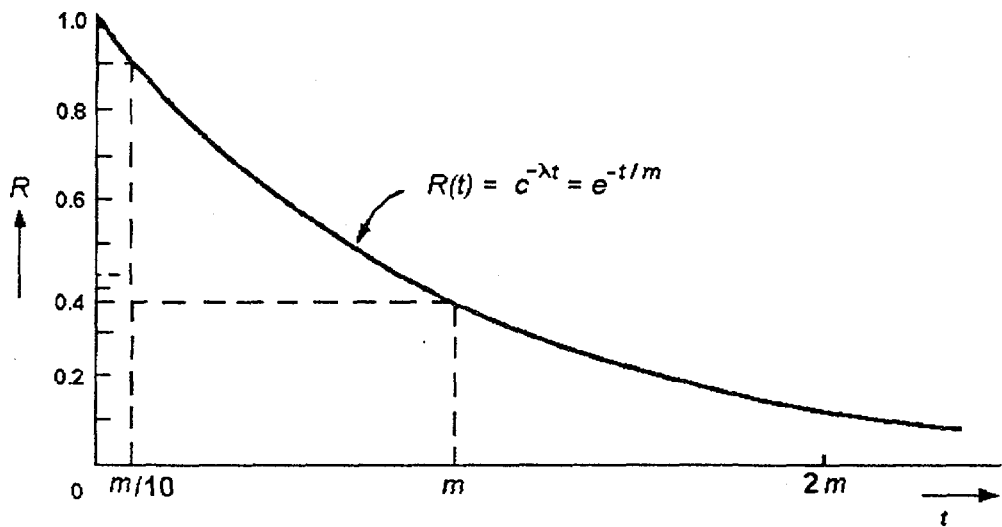
Gambar 1. Konfigurasi RKU SBWR



Gambar 2. Konfigurasi Sistem Antarmuka Operator



Gambar 3. Kurva Laju Kegagalan Komponen



Gambar 4. Karakteristik Laju Keberhasilan Hidup Komponen

DISKUSI

AS NATIO LASMAN

1. Apakah *maintenance-time* reaktor sama dengan yang diperuntukkan bagi RCU (± 2 tahun)?
2. Bila ya, apakah perlu dilakukan penelitian dampak pemeliharaan karena suatu saat reaktor harus padam?

SUHARYO WIDAGDO

Maintenance-time merupakan *preventive maintenance* yang berjadual ketat. Disain *maintenance* yang diperlukan adalah *corrective maintenance*, dan *maintenance-time* reaktor tidak sama dengan *maintenance* RCU.

SAHALA LUMBANRAJA

Dalam abstrak disebutkan bahwa tidak perlu diadakan modifikasi konsol kendali utama. Dari segi ergonomika konsol kendali utama dirancang sesuai dengan tinggi badan orang asing (Eropa), apakah hal ini cocok dengan orang Indonesia yang rata-rata mempunyai tinggi badan lebih rendah dari orang Eropa?

SUHARYO WIDAGDO

Dalam penelitian ini tidak dibahas segi ergonomika, tetapi dari segi teknologi yaitu mengenai peralatan yang ada dalam konsol kendali utama.

IYOS R. SUBKI

Apakah RCU dari SBWR mempunyai sistem bantu untuk operator (*operational guidance system*)?

SUHARYO WIDAGDO

Ya.

AMIR RUSLI

1. Apa alasan utama memilih SBWR dalam penelitian?
2. Apakah teori ini dapat diterapkan pada reaktor jenis lain?

SUHARYO WIDAGDO

1. Karena kebetulan saya mengikuti partisipasi disain reaktor jenis SBWR.
2. Ya.

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**