



ID0000031

ANALISIS INTERAKSI MANUSIA MESIN UNTUK SISTEM KENDALI DAN PENAMPIL PADA RKU REAKTOR DAYA JENIS REAKTOR AIR RINGAN

**Kussigit Santosa, Piping Supriatna, Itjeu Karliana, Suharyo Widagdo,
Darlis, Bambang Sudiono**

ABSTRAK

ANALISIS INTERAKSI MANUSIA MESIN UNTUK SISTEM KENDALI DAN PENAMPIL PADA RKU REAKTOR DAYA JENIS REAKTOR AIR RINGAN. Salah satu potensi bahaya dari reaktor nuklir ini adalah kegagalan dalam pengoperasiannya. Dengan demikian betapapun kecilnya kemungkinan kecelakaan / kesalahan pada pengoperasian suatu reaktor, harus mendapat perhatian yang cukup besar dan seksama. Hal penting yang perlu diperhatikan disini adalah Analisis Interaksi Manusia Mesin untuk sistem kendali dan penampil pada RKU Reaktor, terutama untuk Reaktor Air Ringan tipe maju (Advance Light Water Reactor). Sistem kendali dan penampil pada RKU Reaktor merupakan bagian penting dalam mata rantai proses Interaksi Manusia Mesin di dalam sistem kerja RKU Reaktor. Isyarat yang disampaikan oleh sistem tampil menunjukkan unjuk kerja dari reaktor, yang mana isyarat ini diterima oleh operator melalui inderanya. Isyarat tadi diteruskan ke pusat syaraf untuk ditafsirkan dan diputuskan, tindakan apa yang harus diambil. Selanjutnya pelaksanaan keputusan melalui tindakan oleh anggota badan operator melalui sistem kendali untuk mengatur proses selanjutnya dari kerja reaktor. Dengan demikian melalui Analisis Interaksi Manusia Mesin untuk sistem kendali dan penampil pada RKU Reaktor, dapat dipahami peluang-peluang terjadinya kesalahan manusia (human error) bagi Operator pada waktu mengoperasikan reaktor.

ABSTRACT

ANALYSIS OF MAN-MACHINE INTERACTION FOR CONTROL AND DISPLAY SYSTEM IN MAIN CONTROL ROOM OF LIGHT WATER REACTOR. One of potential hazard in Nuclear Power Plant is the failure of its operation. The accident or operation failure in the reactor must be concerned event its probability is low. The important thing should be concerned is 'Analysis of Man-Machine Interaction (MMI) for Control and Display System in Main Control Room (MCR) of Nuclear Power Reactor', especially LWR type. Control and Display System in MCR of Reactor is the main part of MMI link process in Reactor MCR work system. Signal from display system showed performance process in reactor, while this signal will be received by operator. This signal will be discribed through central nerve for making decision what kind control must be done. Then the operator manage the next process of reactor operation through control system. So by knowing Analysis of Man-Machine Interaction for Control and Display System in Main Control Room of Power Reactor, we can understand human error probability of the operator in reactor operation.

PENDAHULUAN

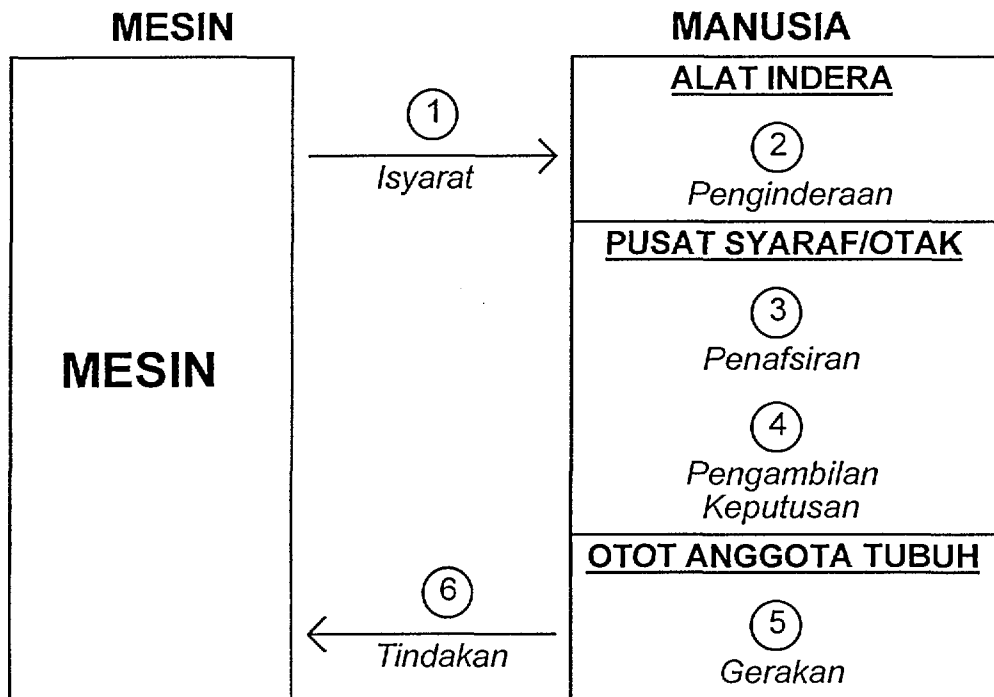
Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) merupakan instalasi yang kompleks dan melibatkan manusia baik pada saat rancang bangun maupun operasinya. Untuk mengoperasikannya diperlukan ruangan khusus yang disebut

Ruang Kendali Utama (RKU) dimana keselamatan pengoperasian PLTN sangat tergantung pada keandalan sistim interaksi manusia mesin dan rancangan tata-letak sistim kendali serta penampilnya pada RKU tersebut. Perkembangan rancang bangun pada ruang kendali utama akhir-akhir ini lebih difokuskan pada pengembangan rancang bangun sistem kendali dan penampil serta penyederhanaan bentuk dan fungsi serta hirarkinya sehingga didapat sistem kendali dan penampil yang ergonomis dan secara keseluruhan akan membantu meningkatkan unjuk kerja baik untuk operatormya maupun instalasinya. Selain itu tujuan utama secara global rancangan reaktor nuklir ini terutama untuk Reaktor Air Ringan tipe Maju (*Advanced Light Water Reactor = ALWR*) adalah penyederhanaan rancang bangun, peningkatan keamanan dan keandalan, penghematan waktu konstruksi serta penghematan biaya operasi dan bahan bakarnya.

Program rancangan ini dititik-beratkan pada kepastian pengoperasian reaktor melalui RKU agar dapat dilakukan dengan mudah dan bebas dari kesalahan (zero error). Penggunaan CRT (Cathode Ray Tube) dan flat display (LCD) serta penerapan kecerdasan buatan (Artificial Inteligent) merupakan salah satu contoh perkembangan implementasi interaksi manusia mesin pada RKU Reaktor. Tujuan dari pengembangan ini adalah untuk memudahkan pengoperasian, perawatan dan meningkatkan tingkat keselamatan operasi. Dengan pemahaman terhadap sistim kendali dan penampil, prosedur operasi maupun sistem hierarkinya pada RKU diharapkan nantinya akan mampu mengembangkan rancangan sistem kendali dan penampil pada RKU-PLTN terutama untuk jenis ALWR.

TINJAUAN TEORI

Dalam berbagai bentuknya mesin menyampaikan isyarat tentang keadaannya (diam, bekerja baik, bekerja buruk, dsb.) pada operator yang menangkapnya dengan inderanya. Isyarat tadi diteruskan ke pusat syaraf untuk ditafsirkan dan diputuskan, tindakan apa yang harus diambil. Selanjutnya pelaksanaan keputusan melalui tindakan-tindakan oleh anggota badan operator yang diarahkan pada mesin. Dengan tindakan ini diharapkan terjadi perubahan yang dipantau oleh indera melalui isyarat-isyarat yang mewakili perubahan tadi yang disiarkan oleh mesin, indera bekerja lagi disini. Demikian seterusnya berlangsung interaksi antara operator dengan mesin (Gambar 1).



Gambar - 1. Interaksi Manusia dengan Mesin yang dioperasikannya.

Dari sini terlihat sejumlah kemungkinan dimana kesalahan manusia dapat bersumber dari :

1. Ketidakmampuan mesin menyampaikan (menampilkan) isyarat dengan baik.
2. Ketidakmampuan indera menangkap isyarat dengan baik.
3. Ketidakmampuan operator menafsirkan isyarat dengan baik.
4. Ketidakmampuan operator memutuskan dengan baik.
5. Ketidakmampuan anggota badan melaksanakan gerakan-gerakan kerja (pengendalian) sesuai dengan keputusan.
6. Ketidakmampuan mesin menerima gerakan-gerakan pengarah (pengendalian) dari anggota badan operator.

Pada rantai interaksi manusia-mesin seperti ini, terlihat bahwa Faktor Kesalahan Manusia tidak hanya disebabkan oleh manusianya itu sendiri, tetapi juga oleh mesinnya. Mesin yang tidak dirancang dengan baik akan memiliki sifat-sifat seperti yang dinyatakan pada nomor 1 (sistem penampil / 'display') dan nomor 6 (sistem kendali / 'control') diatas, dapat menimbulkan kesalahan manusia yang

bukan karena faktor manusianya, melainkan karena kesalahan rancangan mesin dan diistilahkan sebagai *kesalahan manusia karena desain*.

Ruang Kendali Utama (RKU) pada reaktor daya merupakan lokasi kerja yang sangat penting, karena dari ruang ini semua proses yang terjadi di dalam reaktor dipantau dan dikendalikan. Secara garis besar sistem peralatan yang terdapat di Ruang Kendali Utama Reaktor terdiri atas sistem kendali dan sistem penampil beserta peralatan pendukung lainnya. Interaksi Manusia Mesin (IMM) pada RKU reaktor adalah interaksi antara Operator dengan sistem kendali (*control system*) sistem penampil (*display*) yang ada pada RKU. Sistem kendali yang ada disini dalam bentuk Meja Kendali Utama (*Main Control Console*), yang terdiri dari papan sakelar-sakelar perangkat keras (*Hardware Switches panel*), *monitor display (CRT)* yang berfungsi untuk memantau dan menampilkan sistem keamanan, *flat display (LCD)* yang berfungsi untuk pengendalian dengan sistem layar sentuh, serta sistem komunikasi di lokasi kawasan.

Sistem penampil yang ada disini dalam bentuk Papan Peraga Lebar (*Wide Display Panels*), yang terdiri dari *Close Circuit Television (CCTV)* yang berfungsi untuk memantau keamanan lokasi, *Variable Display Panel* yang berfungsi untuk menampilkan harga variabel operasi baik dalam bentuk digital maupun dalam bentuk grafik, *Fix Mimic Display* yang berfungsi untuk menampilkan dan memantau proses operasi reaktor (*overview plant*) dan *Key Alarm Indication* yang berfungsi untuk memberi peringatan jika kondisi operasi dalam keadaan bahaya.

Adapun prinsip-prinsip yang diterapkan pada pengaturan pola tata letak dari alat kendali dalam kaitannya dengan sistem tampilan, untuk dari peralatan sistem kendali dan penampil yang ada pada RKU reaktor daya ini adalah pola geometri yang mengikuti prinsip ekonomi gerakan, data antropometri Operator rata-rata yang digunakan terutama dalam hal jangkauan tangan Operator, jarak pandang, sudut pandang, pencahayaan, pengaturan warna dan keserasian, serta kemudahan Operator dalam mengoperasikan sistem peralatan tersebut. Kriteria batasan untuk semua parameter tersebut di atas diambil berdasarkan dokumen EPRI NP-3659, NUREG-0700 dan NUREG / CR-3331.

METODOLOGI YANG DIGUNAKAN

Dalam penelitian ini Analisis dilakukan dari segi prosedur operasi, penerapan faktor rekayasa manusia pada rancangan sistim kendali dan penampil pada RKU reaktor daya jenis reaktor air ringan. Ruang lingkup dari penelitian ini meliputi

pengumpulan data peralatan sistem kendali dan penampil dari RKU Reaktor daya jenis LWR deskripsi dan cara kerjanya. Selanjutnya dilakukan analisis sistem kendali dan penampil termasuk deskripsi, tata letak dan sistem hirarkinya. Langkah berikutnya adalah menganalisis sistem kendali dan penampil pada RKU reaktor daya jenis LWR

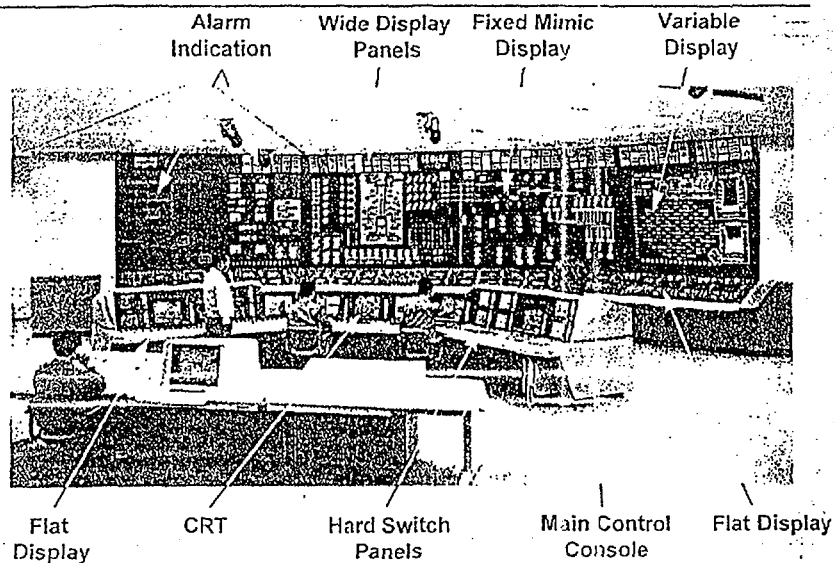
PEMBAHASAN

Ruang Kendali Utama Reaktor Jenis ABWR

Desain dari ABWR tujuannya adalah untuk penyederhanaan desain, peningkatan keamanan dan keandalan, pengurangan waktu konstruksi serta biaya operasi dan bahan bakar. Program ABWR lebih ditekankan kemudahan pengoperasian melalui RKU dan pengoperasian yang bebas dari kesalahan (*error-free execution*). Pada RKU generasi baru ini peran operator yang semula hanya menjalankan alat beralih menjadi sebagai 'system manager', hal ini dapat dilihat dengan meningkatnya otomasi sistem seperti *Start-up*, *shut-down* maupun *manuver daya* dapat dilakukan secara otomatis. Hal ini dapat dilakukan berkat diterapkannya sistem kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) khususnya sistem *expert system*. Operator hanya melihat kapan ia harus *men-startup* maupun *men-shutdown* sistem - sistem keselamatan. Dengan demikian beban kerja operator akan semakin berkurang.

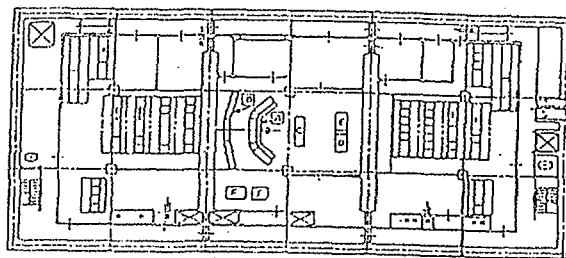
Desain dari RKU ABWR ini adalah sudah mengimplementasikan prinsip-prinsip Human Faktor dengan baik, yang mana hal ini dapat dilihat pada bentuk konsol kendali utamanya yang kompak (lihat Gambar-2), merupakan tempat utama pemantauan dan pengendalian, serta papan peraga lebar yang menyajikan ringkasan status dari jalannya operasi reaktor. Layar lebar terletak tepat di depan operator dan apa yang disajikan pada layar lebar dapat dilihat semua orang yang ada di dalam Ruang Kendali Utama tersebut. Selain RKU ABWR juga dilengkapi dengan konsol *supervisor* yang terletak di belakang operator sehingga *supervisor* dapat mengawasi dengan jelas semua peristiwa jalannya operasi reaktor (lihat Gambar-3). Instrumentasi dari sistem kontrol dan penampil ikut menunjang kinerja dari RKU. Pada sistem ini diterapkan sistem reduksi dengan tujuan untuk meningkatkan kesiapan operasi.

ABWR Control Room



Gambar 2. Tata letak dan desain RKU pada PLTN jenis ABWR.

GE/HITACHI/TOSHIBA ABWR 1000



- Main control room design objectives
 - o Reduce operators' workload and human errors
 - o Enhance man-machine interface
 - o Incorporate human factors engineering
 - o Simplify and improve operation
- Four (4) operators for power operation (single operator can perform control and monitoring functions during normal operation)
- A** Main control console for control, monitoring and communication, includes:
 - o Flat display, micro-processor based
 - o Hard switch subpanels
 - o Advanced touch-sensitive CRTs
 - o Plant communications
- B** Wide screen display panels for an overview of plant status and mimic displays, includes:
 - o Flat display, micro-processor based
 - o Variable and fixed mimic displays
 - o Closed circuit TV for site & meteorological data
- C** Operator's work/reference table
- D** Shift supervisor's console
- E** Assistant shift supervisor's console
- F** Vertical panels, for electrical and bop control and monitoring

Gambar 3. Denah lokasi RKU pada PLTN jenis ABWR.

Konsol kendali utama yang ada di RKU ini merupakan *primary interface* antara operator dengan sistem reaktor yang dioperasikannya, dengan bentuknya

yang kompak dan berbentuk huruf 'V' terpancung. Desain seperti ini memungkinkan operator menjalankan semua tugasnya hanya dari 1 posisi duduk, sehingga hal ini akan mengurangi beban dari operator. Semua kegiatan pemantauan dan pengendalian terpusat di konsol kendali utama, yang dilakukan melalui beberapa CRT maupun *flat display* yang dilengkapi dengan sistem layar sentuh. Proses tampilan pada CRT ini dikendalikan oleh beberapa komputer proses yang bersifat redundan antara satu dengan yang lainnya, sedangkan *flat display* yang ada dikendalikan oleh beberapa *controller* yang juga bersifat redundan satu dengan yang lainnya, dan tidak tergantung pada sistem komputer proses.

Operator dalam melaksanakan tugasnya, CRT - CRT yang ada pada konsol kendali utama ini merupakan sarana utama dalam melaksanakan pekerjaannya. Fungsi pemantauan dan pengendalian instalasi pada keadaan normal dilakukan oleh CRT - CRT yang ada di bagian tengah konsol, sedangkan untuk memantau NSS (Nuclear Steam Supply) dilakukan dari bagian sayap kiri konsol, dan sistem BOP (*Balance Of Plant*) dilakukan dari bagian sayap kanan konsol.

Panel Peraga Lebar (*Wide Display Panels*) terletak kira-kira 3 meter di depan konsol kendali utama, yang fungsinya membantu operator memantau status jalannya operasi reaktor. Panel ini dibagi menjadi 3 bagian, yang mana di bagian kiri terdapat panel alarm dari kategori *plant level alarm* dan di bagian tengah terdapat *fixed mimic display* yang menampilkan status jalannya operasi reaktor. Pada bagian atas dari *fixed mimic display* terdapat alarm yang termasuk dalam kategori *system level alarm*. Pada bagian kanan layar lebar terdapat *variable display* dan CCTV (*Closed Circuit Television*), dan pada bagian bawah dari Panel ini terdapat beberapa CRT dan *flat display* yang juga dapat digunakan untuk memantau dan mengendalikan instalasi. Hal penting lainnya dari sistem IMM reaktor ABWR ini adalah adanya *Remote Shutdown System*, yaitu sistem yang dapat melakukan shutdown reaktor dari luar RKU. RKU ABWR ini dirancang untuk 4 orang Operator yang mengoperasikannya, sedangkan pada kondisi normal cukup seorang Operator untuk memonitor dan mengendalikan reaktor ABWR ini.

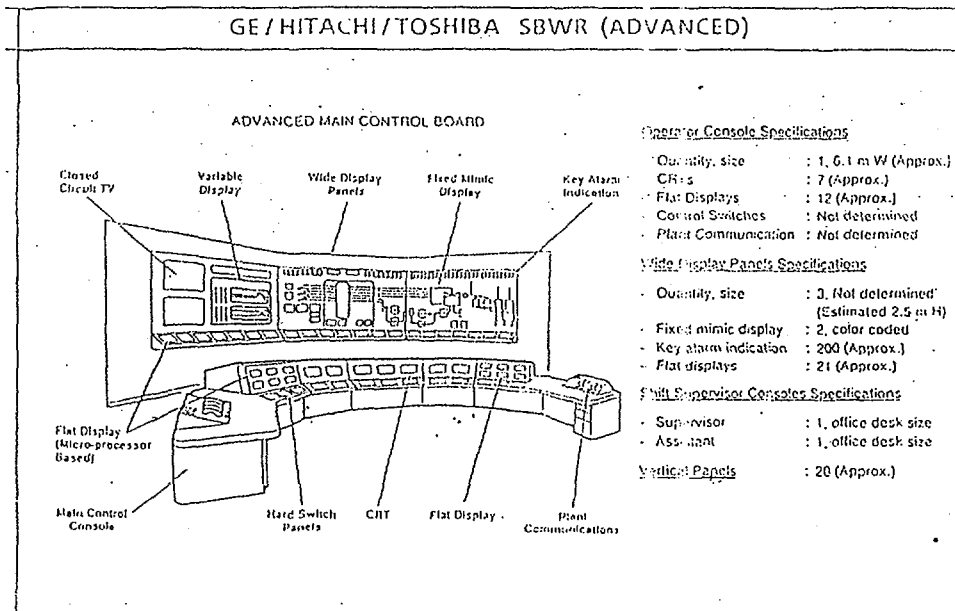
Dengan demikian keuntungan yang diperoleh dari desain RKU ABWR ini adalah :

- Mengurangi beban kerja Operator, mengurangi peluang terjadinya kesalahan Operasi serta meningkatkan Interaksi Manusia Mesin.

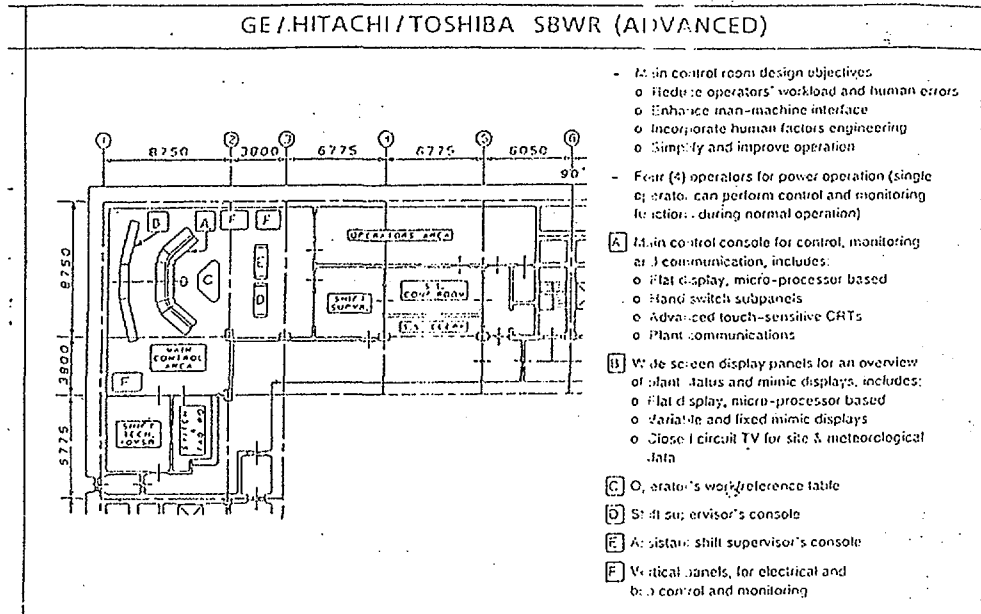
- Mengoptimalkan implementasi 'human Factor Engineering' sehingga pengoperasian reaktor melalui RKU dapat lebih ditingkatkan kemudahan operasinya.

Ruang Kendali Utama Reaktor Jenis SBWR

Desain Ruang Kendali Utama dari reaktor SBWR merupakan pengembangan dari desain RKU ABWR. Sistem Kendali dan Sistem Proteksi yang terpadu, meliputi sistem shutdown dan sistem proteksi teras. Sistem shutdown dan pendinginan pada reaktor ABWR sepenuhnya bekerja secara pasip. Reaktor SBWR dengan sistem keselamatannya yang sederhana, memiliki peralatan kendali yang lebih sedikit dibandingkan dengan pada reaktor ABWR, sehingga ukuran konsolnya lebih kecil tetapi memiliki kemampuan yang sama seperti pada RKU ABWR dan hal ini akan memudahkan dalam pengoperasian. Demikian juga halnya dengan Konsol bantu untuk inspeksi periodik jumlahnya dikurangi sehingga ukurannya menjadi lebih kecil (lihat Gambar-4 dan 5).



Gambar 4. Tata letak dan desain RKU pada PLTN jenis SBWR.



Gambar 5. Denah lokasi RKR pada PLTN jenis SBWR.

Pada RKR SBWR ini Konsol Kendali yang kompak memudahkan Operator dalam melakukan pemantauan dan pengendalian jalannya operasi reaktor secara terpusat. CRT dan atau Flat Display yang dilengkapi dengan sistem layar sentuh memberikan informasi tentang kondisi operasi reaktor, dapat dioperasikan melalui satu posisi tempat duduk oleh seorang Operator. Pada Panel Layar lebar didalamnya terdapat Panel Penampil Alarm, Panel 'Mimic Display' dan 'variabel display' yang mudah dimengerti oleh Operator RKR.

Otomasi pada pengoperasian dari reaktor SBWR ini dilakukan pada waktu start up, pengaturan daya, shut down, dan operasi antisipasi setelah terjadi scram, sehingga hal ini benar-benar dapat mengurangi beban kerja dari Operator. Terjadinya penyimpangan pada jalannya operasi reaktor dapat dikenali melalui peringatan lewat bunyi alarm secara bertingkat (hierarki), yaitu alarm bahaya pada tingkat peralatan (*equipment*), alarm bahaya pada tingkat sistem reaktor dan alarm bahaya pada tingkat lokasi PLTN (*plant*). RKR SBWR dengan sistem alarm dan sistem instrumentasinya ini, memudahkan operator untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan atau kecelakaan dalam pengoperasian reaktor.

Sistem kendali dan penampil untuk sistem keselamatan maupun non keselamatan pada reaktor SBWR adalah secara digital. Diimplementasikannya kecerdasan buatan (artificial intelligence = A.I.), baik dalam bentuk *expert system*,

artificial neural network, *fuzzy logic*, ataupun gabungan dari ketiga bentuk A.I. ini, memungkinkan desain dari RKU SBWR untuk dapat dioperasikan oleh hanya seorang operator saja (pada kondisi normal). Selain itu desain RKU SBWR ini juga didukung oleh adanya panel layar lebar untuk semua penampil dari kondisi jalannya operasi reaktor, otomasi tingkat PLTN, disain konsol utama yang kompak serta fungsi pembantu operator pada CRT konsol utama.

Peningkatan keandalan operasi pada desain RKU SBWR ini meliputi :

- Memperbaiki desain dengan mengoptimalkan fungsi alat kendali pada panel kendali yang banyak (*multiple control panel*) dengan konsol yang lebih kompak.
- Mengganti sakelar (*switch*) dan tombol (*button*) dengan penampil secara layar sentuh (*touch screen*).
- Penyajian informasi lebih dioptimalkan untuk tujuan pengurangan terjadinya faktor kesalahan manusia (*human error*).
- Dapat dioperasikan oleh seorang operator dari satu posisi tempat.

Hasil evaluasi data operasi reaktor SBWR menunjukkan bahwa reaktor dengan desain seperti ini dapat mengurangi beban kerja operator antara 25% sampai 30% dibandingkan dengan desain reaktor sebelumnya. Fisik lingkungan kerja yang nyaman pada RKU SBWR, dapat meningkatkan kemudahan dalam memantau dan mengetahui penyimpangan yang terjadi pada jalannya operasi reaktor. Dari segi Interaksi Manusia Mesin, beban kerja dan *stress* akibat kerja pada Operator dapat ditekan, sehingga faktor kesalahan manusia (*human error*) dari Operator dapat dikurangi.

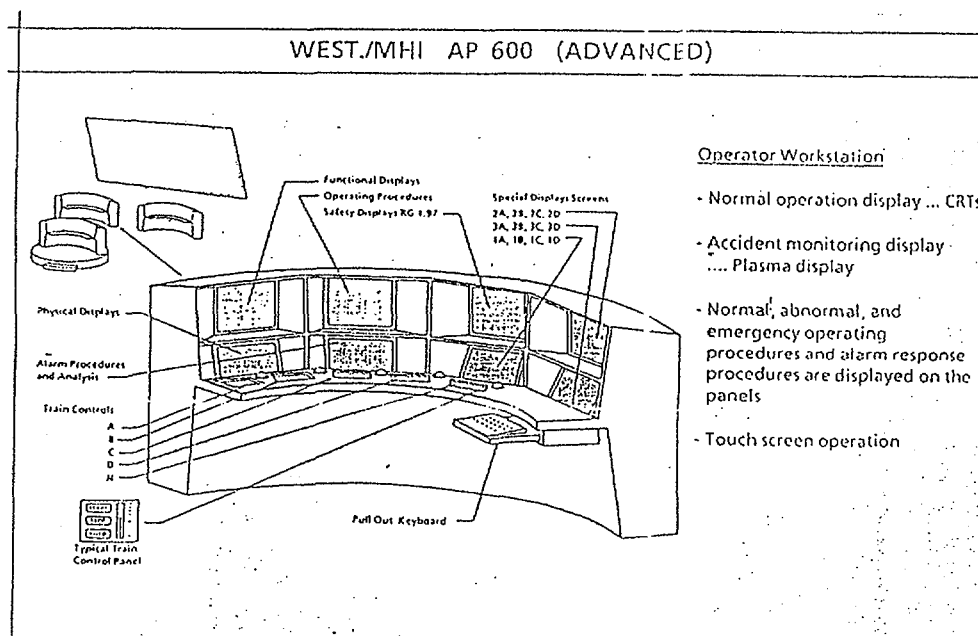
Ruang Kendali Utama Reaktor Jenis AP-600

Desain RKU AP-600 ini merupakan hasil kerja sama antara Westinghouse dan Mitsubishi, dimana RKU AP-600 ini didesain sebagai pusat operasi pemantauan dan pengendalian secara optimal. (lihat Gambar-6 dan 7). Adapun dasar pemikiran yang diterapkan pada desain RKU AP-600 ini adalah untuk mengurangi beban kerja dari operator, mengurangi terjadinya kesalahan operasi ataupun tindakan dari operator (*human error*) pada waktu bertugas, meningkatkan kualitas IMM antara operator dengan semua sistem kendali dan penampil yang ada pada peralatan di RKU, penyederhanaan desain dan peningkatan kualitas keandalan.

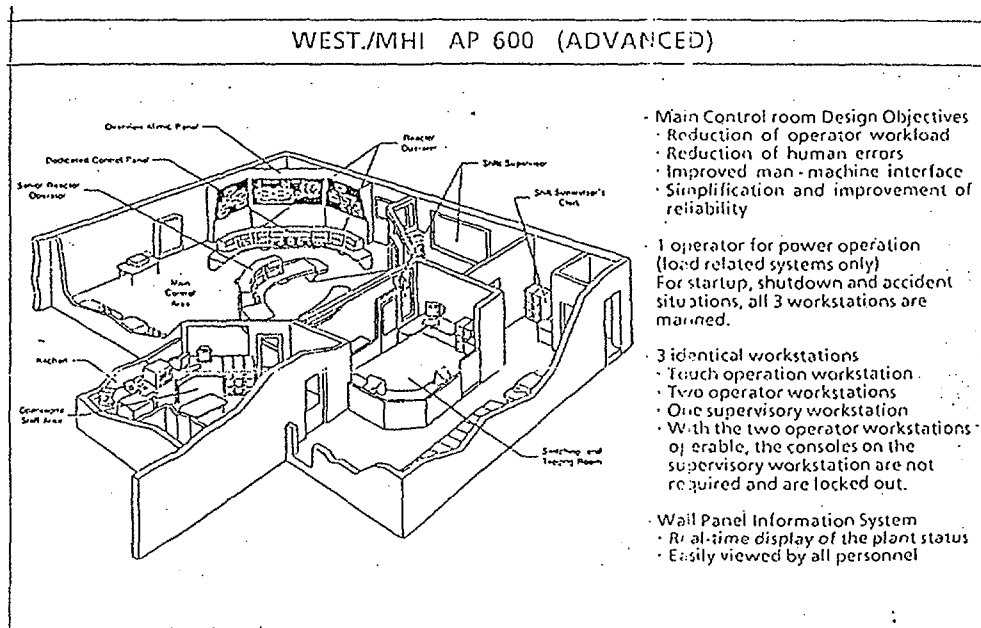
RKU AP-600 ini dirancang 3 '*workstation*' untuk 3 orang Operator dalam pengoperasiannya (termasuk supervisor), sedangkan pada kondisi normal cukup

seorang Operator untuk memonitor dan mengendalikannya. Untuk melakukan start-up, shutdown dan situasi kecelakaan (kegagalan operasi), ketiga 'workstation' ini harus dioperasikan oleh 3 orang operator yang bertugas. Ketiga 'workstation' ini dirancang secara identik untuk tujuan redundansi dalam rangka menjamin kelangsungan pengoperasian reaktor.

Semua kegiatan pemantauan dan pengendalian, yang dilakukan melalui beberapa CRT maupun *flat display* yang dilengkapi dengan sistem layar sentuh, sebagai upaya untuk meningkatkan fungsi Interaksi Manusia Mesin pada sistem RKU AP-600. Dengan adanya desain konsol kendali yang kompak pada RKU ini dapat mengurangi beban kerja dari operator yang sedang bertugas. Sistem operasi yang diberikan pada papan peraga lebar bersifat tampilan secara real-time dari status pengoperasian reaktor daya tersebut. Tampilan ini dapat dilihat dengan mudah oleh semua personil yang ada pada RKU AP-600.



Gambar 6. Tata letak dan desain RKU pada PLTN jenis AP-600.



Gambar 7. Denah lokasi RKU pada PLTN jenis AP-600.

KESIMPULAN

Pola dan disain dari RKU Reaktor Daya jenis LWR, dalam hal ini diambil jenis reaktor daya SBWR, ABWR dan AP-600, menunjukkan bahwa desainnya bertujuan untuk mengoptimalkan implementasi 'human factor engineering'. Demikian juga untuk sistem kontrol dan penampilnya, sehingga pengoperasian reaktor melalui RKU lebih memudahkan bagi operatornya, mengurangi beban kerja operator, mengurangi peluang terjadinya kesalahan operasi serta meningkatkan kualitas Interaksi Manusia Mesin di dalam RKU. Dengan diimplementasikannya teknologi *Artificial Intelligence* tingkat tinggi khususnya 'expert system', maka unjuk kerja dari sistem kontrol dan penampil pada RKU reaktor daya jenis LWR ini lebih dapat ditingkatkan lagi, antara lain dapat dioperasikannya sistem layar sentuh, sistem otomasi, *remote shutdown system*, dll. Meminimalkan 'multiple control panel' menghasilkan konsol yang lebih kompak, sehingga dalam keadaan normal dapat dioperasikan hanya oleh seorang operator dari satu posisi tempat duduk. Parameter fisik lingkungan kerja dari RKU dibuat memenuhi kriteria ergonomis. Desain seperti ini jelas akan mengurangi beban kerja dan stress operator akibat kerja di RKU reaktor daya ini, sehingga faktor kesalahan manusia (*human error*) dapat ditekan sekecil mungkin dan kegagalan operasi dapat dihindari.

DAFTAR PUSTAKA

1. 'Human Factor Guide for Nuclear Power Plan Control Room Development', EPRI NP-3659, August 1984.
2. 'Guide Line for Control Room Design Review', NUREG-700, August 1981.
3. Wesley E. Woodson, Human Factors Design Handbook, Mc. Graw Hill Book Company, 1981.
4. M.A. ROSS, K IWAKI, M. MAKINO, 'Control Room Design and Automation in the ABWR', IEEE Nuclear Power Syste Symposium, Arlington, VA, October 24 - 26, 1990.
5. T. TOMIZAWA, H. SHIMADA, S. TAKAMIYA, 'BWR Plant Advanced Control Panel', Toshiba Review No. 139, December 20, 1985.
6. SUHARYO WIDAGDO, dkk., 'Penelitian Segi Ergonomika Tata Letak dan Desain RKU calon PLTN Pertama di Indonesia', Laporan Tahunan PPTKR, Mei 1997.