

PENGEMBANGAN ANTARMUKA PROSEDUR BERBASIS KOMPUTER PADA REAKTOR PWR

Tulis Jojok Suryono, Sigit Santoso, Darlis, Suharyo W
Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir – BATAN
Gd.80 Kawasan Puspiptek Serpong
Email: suryono@batan.go.id

ABSTRAK

PENGEMBANGAN ANTARMUKA PROSEDUR BERBASIS KOMPUTER PADA REAKTOR PWR.

Operator dalam melakukan tugasnya untuk memantau dan mengendalikan reaktor nuklir harus selalu mengikuti prosedur yang telah ditetapkan baik dalam kondisi normal maupun darurat agar reaktor dapat terus beroperasi dengan selamat. Pada awalnya prosedur operasi nuklir adalah dalam bentuk *Paper Based Procedure* (PBP). Tipe prosedur ini mempunyai beberapa kelemahan diantaranya adalah terbatasnya informasi yang ditampilkan ke user, rumit karena harus dilakukan secara berurutan dan bersifat iterasi. Selain itu untuk membuat transisi antara langkah prosedur dan dokumen, operator harus mencari dan membaca PBP paralel dengan tugas pemantauan dan pengendalian. Dampaknya adalah operator dapat melakukan kesalahan dalam melakukan diagnosis suatu kejadian, kesalahan dalam mengambil keputusan dan tindakan sehingga dapat terjadi kecelakaan yang tidak diinginkan. Untuk mengatasi hal tersebut dikembangkan sistem *Computer Based Procedure* (CBP). Sistem ini mengadopsi sistem PBP ke dalam komputer dengan tampilan yang lebih informatif dan mudah untuk digunakan yaitu kemudahan dalam mencari prosedur, kemudahan dalam eksekusi serta dalam melakukan transisi antara langkah prosedur dan dokumen. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan antarmuka program simulasi prosedur berbasis komputer untuk single computer. Perancangan dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman dan aplikasi database mengacu pada data yang diperoleh dari standar terkait dan kajian literatur. Hasil rancangan antarmuka cukup merepresentasikan sistem yang sebenarnya pada reaktor PWR serta mempertimbangkan standar dan faktor manusia.

Kata kunci : *Paper Based Procedure*, *Computer Based Procedure*, antarmuka, faktor manusia

ABSTRACT

THE DEVELOPMENT OF COMPUTER BASED PROCEDURE INTERFACE FOR PWR REACTOR.

During their responsibility to monitor and control nuclear reactors, operator should follow the related procedure both in normal and emergency condition in order to keep the safe operation of the reactor. Previously, the procedure was *Paper Based Procedure* (PBP). However, this type of procedure has some drawbacks such as limited information presentation to the operator, complex because it should be conducted sequentially and iteratively. In addition, in order to make transition between procedure steps and documents, operator should scan and read PBP parallel with monitoring and controlling tasks. The impact is, operator may make mistakes in conducting diagnosis about incidents, making decisions and taking appropriate actions. The *Computer Based Procedure* (CBP) has been developed to overcome the problem. This system adopts PBP to the computer but more informative and easy to use, easy to find the procedure, easy to execute and make transition between procedure steps and documents. The purpose of the research is to develop interface of simulation program of computer based procedure for a single computer. The design was developed by using a programming language and database application based on data taken from related standards and literature review. The design of the interface fairly represents the actual system in PWR reactors and also considers the related standards and human factors

Keywords : *Paper Based Procedure*, *Computer Based Procedure*, interface, human factor

PENDAHULUAN

Keselamatan merupakan hal yang penting dalam pengoperasian PLTN. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi keselamatan PLTN diantaranya adalah faktor teknis dan faktor manusia. Faktor teknis dapat berasal dari teknologi dan desain dari PLTN tersebut, misalnya karena terjadinya kerusakan atau penuaan komponen. Faktor manusia adalah berasal dari operator atau personel yang mengoperasikan PLTN tersebut, sebagai contoh operator kurang disiplin dan tidak mengindahkan

prosedur pengoperasian yang telah ditetapkan. Selain itu, prosedur pengoperasian tersebut sulit untuk dimengerti dan dipahami sehingga operator melakukan kesalahan dalam mengambil keputusan dan melakukan tindakan jika terdapat kejadian di reaktor.

Prosedur pengoperasian PLTN berisi panduan bagi operator untuk memonitor, membuat keputusan dan mengendalikan reaktor baik dalam operasi normal maupun darurat yang bisa berdampak pada keselamatan instalasi. Prosedur yang mudah digunakan sangat diperlukan terutama setelah kejadian kecelakaan TMI-2 dan Chernobyl. Sehingga jika terjadi gangguan pada reaktor, operator akan dengan mudah melakukan tindakan sesuai dengan prosedur yang ada tanpa melakukan kesalahan diagnosis penyebab dari gangguan tersebut.

Pada awalnya, prosedur pengoperasian PLTN tersedia dalam bentuk *Paper Based procedure* (PBP). Dalam metode ini, prosedur ditulis atau dicetak di atas kertas (berbentuk teks dan gambar) dan dikumpulkan menjadi paket dokumen. Sistem ini tidak praktis dan rumit karena informasi yang ditampilkan ke operator terbatas. Selain itu, ada beberapa kelemahan diantaranya adalah informasi yang ditampilkan berdasarkan urutan serta membutuhkan beberapa iterasi dan langkah untuk menyelesaikan suatu prosedur. Kelemahan lainnya adalah beberapa prosedur peringatan tidak tersedia untuk semua kondisi reaktor. Selain itu, PBP merupakan dokumen statis sehingga mempunyai kelemahan dalam pengintegrasian proses informasi dan mengkonfirmasi eksekusi yang tepat [1].

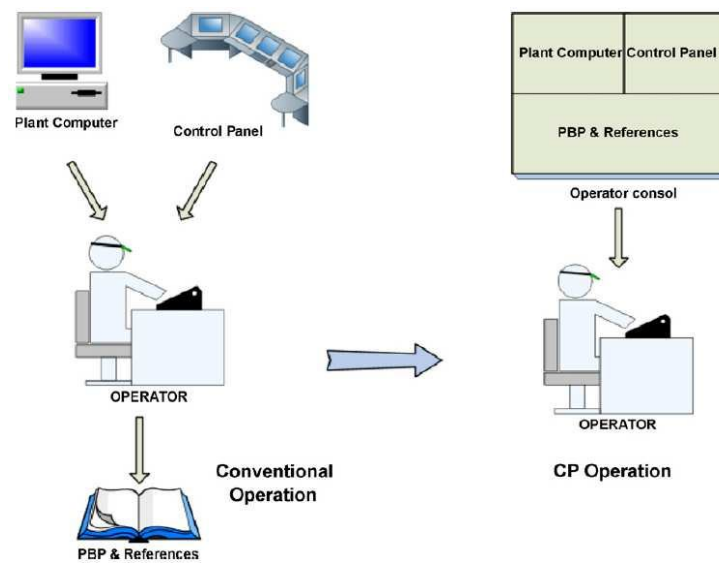
Untuk menanggulangi kelemahan sistem PBP tersebut maka dikembangkan sistem prosedur berbasis komputer (*Computer Based Procedure/CBP*). CBP mengadopsi atau mengembangkan PBP menjadi program komputer yang ditampilkan di unit penampil visual (CRT atau layar datar) pada meja konsol operator pada ruang kendali utama. Operator dapat mengakses prosedur tersebut menggunakan piranti *input* seperti *keyboard* dan *mouse*. Peralatan lain yang diperlukan adalah *printer* untuk mencetak prosedur yang diinginkan jika diperlukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan antarmuka program simulasi prosedur berbasis komputer untuk *single computer* (tidak terhubung dengan reaktor). Perancangan antarmuka prosedur hanya dibatasi untuk operasi normal dan darurat serta dirancang secara sederhana (tidak rumit) dan mudah untuk digunakan. Perancangan dilakukan berdasarkan standar terkait dan mempertimbangkan faktor manusia. Program antarmuka ini pada tahap penelitian selanjutnya akan ditambahkan dengan program *database* dan sistem pakar untuk tujuan analisis dan evaluasi

TEORI

Pada prinsipnya, PBP dan CBP mempunyai perbedaan yang cukup signifikan terutama pada pencarian dan penampilan informasi dan waktu yang diperlukan untuk mengakses prosedur tersebut. Gambar 1 menunjukkan perbedaan antara PBP dan CBP.

Dari Gambar 1 terlihat bahwa pada sistem PBP, terlalu banyak informasi yang diberikan ke operator dalam mengambil keputusan sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk mendiagnosis status reaktor serta membutuhkan biaya yang cukup banyak untuk pengadaan kertas untuk penulisan prosedur. Sedangkan untuk CBP, semua data yang diperlukan dapat disediakan di meja konsol, sehingga operator dapat dengan mudah, cepat dan tepat dalam mencari dan mendapatkan informasi serta mengambil keputusan atau tindakan terkait dengan status reaktor.

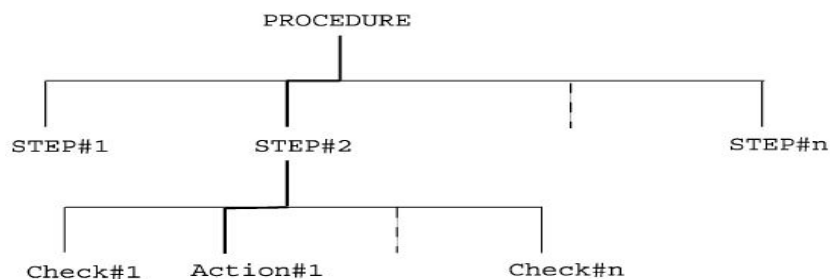


Gambar 1. Perbandingan *Paper Based* dan *Computer Based Procedure*[2]

Spesifikasi Prosedur Berbasis Komputer

1. Prosedur dan Step

Menurut Yeonsub [1] prosedur dapat digambarkan secara hirarkis karena terdiri atas beberapa *step* yang harus dilakukan atau dilalui. Tiap-tiap *step* terdiri atas beberapa tindakan (*action*) dan cek seperti terlihat pada Gambar 2. Di bawah cek dan tindakan masih terdapat beberapa elemen pendukung.



Gambar 2. Hirarki prosedur dan *step*

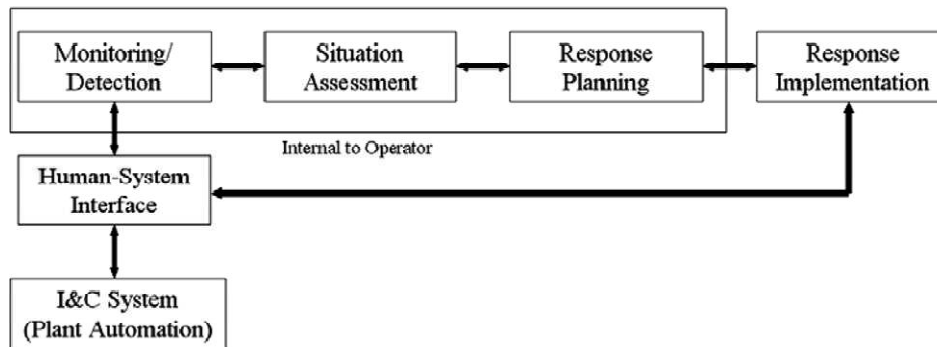
2. Titik Fokus dan Unit Eksekusi

Titik fokus merupakan titik-titik yang saling terhubung antara prosedur, *step* dan tindakan atau cek, seperti terlihat pada Gambar 2 berupa garis tebal yang menghubungkan prosedur, *step* dan tindakan. Semua sumber daya yang ada akan didistribusikan secara khusus pada titik fokus tersebut sehingga dapat menghemat waktu dan meningkatkan kinerja sistem. Unit eksekusi adalah elemen terbesar yang dapat dihitung dan dipahami tanpa membingungkan baik oleh komputer dan manusia. Dalam kasus ini, unit eksekusi adalah tindakan dan cek.

Sedangkan menurut Ohara, prosedur dapat direpresentasikan menjadi beberapa elemen yaitu:[3]

- 1) Identifikasi informasi seperti judul, nomer prosedur, nomer revisi dan tanggal;
- 2) Langkah tindakan dasar berupa kata kerja dan objek;
- 3) Peringatan, catatan dan informasi tambahan. Informasi ditampilkan dalam *format* teks atau *flowchart*.

Prosedur berfungsi sebagai monitoring dan deteksi, pengkajian situasi, perencanaan tanggapan dan implementasi tanggapan seperti terlihat pada Gambar 3.[4]



Gambar 3. Prosedur sebagai fungsi monitoring dan deteksi

Fungsi ini terkait dengan level automasi yaitu manual (fungsi dilakukan oleh operator tanpabantuan CBP); *advisory* (CBP hanya menyediakan saran); *shared* (CBP dan *operator* keduanya melakukan fungsi); *automated* (CBP melakukan fungsi tanpa intervensi *operator*).

Penggunaan CBP adalah untuk operasi normal, operasi darurat, tanggapan alarm serta pengujian, perawatan dan operasi peralatan. Dalam merancang CBP beberapa hal berikut ini harus dipertimbangkan yaitu: [5]

A. *Context-sensitivity*

CBP hanya akan menampilkan langkah prosedur yang relevan dengan kondisi yang sedang berlangsung. Dengan demikian, operator tidak akan terganggu dengan informasi yang tidak relevan. Untuk saat ini, keputusan dibuat berdasarkan masukan *user* sedangkan di masa yang akan datang keputusan dapat dibuat menggunakan status reaktor dan informasi reaktor lainnya.

B. *Simplified step logic*

CBP dapat mengurangi kerumitan logika *step* dengan cara menampilkan pernyataan IF/THEN sebagai pertanyaan yang terkait dengan kondisi yang diikuti oleh instruksi kondisi yang relevan.

C. *Automatic correct Component verification*

Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan *barcode* peralatan dan mencocokkan informasi peralatan dengan *database* pada piranti tersebut. Operator diijinkan untuk menjalankan *step* prosedur jika komponen yang benar telah diamati.

D. *Automatic place keeping*

Hal ini dilakukan secara otomatis oleh sistem CBP. Satu prosedur *step* hanya dapat ditampilkan sekali dan hanya satu *step* yang aktif. *Step* selanjutnya akan ditampilkan jika *step* sebelumnya telah selesai dilakukan. Hal ini mempunyai keuntungan yaitu dapat mengurangi melewatkan *step* secara tidak sengaja.

Secara umum perbandingan antara *Paper Based Procedure* (PBP) dan *Computer Based Procedure* (CBP) disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan antara PBP dan CBP

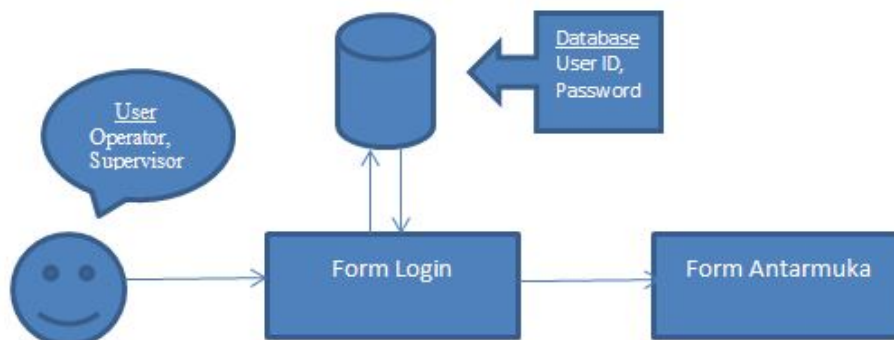
No	PBP	CBP
1	Step prosedur dilakukan secara berurutan	Step prosedur dapat dilakukan secara tidakberurutan
2	Membutuhkan waktu yang lama untuk mencari dan melaksanakan prosedur	Waktu yang diperlukan lebih singkat
3	Referensi silang antara <i>step</i> dan prosedur dapat mengakibatkan kesalahan dan delay dalam kinerja tugas	Menyediakan fasilitas referensi silang
4	Memerlukan beban kerja yang tinggi	Dapat mengurangi beban kerja kognitif

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan kajian dari beberapa literatur dan standar yang terkait dengan perancangan sistem prosedur berbasis komputer, dan dilanjutkan dengan tahap pengembangan antarmuka. Data dan pengetahuan yang diperoleh kemudian digunakan sebagai dasar untuk tahap perancangan. Pengembangan program antarmuka simulasi dibuat menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic .NET* dan aplikasibasis data *MS Access*. Tahap perancangan juga memperhatikan aspek faktor manusia dengan tujuan agar mudah digunakan dan mempunyai usabilitas yang tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, program simulasi sistem prosedur berbasis komputer yang dibuat mempunyai dua komponen utama yaitu *form login* dan *form antarmuka* serta komponen *database* yang berisi data tentang *username* dan *password*. Gambar 4 menunjukkan diagram komponen program sistem prosedur berbasis komputer.



Gambar 4. Diagram sistem prosedur berbasis komputer

Berikut adalah penjelasan mengenai kedua komponen tersebut.

1. Form login

Form login digunakan sebagai ijin untuk mengakses program antarmuka. Dengan demikian, hanya orang tertentu yang bisa menggunakan antarmuka prosedur tersebut. Ijin akses tersebut dibagi menjadi dua yaitu untuk supervisor dan operator. Selain itu, tujuan dari penggunaan *form login* ini adalah untuk mencatat aktivitas operator dan supervisor dalam menggunakan sistem tersebut. *Form login* ini terhubung dengan sistem database. Pada saat *user* memasukkan *username* dan *password* pada *form login* tersebut maka sistem akan melakukan pencocokan pada data-data yang terdapat pada database. Jika terdapat kesesuaian maka *form antarmuka* akan ditampilkan ke *user* sesuai dengan hak

akses *user* tersebut. Akan tetapi jika data yang dimasukkan tidak cocok maka *user* akan diberi peringatan dan diminta untuk melakukan pengisian ulang *form*. Gambar 5 menunjukkan *form login* untuk antarmuka sistem prosedur berbasis komputer.



Gambar 5. Form login untuk antarmuka sistem prosedur berbasis komputer

2. Form Antarmuka

Setelah *user* (baik *supervisor* maupun *operator*) melakukan *login*, maka akan ditampilkan *form* antarmuka seperti terlihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Representasi *form* antarmuka dari sistem prosedur berbasis komputer adalah sebagai berikut:

1. Menu

Menu terletak di bagian atas program. Menu berisi *File* (buka dan tutup), Pilih prosedur (untuk kondisi operasi normal dan daurat), Prosedur (tambah dan ubah prosedur) dan Bantuan. Jika *user login* sebagai *supervisor* maka menu Prosedur akan ditampilkan, seperti terlihat pada Gambar 6. Menu Prosedur tidak akan ditampilkan jika *user login* sebagai *operator* (Gambar 7). Dengan kata lain, *user operator* tidak mempunyai hak untuk melakukan penambahan, perubahan dan penghapusan prosedur.

2. Daftar (*list*) prosedur

Bagian ini berisi daftar prosedur yang ada dalam program tersebut. *User* dapat memilih prosedur yang diinginkan setelah mencari dalam daftar tersebut.

3. Pencarian prosedur

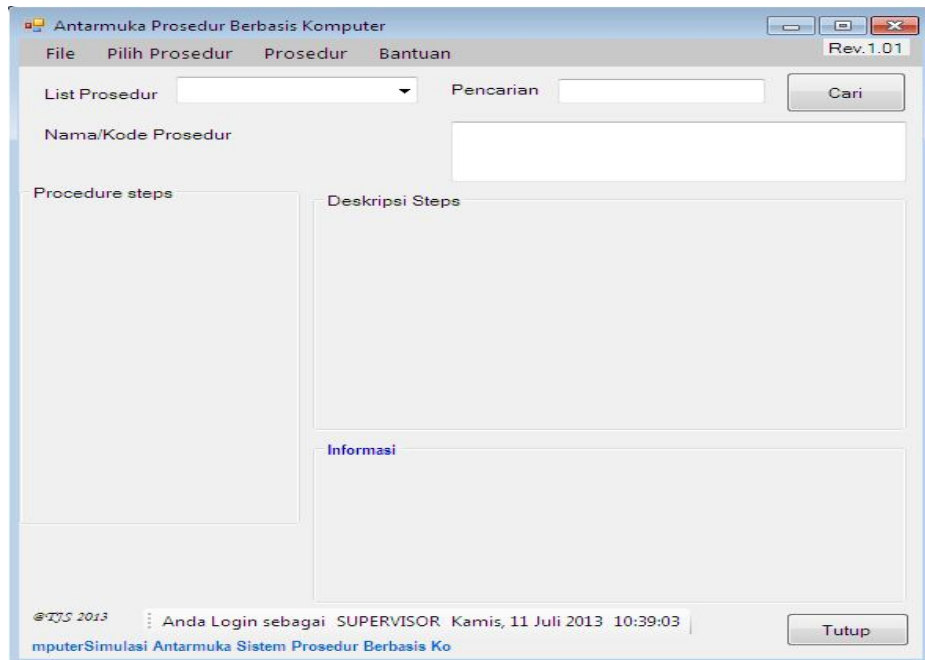
Cara lain untuk mencari prosedur yang diinginkan adalah dengan menggunakan *form* pencarian. Pencarian dapat dilakukan menggunakan kata kunci. Jika ada prosedur yang sesuai dengan kata kunci yang dimasukkan maka hasilnya akan ditampilkan pada program antarmuka dan kemudian *user* dapat memilih prosedur yang diinginkan tersebut.

4. Kode dan Nama Prosedur

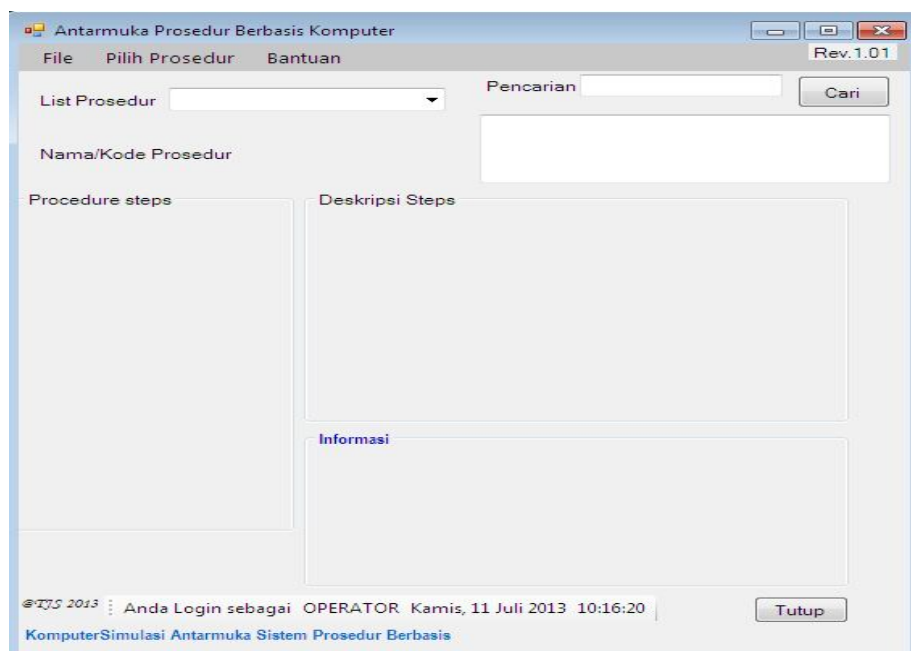
Kode dan nama prosedur akan ditampilkan pada bagian Kode dan Nama prosedur setelah *user* memilih prosedur yang diinginkan. Tujuannya adalah untuk memberikan informasi dan pengingat kepada *user* tentang prosedur yang sedang dibuka atau digunakan. Selain kode dan nama prosedur, *step* atau langkah-langkah dalam prosedur tersebut juga ditampilkan dalam bagian *step* atau *flowchart*.

5. Step prosedur

Step prosedur berisi langkah-langkah yang harus dilakukan dan dilalui oleh *user* terkait dengan prosedur yang diinginkan. Setiap *user* menekan tombol *step*, satu per satu deskripsi *step* tersebut akan ditampilkan pada bagian deskripsi *step*, seperti terlihat pada Gambar 8



Gambar 6. Antarmuka prosedur berbasis komputer: User login sebagai supervisor



Gambar 7. Antarmuka prosedur berbasis komputer: User login sebagai operator

6. Deskripsi *step*

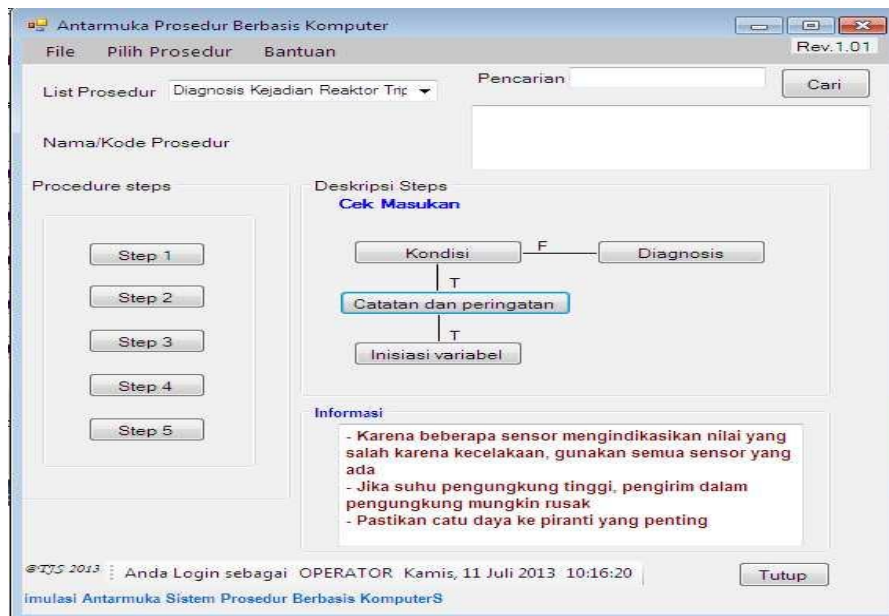
Deskripsi *step* dapat berupa teks, gambar, *flowchart* atau *logic tree* diagram. *User* harus melalui semua tahapan *step* dalam deskripsi *step* tersebut seperti terlihat pada Gambar 8.

7. Informasi tambahan

Informasi-informasi yang terkait dengan masing-masing komponen dalam deskripsi *step* ditampilkan dalam *field* informasi tambahan (Gambar 8).

8. Nomer revisi

Prosedur dalam program antarmuka tersebut dapat ditambah atau diubah sehingga diperlukan nomer revisi untuk mengetahui sampai sejauh mana program atau prosedur tersebut mengalami perubahan. Nomer revisi terletak di pojok kanan atas pada program antarmuka.

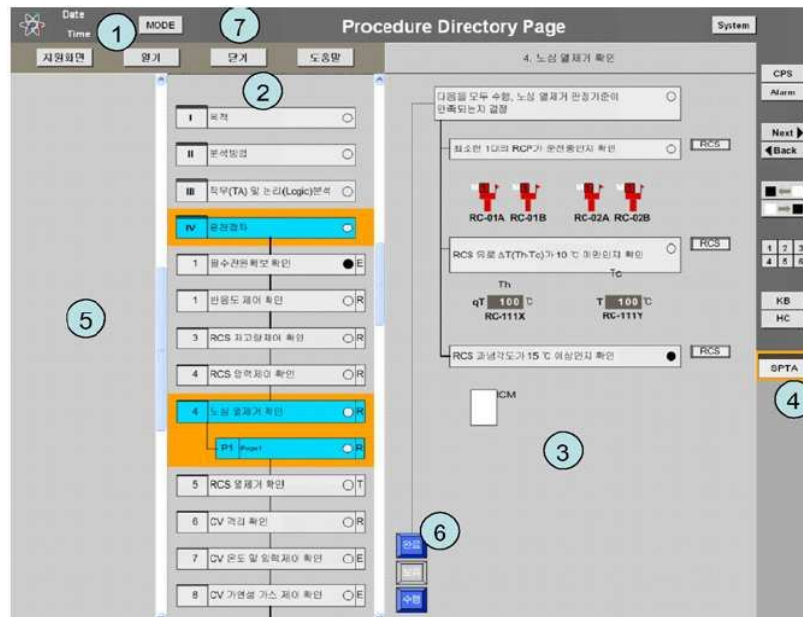


Gambar 8. Deskripsi dan informasi *step* prosedur pada tampilan antarmuka

Perbandingan dengan Sistem Lain

Ada beberapa sistem prosedur berbasis komputer yang telah digunakan baik untuk tujuan penelitian atau simulasi maupun yang sudah terhubung dengan reaktor. Salah satu diantara sistem tersebut adalah *Computerised Procedure System (CPS)* untuk simulator PWR APR 1400[2]. CPS merupakan bagian dari sistem terkomputerisasi dari simulator APR1400. CPS mencakup prosedur untuk operasi normal, abnormal dan darurat. Informasi ditampilkan dalam bentuk *flowchart* dan diagram pohon. Tampilan antarmuka CPS terlihat pada Gambar 9. Seperti terlihat pada gambar, antarmuka CPS mempunyai beberapa bagian (panel) dan beberapa tombol. Jika tombol (1) ditekan maka akan muncul *form* daftar (*list*) dan pencarian prosedur. Prosedur yang dipilih kemudian akan ditampilkan pada bagian (2) yaitu berupa aliran prosedur yang terdiri atas beberapa *step*. Jika salah satu dari *step* tersebut diklik maka informasi detail mengenai *step* tersebut akan ditampilkan pada bagian (3). Panel (4) berisi manajemen untuk prosedur ganda, sedangkan panel (5) berisi tentang *monitoring*. Tombol (6) untuk keperluan eksekusi prosedur dan tombol (7) untuk menutup prosedur.

Sistem CPS juga mempunyai fasilitas untuk menambah, mengubah dan menghapus prosedur. Setiap terjadi perubahan prosedur maka diberikan nomer revisi tersebut. Perubahan prosedur harus melalui proses validasi sebelum penggunaan lebih lanjut.



Gambar 9. Tampilan antarmuka CPS untuk simulator APR1400 [2]

Pertimbangan Faktor Manusia

Program simulasi antarmuka prosedur berbasis komputer dirancang dengan mempertimbangkan aspek faktor manusia, yaitu:

1) Tampilan antarmuka

Tampilan merupakan faktor yang cukup penting dan merupakan hal pertama yang akan dilihat dan dinilai. Dalam perancangan program ini, penampikan juga sangat pertimbangan, misalnya penempatan komponen-komponen atau *field* dalam *form*, pemilihan ukuran huruf dan pemilihan warna. Tujuannya adalah selain untuk kenyamanan juga untuk mengurangi resiko kesalahan *user* dalam menggunakan program tersebut. Selain itu prosedur yang dibuat telah mencakup informasi indentifikasi seperti judul, nomer prosedur dan nomer revisi seperti yang disyaratkan oleh NUREG 0700.[6]

2) Kategorisasi prosedur

Dalam *form* antarmuka tersebut terdapat pengkategorian prosedur yaitu untuk operasi normal dan darurat. Hal ini bertujuan untuk memudahkan *user* memahami level prosedur, maksud dan tujuan prosedur serta memudahkan dalam pengkajian prosedur untuk mencapai operasi selamat.

Komponen prosedur Sistem antarmuka ini dirancang secara sederhana, tidak rumit dan mudah untuk digunakan. Langkah-langkah prosedur yang digunakan cukup mudah untuk diikuti dan dijalankan. Dengan demikian, kesalahan *user* dalam menggunakan program ini dapat dikurangi atau dihindari.

KESIMPULAN

Prosedur berbasis komputer (CBP) sebagai bagian dari sistem bantu operator diharapkan dapat memudahkan tugas operator dalam memantau dan mengendalikan reaktor. Kemudahan penggunaan CBP juga dipengaruhi oleh desain antarmuka prosedur tersebut. Perancangan antarmuka prosedur dalam penelitian ini mengacu pada standar perancangan yang terkait diantaranya NUREG dan persyaratan EPRI. Antarmuka prosedur berbasis komputer dikembangkan dengan tampilan yang sederhana, mudah dibaca dan digunakan serta hanya menampilkan informasi yang dibutuhkan, sesuai

dengan prosedur yang diinginkan operator/supervisor. Hasil pengembangan antarmuka tersebut cukup merepresentasikan sistem yang sebenarnya pada reaktor PWR serta telah mempertimbangkan faktor manusia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Yeonsub Jung, PoongHyun Seong dan ManCheol Kim, (2004), A model for computerized procedures based on flowcharts and success logic trees, *Reliability Engineering and System Safety* 26: 351–362
2. Jin-Hyuk Hong, Myeong-Soo Lee, Do-Hyun Hwang, (2009), Computerized procedure system for the APR1400 simulator, *Nuclear Engineering and Design* 239: 3092-3104
3. J. M. O'Hara, J. C. Higgins, W. F. Stubler dan J. Kramer, (2010), *Computer-Based Procedure Systems: Technical Basis and Human Factors Review Guidance*, NUREG CR-6634
4. Kun Mo, Seung Jun Lee, Poong Hyun Seong, (2007), A neural network based operation guidance system for procedure representation and operation validation in nuclear power plants, *Annals of Nuclear Energy* 34: 813–823
5. Johanna Oxstrand, Katya Le Blanc, Seth Hays (2012), *Evaluation of Computer-Based Procedure System Prototype*, Idaho National Laboratory
6. J.M O'Hara , W.S. Brown, M. Lewis and J.J. Persensky (2002), Human-System Interface Design Review Guidelines, *NUREG 0700 Rev.2*

DISKUSI/ TANYA JAWAB :

PERTANYAAN : Winarti, UIN- Sunan Kalijaga)

- Jika terjadi masalah apa penanda/alarm yang menunjukkan masalahnya ?
- Alarm input dalam program/luar program ?

JAWABAN : (Tulis Jojok Suryono, PTRKN-BATAN)

- Alarm terdapat/dapat dilihat di layer peraga lebar. Operator kemudian mencari solusi dan prosedur dapat dengan cara mencari dalam list prosedur atau dengan mengetik kata kunci dalam form pencarian prosedur
- Alarm berada diluar proses.