

ANALISIS DESAIN SISTEM INSTRUMENTASI UNTUK AKTUASI SISTEM PROTEKSI DURESS

Sudarno

Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nulir, BATAN
Email : sudarno@batan.go.id

ABSTRAK

ANALISIS DESAIN SISTEM INSTRUMENTASI UNTUK AKTUASI SISTEM PROTEKSI DURESS. Faktor keselamatan adalah prioritas utama dalam pengoperasian sistem yang mempunyai dampak resiko tinggi seperti reaktor nuklir. Sistem proteksi berfungsi sebagai pencegahan terjadinya kecelakaan pada instalasi apabila terjadi gangguan dalam operasi. Dalam penelitian ini telah dilakukan analisis perancangan sistem instrumentasi untuk aktuasi sistem proteksi instalasi DURESS (Dual Reservoir Simulation System) yang merupakan instalasi untuk simulasi sistem kompleks. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bahwa desain sistem proteksi pada DURESS dapat memenuhi fungsi keselamatan dan mempunyai tingkat keandalan cukup tinggi. DURESS adalah suatu instalasi termohidrolika yang dikembangkan sebagai peralatan eksperimen. Perancangan sistem proteksi adalah untuk mencegah sistem dari terjadinya kecelakaan apabila muncul gangguan operasi yang akan menyebabkan adanya nilai-nilai parameter keselamatan melewati batas operasi normal. Inputan untuk rangkaian logika adalah nilai-nilai parameter dari level air dan temperatur dalam tangki. Sinyal trigger yang berupa sinyal logika (bistable) diolah pada rangkaian logika untuk menghasilkan sinyal aktuasi sistem proteksi, yang akan melakukan pengamanan proses dengan cara mengaktifkan relai untuk memutus suplai listrik utama ke pemanas dan pompa. Dengan demikian kejadian abnormal dalam operasi tidak akan menyebabkan kecelakaan pada sistem karena sistem akan mengalami trip otomatis ketika mendeteksi kejadian anomali. Evaluasi hasil rancangan dilakukan dengan membuat simulasi perangkat lunak dan memberikan sinyal-sinyal input untuk mengaktifkan sistem proteksi. Dari simulasi tersebut dapat disimpulkan bahwa tugas-tugas yang harus dilakukan oleh sistem proteksi sudah terpenuhi.

Katakunci : aktuasi, sistem proteksi, instrumentasi

ABSTRACT

DESIGN ANALYSIS OF INSTRUMENTATION SYSTEM FOR ACTUATION OF DURESS PROTECTION SYSTEM. Safety is the main priority in operating system with high risk impact such as nuclear reactor. The protection system aims to prevent installation accidents if disturbances arise during operation. In this research a design analysis of instrumentation system for actuation of DURESS protection system has been done. DURESS (Dual Reservoir Simulation System) is a thermal hydraulic installation of complex system simulation. The objective of this research is to ensure that the design of DURESS protection system can fulfill safety function with high reliability. Protection system design is to prevent accident if there is any safety parameter value which is greater than the normal operation limit. Logic circuit input parameters are water level and temperature in the both reservoirs. These bistable trigger signals are processed by logic circuit to produce actuation signal of protection system, which in turn will cut off the electrical supply for pumps and heaters. Thus abnormal operation will not cause accident by actuating automatic trip system. The evaluation of design is done by software simulation, the trigger signals are generated to activate the protection system. From the simulation it can be concluded that the protection system design has conformed task to trip the installation automatically when demanded.

Keywords: actuation, protection system, instrumentation.

1. PENDAHULUAN

Faktor keselamatan adalah faktor paling utama dalam pengoperasian sistem yang mempunyai dampak resiko tinggi, seperti reaktor nuklir. Dalam reaktor, sistem proteksi reaktor berfungsi sebagai pencegahan terjadinya kecelakaan pada reaktor apabila terjadi gangguan dalam operasi reaktor. Oleh karena itu sistem proteksi reaktor harus dapat bekerja pada saat diperlukan.

Pengendalian reaktivitas merupakan fungsi keselamatan utama yang harus dipenuhi untuk menjaga reaktor dalam *safe shutdown mode*. Sistem Proteksi Reaktor melakukan fungsi pengendalian reaktivitas melalui trip reaktor sesuai dengan kondisi kecelakaan.

Perancangan sistem proteksi reaktor didasarkan pada sekumpulan kejadian awal (*initiating events*) yang dipostulasikan, yang harus dipertimbangkan dalam analisis keselamatan⁽¹⁾. Untuk tiap-tiap kejadian tersebut harus ditentukan batas konsekuensi yang diperbolehkan. Suatu *postulated initiating event* terdeteksi apabila terdapat sejumlah variabel reaktor mempunyai nilai yang berada di luar nilai batas keselamatan, misalnya fluks neutron (daya reaktor) tinggi atau permukaan air reaktor rendah. Variabel-variabel yang berkaitan dengan *initiating events* tersebut biasa disebut *initiating criteria*.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis tentang keandalan sistem proteksi reaktor untuk mengetahui tingkat kegagalan dalam melakukan trip reaktor⁽²⁾.

Sedangkan dalam penelitian ini akan dilakukan analisis perancangan sistem instrumentasi dan kendali untuk aktuasi sistem proteksi. Perancangan sistem proteksi diterapkan pada instalasi DURESS (Dual Reservoir Simulation System) yang merupakan instalasi untuk simulasi sistem kompleks. DURESS adalah suatu instalasi termohidrolika yang dikembangkan sebagai peralatan eksperimen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sistem instrumentasi dan kendali untuk aktuasi sistem proteksi.

2. PERANGKAT DURESS

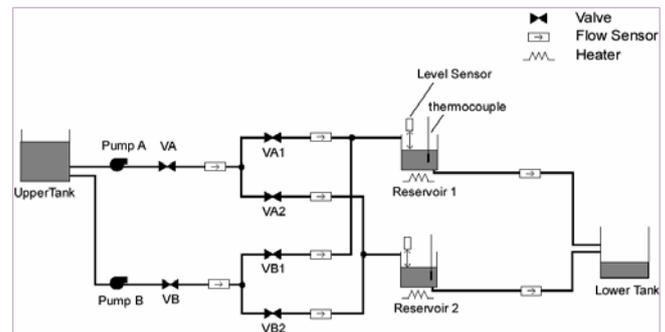
Pada saat ini perangkat DURESS sudah ada di Laboratorium Simulasi PTRKN. DURESS adalah suatu instalasi termohidrolika yang dikembangkan sebagai peralatan eksperimen. Kompleksitas DURESS ditunjukkan oleh terpasangnya sekitar 34 variabel proses yang direpresentasikan oleh berbagai aliran sensor dan komponen-komponen pengukur besaran alam

seperti tampak pada gambar 1. Sistem ini terdiri dari dua jalur aliran air yang masing-masing terdiri dari pompa dan 3 buah *valve* dan memberikan air ke dalam dua bak penampung air.

Tujuan pengendalian sistem adalah menjaga agar setiap bak penampung berada pada temperatur tetap tertentu sesuai yang diinginkan menggunakan pemanas, dan menjaga agar bak penampung memiliki cukup air untuk dapat mengalirkan keluar pada laju alir yang diinginkan.

Karena perangkat DURESS memiliki karakteristik sebagai sistem kompleks, maka dalam penelitian ini perangkat tersebut dipergunakan untuk mensimulasikan reaktor nuklir generasi maju. Diagram blok DURESS dapat dilihat pada Gambar 1, sedangkan parameter-parameter terkait dapat dilihat pada Tabel 1.

Gambar 1. Diagram aliran pada instalasi DURESS



Tabel 1. Daftar Variabel Proses

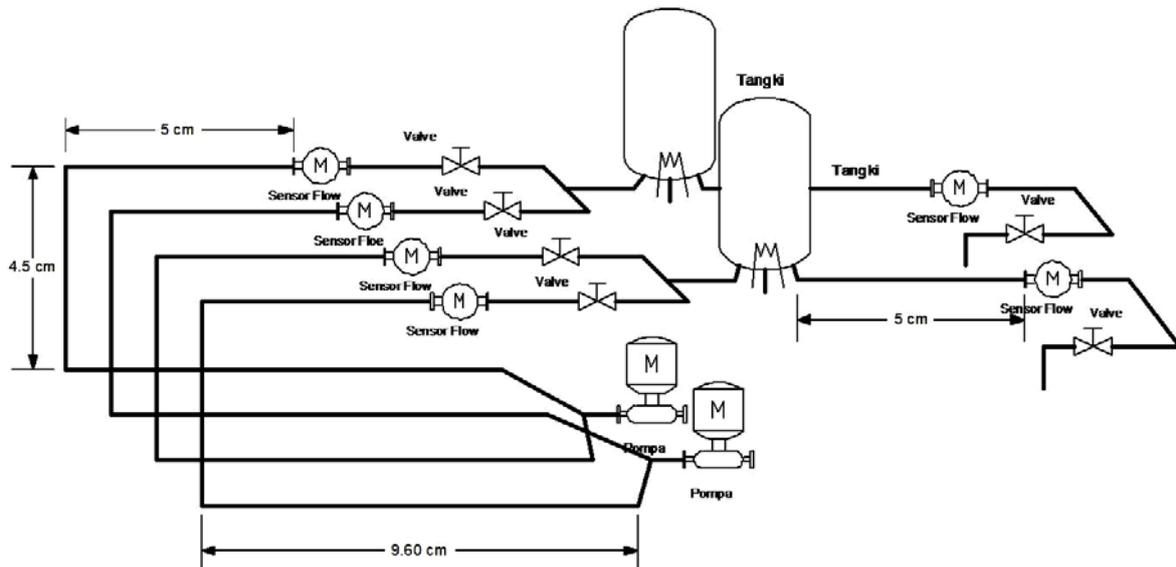
Variabel Temperatur
T_1 = temperatur tangki 1
T_2 = temperatur tangki 2
Variabel Massa :
D_1 = laju alir yang diinginkan pada tangki 1
D_2 = laju alir yang diinginkan pada tangki 2
M_{I1} = laju alir massa input untuk tangki 1
M_{I2} = laju alir massa input untuk tangki 2
V_1 = volume tangki 1
V_2 = volume tangki 2

Tabel 1. Daftar Variabel Proses (Lanjutan)

Tabel 1. Daftar Variabel Proses (Lanjutan)

<p>Variabel Energi :</p> <p>E_1 = energi total yang tersimpan di tangki 1 E_2 = energi total yang tersimpan di tangki 2 E_{11} = laju alir masukan energi ke tangki 1 E_{12} = laju alir masukan energi ke tangki 2 E_{O1} = laju alir keluaran energi dari tangki 1 E_{O2} = laju alir keluaran energi dari tangki 2</p>
<p>Laju Perpindahan Panas</p> <p>FH_1 = aliran dari pemanas (<i>heater</i>) 1 FH_2 = aliran dari pemanas (<i>heater</i>) 2</p>
<p>Laju Alir</p> <p>FA = laju alir dari katup VA FB = laju alir dari katup VB $FA1$ = laju alir dari katup VA1 $FB1$ = laju alir dari katup VB1 $FA2$ = laju alir dari katup VA2 $FB2$ = laju alir dari katup VB2 FPA = laju alir dari katup PA FPB = laju alir dari katup PB</p>

<p>Daya Pemanas (<i>heater</i>)</p> <p>HTR_1 = daya pemanas (<i>heater</i>) pada tangki 1 HTR_2 = daya pemanas (<i>heater</i>) pada tangki 2</p>
<p>Daya Pompa</p> <p>P_A = daya pompa A P_B = daya pompa B</p>
<p>Setting Katup</p> <p>V_A = <i>setting</i> katup awal aliran air umpan A V_B = <i>setting</i> katup awal aliran air umpan B V_{A1} = <i>setting</i> katup 1 aliran air umpan A V_{B1} = <i>setting</i> katup 1 aliran air umpan B V_{A2} = <i>setting</i> katup 2 aliran air umpan A V_{B2} = <i>setting</i> katup 2 aliran air umpan B</p>



Gambar 2. Diagram Pemipaan Perangkat DURESS

Sedangkan perancangan sistem proteksi adalah untuk mencegah sistem dari terjadinya kecelakaan apabila muncul gangguan operasi yang tidak dapat diatasi oleh sistem Kendali. Hal ini akan menyebabkan adanya nilai-nilai parameter keselamatan yang melewati batas operasi normal. Parameter keselamatan dalam sistem ini adalah level dan temperatur air pada kedua tangki. Aktuasi sistem proteksi adalah dengan mematikan kerja pompa atau heater melalui pemutusan aliran listrik dari sumbernya. Rangkaian logika yang dirancang bertujuan melakukan tugas sistem proteksi berikut:

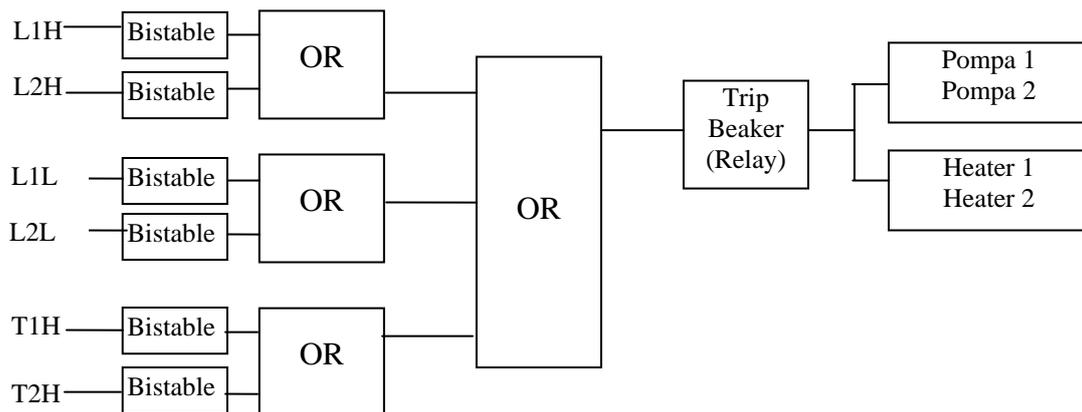
- Jika level air di salah satu tangki melewati batas maksimal, matikan pompa dan heater.
- Jika level air disalah satu tangki kurang dari batas minimal, matikan pompa dan heater.
- Jika temperatur air di salah satu tangki melebihi batas maksimal, matikan pompa dan heater.
- Jika level air kurang dari batas minimal pada saat *start-up*, aktifkan interlock untuk menonaktifkan *heater*.

Inputan untuk rangkaian logika adalah nilai-nilai parameter dari level air dan temperatur dalam tangki. Nilai-nilai parameter tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai batas untuk masing-masing parameter, dan menghasilkan sinyal logika (bistable) untuk inisiasi sistem proteksi DURESS. Berikutnya adalah bagian rangkaian logika yang mengolah sinyal-sinyal bistable untuk menghasilkan sinyal aktuasi sistem proteksi, yang

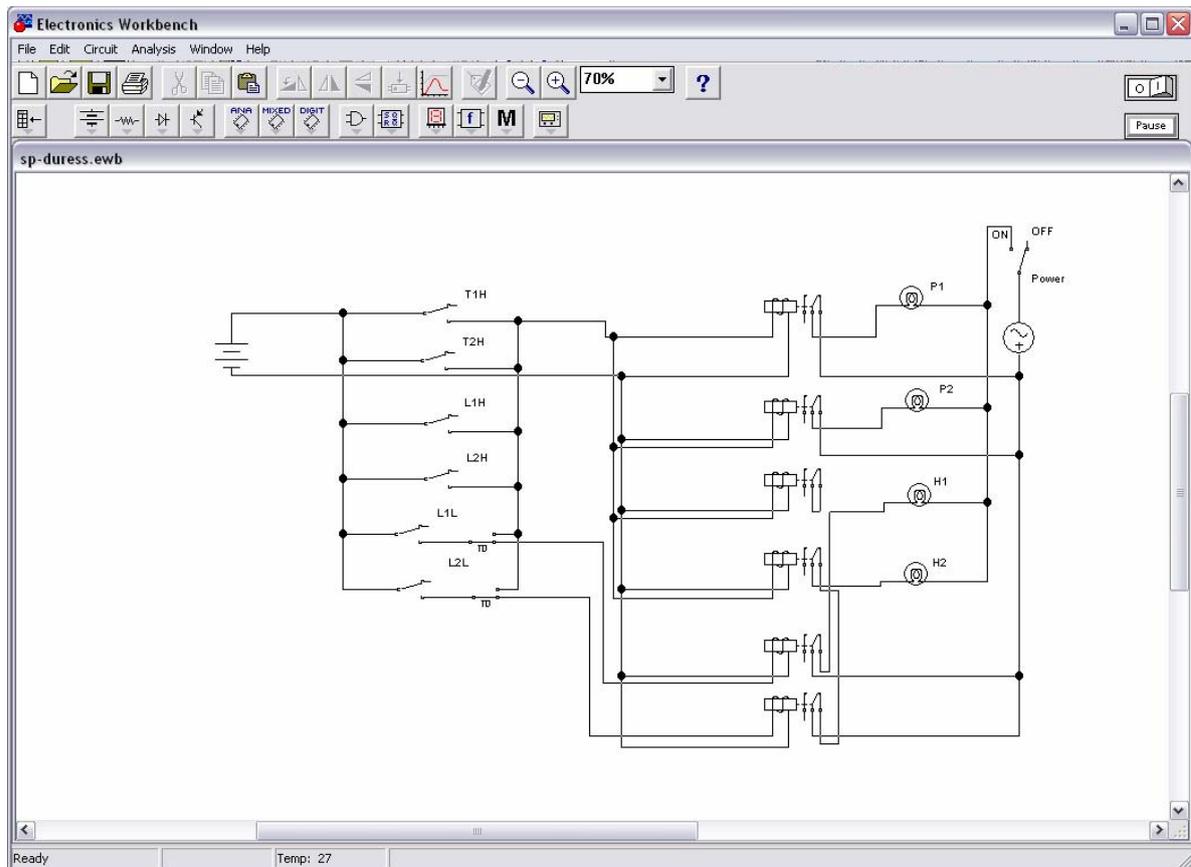
akan melakukan pengamanan proses dengan cara mengaktifkan relai (normally closed) untuk memutus suplai listrik utama ke pemanas dan pompa. Dengan demikian kejadian abnormal dalam operasi tidak akan menyebabkan kecelakaan pada sistem karena sistem akan mengalami trip otomatis ketika mendeteksi kejadian anomali. Diagram blok rangkaian logika sistem proteksi ditampilkan dalam Gambar 4.

Evaluasi hasil rancangan dilakukan dengan membuat simulasi perangkat lunak dari rangkaian logika pada Gambar 4. Perangkat lunak yang digunakan adalah Electronic Workbench. Alasan pemilihan program aplikasi ini adalah kemudahan dalam menggambarkan rangkaian elektronika karena sudah tersedia model untuk visual untuk komponen-komponen elektronika. Selain itu juga dapat dilakukan simulasi dinamik rangkaian yang dibuat, sehingga memudahkan dalam mendeteksi jika ada kesalahan. Tampilan program dapat dilihat pada Gambar 5.

Untuk dapat mengetahui sesuai tidaknya tugas sistem proteksi pada saat diminta, simulasi dilakukan memberikan sinyal-sinyal input untuk mengaktifkan system proteksi. Berbagai kemungkinan kejadian tunggal atau simultan dari nilai level air dan temperatur air pada tangki 1 atau tangkai 2 telah dilakukan pengujian, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 4. Diagram blok inisiasi dan aktuasi sistem proteksi DURESS 1 kanal.



Gambar 5. Tampilan diagram rangkaian logika untuk simulasi sistem proteksi DURESS.

Tabel 2. Hasil pengujian rangkaian sistem proteksi

Sinyal Input Terdeteksi	Aktuasi relai pada komponen
Mode operasi:	
L1H	P1, P2, H1, H2
L2H	P1, P2, H1, H2
L1L	P1, P2, H1, H2
L2L	P1, P2, H1, H2
T1H	P1, P2, H1, H2
T2H	P1, P2, H1, H2
L1H, L2H	P1, P2, H1, H2
L1L, L2L	P1, P2, H1, H2
Mode start up :	
L1L	H1 interlock
L2L	H2 interlock
L1L, L2L	H1, H2 interlock

Dari berbagai inputan tersebut, system proteksi akan melakukan aktivasi trip otomatis dengan memutus suplai arus listrik untuk pompa

dan heater. Dari simulasi tersebut dapat disimpulkan bahwa tugas-tugas yang harus dilakukan oleh sistem proteksi seperti yang disebutkan diatas sudah terpenuhi.

Desain sistem proteksi DURESS belum menggunakan redundansi, karena *backup* trip secara manual mudah dilakukan. Untuk system dengan dampak resiko yang berbahaya, maka tingkat keandalan system proteksi dapat ditingkatkan dengan membuat redundansi 2, 3 atau 4 kanal.

5. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah dilakukan analisis perancangan sistem instrumentasi dan kendali untuk aktuasi sistem proteksi instalasi DURESS (Dual Reservoir Simulation System) yang merupakan instalasi untuk simulasi sistem kompleks. Inputan untuk rangkaian logika adalah nilai-nilai parameter dari level air dan temperature dalam tangki. Nilai parameter input yang melewati batas normal akan menyebabkan sistem akan mengalami trip otomatis ketika mendeteksi kejadian anomali. Evaluasi hasil rancangan dilakukan dengan membuat simulasi

perangkat lunak dan memberikan sinyal-sinyal input untuk mengaktifkan system proteksi. Dari simulasi tersebut dapat disimpulkan bahwa tugas-tugas yang harus dilakukan oleh sistem proteksi seperti yang disebutkan diatas sudah terpenuhi. Untuk meningkatkan keandalan sistem proteksi perlu menggunakan redundansi jumlah kanal.

DAFTAR PUSTAKA

1. --, , “Protection System and Related Features in Nuclear Power Plants”, IAEA Safety Series No. 50-SG-D3, 1980
2. Sudarno dkk, “Analisis Keandalan Sistem Proteksi Reaktor PWR”, Prosiding Laporan Penelitian 2006, PTRKN-BATAN, 2006.
3. --,,”Nuclear Power Plant Instrumentation and Control – A Guide Book”, Technical Report Series No.239, IAEA, 1984.
4. T. E. Wierman, S. T. Beck,M. B. Calley, S. A. Eide,C. D. Gentillon, W. E. Kohn, ”Babcock&Wilcox Reactor Protection System 1984-1998”, NUREG/CR-5500, Volume 11, November 2001.

TANYA JAWAB