

RANCANG BANGUN SIMULATOR SISTEM INTERLOCK PADA IRADIATOR MERAH PUTIH BERBASIS LABVIEW

Adib Afham¹, Muhtadan¹, Achmad Suntoro²

- 1) STTN-BATAN, Kawasan BATAN Yogyakarta, Depok, Sleman, Yogyakarta, adibsttn@gmail.com, muhtadan@batan.go.id
- 2) PRFN-BATAN, Kawasan Puspiptek, Gedung 71, Lt. 2, Serpong, Tangerang Selatan, Banten, suntoro@batan.go.id

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SIMULATOR SISTEM INTERLOCK PADA IRADIATOR MERAH PUTIH BERBASIS LABVIEW. Sistem *interlock* merupakan suatu fasilitas pengaman untuk mewujudkan aspek keselamatan pada iradiator merah putih (IMP). Sebuah simulator yang dapat merepresentasikan cara kerja dari sistem *interlock* IMP dibutuhkan untuk mempelajari sistem *interlock* IMP. Diharapkan simulator sistem *interlock* dapat menjadi sebuah media pembelajaran, penunjang, dan pelatihan bagi mahasiswa maupun calon operator iradiator dalam mempelajari sistem *interlock* IMP.

Sistem *interlock* IMP memiliki 2 kategori kegagalan, yaitu kategori A dan kategori B serta memiliki 17 tipe deteksi kegagalan. Terdapat 3 kondisi operasi yang mungkin terjadi saat proses operasi IMP, yaitu kondisi normal, kondisi terjadi gangguan saat sumber masih di dasar kolam penyimpanan, dan kondisi terjadi gangguan saat sumber telah diangkat naik dari dasar kolam penyimpanan. Simulator dibuat dengan menggunakan perangkat lunak LabVIEW.

Simulator yang dibangun telah dapat merepresentasikan sistem kerja *interlock* IMP yang sebenarnya. Waktu yang dibutuhkan untuk mengangkat sumber iradiasi dari dasar kolam penyimpanan hingga sampai ke permukaan kolam penyimpanan adalah 10 detik, begitu pula untuk waktu penurunan sumber dari permukaan kolam hingga ke dasar kolam adalah 10 detik dengan tinggi kolam penyimpanan sumber sedalam 6 meter. Diharapkan simulator mampu memberikan pengertian tentang sistem kerja dari sistem *interlock* IMP.

Kata kunci: IMP, *interlock*, LabVIEW.

ABSTRACT

A DESIGN OF INTERLOCK SYSTEM SIMULATOR FOR MERAH PUTIH IRRADIATOR BASED ON LABVIEW. *Interlock system is a safety facility to realize the safety aspects of Merah Putih Irradiator (IMP). A simulator that can represent the workings of IMP interlock systems needed to learn IMP interlock systems. It is expected that the interlock system simulator can be a medium of learning, support, and training for students and prospective irradiator operators in learning IMP interlock system.*

IMP interlock system has 2 categories of failure, namely category A and category B, and has 17 types of failure detection. There are 3 operating conditions that may occur during IMP operation process; normal condition, disturbance condition when source is still at bottom of storage pool, and condition of disturbance when source has lifted up from bottom of storage pool. The simulator has been created by using LabVIEW software.

The simulator has been able to represent the actual IMP interlock working system. Need 10 second to lift up the irradiation source from bottom of storage pool to the surface of storage pool, and need 10 second to move down the source from the surface of storage pool to bottom of storage pool with the high of the storage pool is 6 meters. The simulator is expected to provide understanding of the working system of IMP interlock system.

Key words: IMP, *interlock*, LabVIEW.

PENDAHULUAN

Dewasa ini iradiator gamma sebagai perangkat nuklir untuk sterilisasi bahan atau pengawetan makanan mulai berkembang di dunia^[1]. Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) akan merealisasikan pembangunan iradiator yang berlokasi di Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang. Fasilitas ini nantinya akan diberi nama Iradiator Merah Putih (IMP)^[2].

Sebagai fasilitas yang menggunakan sumber radiasi, iradiator harus mendapat perlakuan yang sama seperti halnya fasilitas iradiasi lainnya terutama pada aspek keselamatan. Demi mewujudkan aspek keselamatan tersebut, maka dalam sistem iradiator dilengkapi dengan suatu sistem pengamanan yaitu sistem *interlock*.

Interlock merupakan salah satu sistem keselamatan yang diterapkan pada suatu peralatan yang memerlukan perhatian khusus sehubungan dengan sistem operasi untuk memperkecil kesalahan yang mungkin ditimbulkannya^[3]. Parameter keselamatan dalam sistem *interlock* secara umum berupa parameter yang dapat dilihat (*visible*: misalnya lampu), parameter yang dapat didengar (*audible*: misalnya bel alarm atau *voice*), parameter fisika dan parameter listrik^[3].

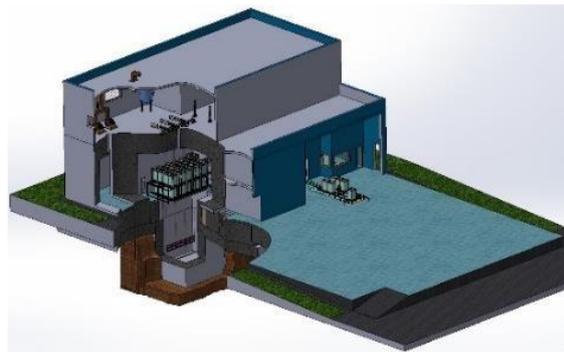
Pada saat ini belum adanya fasilitas simulasi sistem *interlock* IMP menjadi masalah tersendiri untuk media pembelajaran ataupun pelatihan tentang sistem *interlock* IMP. Sebagai bentuk media pembelajaran dan pelatihan serta untuk membantu operator dalam operasi iradiator maupun petugas maintenance dalam melakukan proses perbaikan jika ada kegagalan sistem yang mengakibatkan aktifnya sistem *interlock* IMP, maka dibentuklah simulator untuk sistem *interlock* IMP.

DASAR TEORI

Iradiator Merah Putih

Fasilitas Iradiator gamma Merah Putih (IMP) terletak di Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Selatan. Fasilitas ini dibangun sejak tahun 2014. Fasilitas ini menggunakan sumber iradiasi cobalt 60 (Co-60) dengan aktivitas 300 kilocurie (kCi) sebagai fasilitas utama iradiator yang didatangkan langsung dari Rusia. Fasilitas ini dapat dimanfaatkan untuk pengawetan bahan

makanan, bahan obat serta sterilisasi alat kesehatan^[4]. IMP termasuk ke dalam tipe iradiator kategori IV dimana sumber radiasi akan sepenuhnya tersimpan dan terlindungi di dalam kolam air saat tidak digunakan. Saat dilakukan penyinaran, sumber akan dibawa keluar dari kolam air dan masuk ke dalam ruangan radiasi yang terjaga dan tidak dapat diakses masuk selama beroperasi^[5]. Skema struktur bangunan dari fasilitas IMP dapat dilihat pada Gambar. 1.



Gambar. 1. Struktur bangunan fasilitas IMP

Sistem *Interlock*

Sistem *interlock* merupakan salah satu sistem keselamatan yang diterapkan pada suatu peralatan yang memerlukan perhatian khusus sehubungan dengan sistem operasi untuk memperkecil kesalahan yang mungkin ditimbulkannya^[3]. Sistem *interlock* adalah kondisi saling kunci dari beberapa parameter operasi untuk melakukan suatu operasi, suatu operasi tidak dapat beroperasi jika ada salah satu parameter operasi tidak bekerja sebagaimana mestinya^[6].

METODE PENELITIAN

Kategori Deteksi Gangguan

Sistem *interlock* IMP bekerja berdasarkan beberapa parameter gangguan yang telah ditetapkan. Parameter-parameter tersebut dimasukkan kedalam kategori-kategori sesuai dengan jenis dan prioritas penanganan akibat dari gangguan tersebut. Pembagian kategori gangguan dapat dilihat pada Tabel. 1.

Tabel. 1. Pengelompokkan parameter untuk kategori gangguan

Kategori-A	Kategori-B
Deteksi pintu masuk tote (DPT). Deteksi penyelinap (<i>intruder</i>) ke ruang iradiasi (DP).	Deteksi catu daya listrik (DCL). Deteksi gas ozon (DGO).
Deteksi radiasi lingkungan (DRL). Deteksi kebakaran (DK). Deteksi <i>ceilling hatch</i> (DCH). Deteksi status saklar gawat-darurat (DSG).	Deteksi sistem pengamanan gedung (DSP). Deteksi konduktifitas air kolam penyimpanan sumber radiasi (DKA). Deteksi sirkulasi air kolam (DSA).
Deteksi gempa bumi (DGB). Deteksi kemacetan <i>carrier</i> di ruang iradiasi (DKC). Deteksi ventilasi ruang iradiasi (DV). Deteksi suhu sekitar sumber (DSS). Deteksi udara tekan (DUT). Deteksi level air kolam penyimpanan sumber radiasi (DL).	

Secara keseluruhan parameter deteksi kegagalan yang digunakan berjumlah 17 parameter. Ada beberapa data dari parameter deteksi kegagalan tertentu didapat dari beberapa sensor deteksi kegagalan. Sensor-sensor untuk Deteksi Penyelinap (*intruder*) ke ruang iradiasi berjumlah 5 buah yang diberi nama P 1 sampai P 5, sensor-sensor untuk Deteksi Radiasi Lingkungan berjumlah 6 buah dan diberi nama R 1 sampai R 6, sensor-sensor untuk Deteksi Status Gawat Darurat berjumlah 6 buah dan diberi nama SE 1 sampai SE 6, serta sensor-sensor untuk Deteksi Kebakaran berjumlah 28 buah dan diberi nama K 1 sampai K 28.

Aturan Umum Sistem Interlock IMP

Dalam melakukan operasi IMP, langkah awal yang perlu dilakukan adalah mengaktifkan semua saklar kunci yang ada (saklar kunci di ruang iradiasi dan saklar kunci di ruang kendali), jika kunci saklar tidak diaktifkan maka iradiator tidak akan dapat beroperasi dan sumber tidak dapat diangkat naik dan jika saklar kunci di non-aktifkan pada saat sumber sedang berada diatas atau dalam posisi operasi maka sumber akan langsung diturunkan ke dalam kolam penyimpanan. Pada saat sumber berada dibawah serta tidak terdeteksi adanya gangguan pada kategori kegagalan manapun maka sumber akan dapat diangkat naik ke permukaan untuk melakukan proses iradiasi yang dilakukan berdasarkan langkah berikut ini :

1. Tekan tombol siap.
2. Tekan tombol naik.

3. Akan ada bunyi alarm sebelum sumber diangkat naik selama 10 detik. Sumber masih berada dibawah pada saat ini.
4. Sumber akan terangkat naik dan alarm akan tetap hidup sampai sumber berada di atas permukaan atau pada posisi operasi iradiasi. Waktu yang diperlukan sumber untuk naik dari dasar kolam hingga sampai ke permukaan kolam penyimpanan adalah 10 detik.
5. Pada saat menurunkan sumber radiasi dilakukan dengan cara menekan tombol siap dan lalu menekan tombol turun. Waktu yang diperlukan sumber untuk turun dari permukaan kolam hingga sampai ke dasar kolam penyimpanan adalah 10 detik.
6. Jika tombol naik dan tombol turun ditekan bersamaan secara disengaja maupun tidak maka yang didahulukan adalah perintah dari tombol turun.

Pada saat sumber berada dibawah serta terdeteksi terjadi salah satu gangguan pada kategori kegagalan manapun maka sumber tidak akan dapat diangkat naik ke permukaan untuk melakukan proses iradiasi. Akan tetapi ketika sumber sedang digunakan dalam proses iradiasi dan saat itu terdeteksi terjadinya gangguan maka perintah akibat gangguan tersebut dikelompokkan menjadi dua kategori perintah, yaitu sebagai berikut :

1. Nyalakan alarm dan turunkan langsung sumber radiasi ke kolam penyimpanan sumber (Kategori A).
2. Nyalakan alarm dan pengendalian diserahkan kepada operator secara manual untuk menurunkan atau tidak menurunkan sumber radiasi ke kolam penyimpanan sumber (Kategori B).

Aturan Operasi Logika Deteksi Gangguan dan Kunci Iradiasi

Sistem kerja dari sistem *interlock* IMP didasarkan dari aturan-aturan operasi logika yang berupa bilangan *Boolean* (keadaan *true* (1) atau *false* (0)) serta operasi gerbang logika AND, OR, NOT, XOR, EX-NOR, NAND, ataupun NOR. Aturan operasi logika deteksi gangguan pada sistem *interlock* disusun secara logika AND antar setiap deteksi gangguan terhadap kategori gangguannya. Sensor deteksi akan memberikan kondisi *true* (1) jika tidak

terjadi gangguan dan akan memberikan kondisi *false* (0) jika terdeteksi terjadinya gangguan.

Tabel kebenaran hubungan antara sensor deteksi dengan deteksi gangguannya terlihat pada Tabel. 2 untuk deteksi penyelinap (*intruder*) ke ruang iradiasi, Tabel. 3 untuk deteksi radiasi lingkungan, Tabel. 4 untuk deteksi status saklar gawat-darurat, dan Tabel.L1 untuk deteksi kebakaran.

Tabel. 2. Tabel logika hubungan antar sensor deteksi penyelinap (*intruder*) ke ruang iradiasi

Nama sensor					DP
P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	
0	X	X	X	X	0
X	0	X	X	X	0
X	X	0	X	X	0
X	X	X	0	X	0
X	X	X	X	0	0
1	1	1	1	1	1

Tabel. 3. Tabel logika hubungan antar sensor deteksi radiasi lingkungan

Nama sensor						DRL
R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	
0	X	X	X	X	X	0
X	0	X	X	X	X	0
X	X	0	X	X	X	0
X	X	X	0	X	X	0
X	X	X	X	0	X	0
X	X	X	X	X	0	0
1	1	1	1	1	1	1

Tabel. 4. Tabel logika hubungan antar sensor deteksi status saklar gawat-darurat

Nama sensor						DSG
SE 1	SE 2	SE 3	SE 4	SE 5	SE 6	
0	X	X	X	X	X	0
X	0	X	X	X	X	0
X	X	0	X	X	X	0
X	X	X	0	X	X	0
X	X	X	X	0	X	0
X	X	X	X	X	0	0
1	1	1	1	1	1	1

Deteksi-deteksi gangguan dihubungkan secara operasi logika AND sesuai dengan kategori gangguan. Aturan mengenai operasi logika untuk kategori gangguan terlihat pada Tabel. 5 untuk kategori A dan Tabel. 6 untuk kategori B serta untuk aturan mengenai operasi kunci iradiasi dapat dilihat pada Tabel. 7

Tabel. 5. Operasi logika kategori A

Deteksi kegagalan												A
D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
P	P	R	C	S	G	K	K	V	S	U	L	
T	L	H	G	B	C	C	S	T				
0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabel. 6. Operasi logika kategori B

Deteksi kegagalan					B
DSP	DKA	DSA	DCL	DGO	
0	X	X	X	X	0
X	0	X	X	X	0
X	X	0	X	X	0
X	X	X	0	X	0
X	X	X	X	0	0
1	1	1	1	1	1

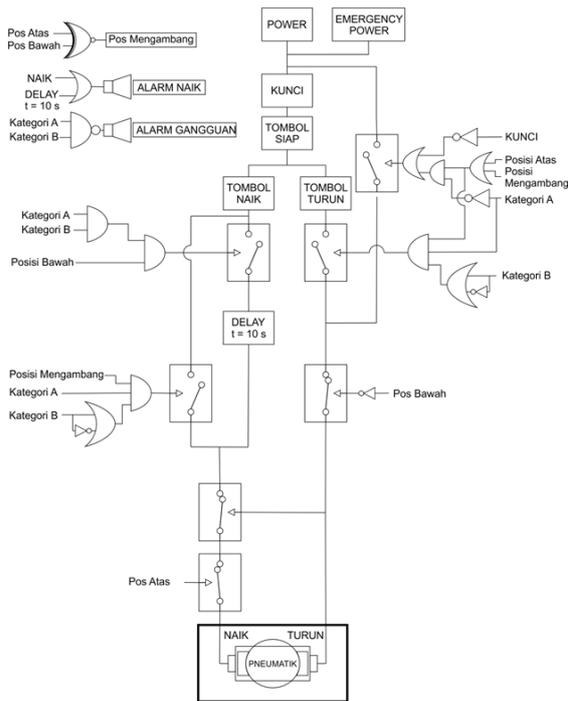
Tabel. 7. Operasi logika sistem kunci IMP

Kunci di ruang iradiasi	Kunci panel kontrol	Kunci
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Kondisi X adalah kondisi *don't care* yang merupakan kondisi bebas baik itu bernilai *true* (1) atau *false* (0).

Perancangan Desain

Desain dari sistem interlock IMP dapat dilihat pada Gambar. 2. Cara kerja dari sitem *interlock* IMP terbagi menjadi tiga bagian; kondisi normal yang dapat dilihat pada Tabel. 8, kondisi terjadi gangguan saat sumber masih di dasar kolam penyimpanan yang dapat dilihat pada Tabel. 9, dan kondisi terjadi gangguan saat sumber telah diangkat naik dari dasar kolam penyimpanan yang dapat dilihat pada Tabel. 10.



Gambar. 2. Blok diagram sistem kerja *interlock* IMP

Tabel. 8. Cara kerja *interlock* pada saat operasi normal

PB	PA	SK	TS	TN	TT	N	T	AN	AG
0	0	0	X	X	X	0	1	0	0
0	1	0	X	X	X	0	1	0	0
1	0	0	X	X	X	0	0	0	0
X	X	X	0	X	X	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
X	0	1	1	1	0	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	X	1	0	1	0	0
0	X	1	1	X	1	0	1	0	0
1	0	1	1	X	1	0	0	0	0

Tabel. 9. Cara kerja *interlock* saat terjadi gangguan dan sumber masih berada di dasar kolam penyimpanan

A	B	SK	TS	TN	TT	N	T	AN	AG
0	X	X	X	X	X	0	0	0	1
X	0	X	X	X	X	0	0	0	1
0	0	0	X	X	X	0	0	0	1
0	1	0	X	X	X	0	0	0	1
1	0	0	X	X	X	0	0	0	1
1	1	0	X	X	X	0	0	0	0
0	0	X	0	X	X	0	0	0	1
0	1	X	0	X	X	0	0	0	1
1	0	X	0	X	X	0	0	0	1
1	1	X	0	X	X	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

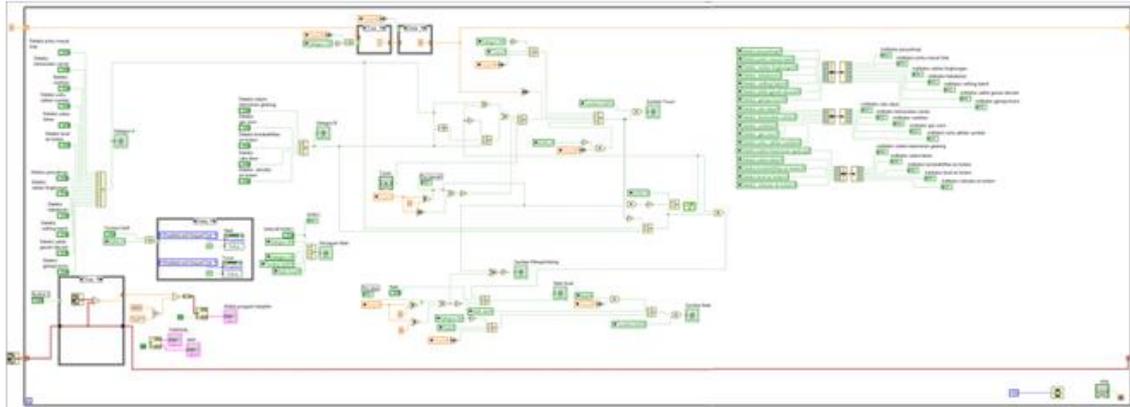
Tabel. 10. Cara kerja *interlock* saat terjadi gangguan dan sumber telah diangkat naik dari dasar kolam penyimpanan

A	B	PA	SK	TS	TN	TT	N	T	AN	AG
0	X	X	X	X	X	X	0	1	0	1
0	0	X	0	X	X	X	0	1	0	1
0	1	X	0	X	X	X	0	1	0	1
1	0	X	0	X	X	X	0	1	0	1
1	1	X	0	X	X	X	0	1	0	0
1	X	X	1	0	X	X	0	0	0	B
1	X	0	1	1	0	0	0	0	0	B
1	X	0	1	1	0	1	0	1	0	B
1	X	0	1	1	1	0	1	0	1	B
1	X	0	1	1	1	1	0	1	0	B
1	X	1	1	1	0	0	0	0	0	B
1	X	1	1	1	0	1	0	1	0	B
1	X	1	1	1	1	0	0	0	0	B
1	X	1	1	1	1	1	0	1	0	B

Keterangan : A = Kategori A
 B = Kategori B
 PB = Posisi Bawah
 PA = Posisi Atas
 SK = Saklar Kunci
 TS = Tombol Siap
 TN = Tombol Naik
 TT = Tombol Turun
 N = Naik
 T = Turun
 AN = Alarm Naik
 AG = Alarm deteksi Gangguan

Pembuatan Program

Program utama disusun berdasarkan aturan umum sistem *interlock* IMP sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya dan kemudian diimplementasikan kedalam pemrograman LabVIEW. Isi dari program utama dapat dilihat pada Gambar. 3.



Gambar. 3. Program utama sistem simulator *interlock* IMP

Perancangan dan Pembuatan *Graphical User Interface* (GUI)

Graphical User Interface (GUI) merupakan bentuk antarmuka secara grafis antara pengguna (*user*) dengan computer. GUI merepresentasikan sistem perangkat lunak yang dibuat agar dapat dimengerti dengan mudah oleh pengguna melalui media grafik sebagai visualisasi. Tampilan GUI dibagi menjadi 4 bagian yaitu tampilan ruang kendali, tampilan yang menunjukkan denah sensor, tampilan untuk petunjuk penggunaan *keyboard* sebagai media masukan, dan tampilan petunjuk penggunaan simulator.

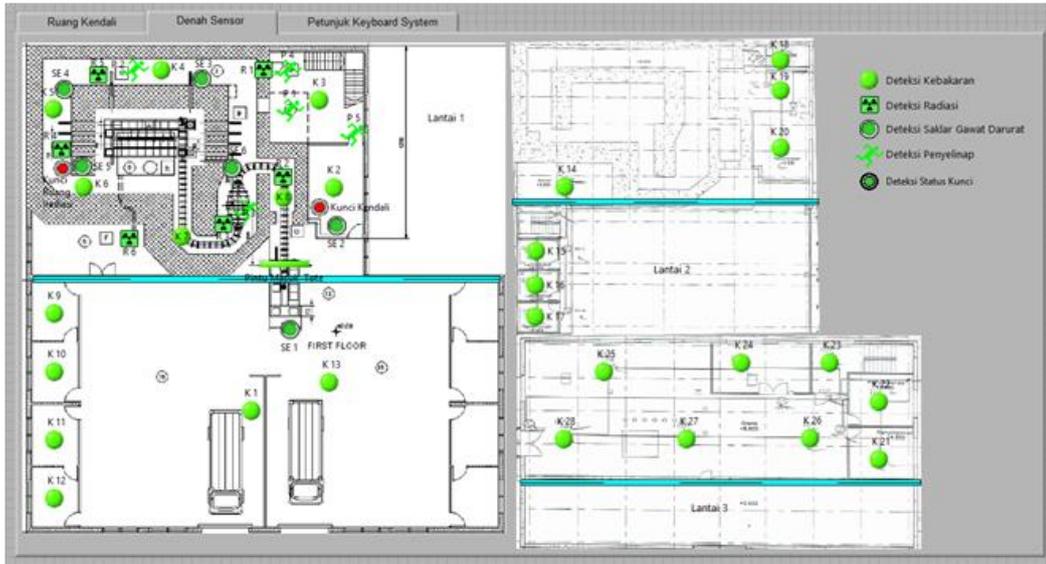
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Tampilan GUI

Setelah program dibuat, GUI disusun sehingga dapat memudahkan pengguna dalam menggunakan perangkat lunak simulator sistem interlock IMP. Hasil tampilan GUI tampilan ruang kendali dapat dilihat pada Gambar. 4, tampilan yang menunjukkan denah sensor dapat dilihat pada Gambar. 5, tampilan untuk petunjuk penggunaan *keyboard* sebagai media masukan dapat dilihat pada Gambar. 6, dan tampilan petunjuk penggunaan simulator dapat dilihat pada Gambar. 7.



Gambar. 4. Hasil tampilan GUI ruang kendali



Gambar. 5. Hasil tampilan GUI denah sensor

Ruang Kendali Denah Sensor Petunjuk Keyboard System

Tabel Penggunaan Tombol Keyboard sebagai Input Deteksi Kegagalan

KEYBOARD	FUNGSI	KETERANGAN	KEYBOARD	FUNGSI	KETERANGAN
z	Tombol SIAP		j = 1	K 1	Deteksi Kebakaran Lt 1
.	Naik		j = 2	K 2	Deteksi Kebakaran Lt 1
/	Turun		j = 3	K 3	Deteksi Kebakaran Lt 1
s	Stop		j = 4	K 4	Deteksi Kebakaran Lt 1
q	Deteksi suhu sekitar sumber		j = 5	K 5	Deteksi Kebakaran Lt 1
e	Deteksi pintu masuk tote		j = 6	K 6	Deteksi Kebakaran Lt 1
y	Deteksi gempa bumi		j = 7	K 7	Deteksi Kebakaran Lt 1
t	Deteksi ceiling hatch		j = 8	K 8	Deteksi Kebakaran Lt 1
i	Deteksi kemasatan carrier		j = 9	K 9	Deteksi Kebakaran Lt 1
o	Deteksi udara tekan		j = +	K 10	Deteksi Kebakaran Lt 1
p	Deteksi ventilasi		j = =	K 11	Deteksi Kebakaran Lt 1
a	Deteksi level air kolam		j = [K 12	Deteksi Kebakaran Lt 1
x	Deteksi sistem keamanan gedung		j =]	K 13	Deteksi Kebakaran Lt 1
c	Deteksi catu daya		k = 1	K 14	Deteksi Kebakaran Lt 2
v	Deteksi konduktivitas air kolam		k = 2	K 15	Deteksi Kebakaran Lt 2
b	Deteksi gas ozon		k = 3	K 16	Deteksi Kebakaran Lt 2
n	Deteksi sirkulasi air kolam		k = 4	K 17	Deteksi Kebakaran Lt 2
LSHIFT = 1	Kunci Ruang Iradiasi		k = 5	K 18	Deteksi Kebakaran Lt 2
LSHIFT = 2	Kunci Kendali		k = 6	K 19	Deteksi Kebakaran Lt 2
			k = 7	K 20	Deteksi Kebakaran Lt 2
w = 1	P 1	Deteksi Penyelinap	l = 1	K 21	Deteksi Kebakaran Lt 3
w = 2	P 2	Deteksi Penyelinap	l = 2	K 22	Deteksi Kebakaran Lt 3
w = 3	P 3	Deteksi Penyelinap	l = 3	K 23	Deteksi Kebakaran Lt 3
w = 4	P 4	Deteksi Penyelinap	l = 4	K 24	Deteksi Kebakaran Lt 3
w = 5	P 5	Deteksi Penyelinap	l = 5	K 25	Deteksi Kebakaran Lt 3
r = 1	R 1	Deteksi Radiasi Lingkungan	l = 6	K 26	Deteksi Kebakaran Lt 3
r = 2	R 2	Deteksi Radiasi Lingkungan	l = 7	K 27	Deteksi Kebakaran Lt 3
r = 3	R 3	Deteksi Radiasi Lingkungan	l = 8	K 28	Deteksi Kebakaran Lt 3
			u = 1	SE 1	Deteksi Saklar Gawat Darurat

Gambar. 6. Hasil tampilan GUI petunjuk penggunaan keyboard

Ruang Kendali Denah Sensor Petunjuk Keyboard System Petunjuk Penggunaan

OPERASI NORMAL

MENAIKAN SUMBER IRADIASI DARI DASAR KOLAM PENYIMPANAN

- Aktifkan saklar kunci yang ada di ruang iradiasi dan di ruang kendali
- Tekan tombol "Siap"
- Tekan tombol "Naik"
- Alarm sebelum sumber naik akan aktif sebagai waktu tunda selama 10 detik.
- Sumber akan diangkat naik mencapai permukaan kolam penyimpanan dalam waktu 10 detik.

MENURUNKAN SUMBER IRADIASI

Untuk menurunkan sumber iradiasi dilakukan dengan mengganti tombol "Naik" dengan menekan tombol "Turun" atau dengan mematikan saklar kunci yang ada.

OPERASI SAAT TERJADI GANGGUAN DAN SUMBER BERADA DI DASAR KOLAM

Pada saat operasi dan terjadi sinyal gangguan, baik gangguan kategori A atau kategori B akan mengaktifkan alarm deteksi gangguan dan sumber iradiasi tidak akan bisa diangkat naik dari dasar kolam penyimpanan.

OPERASI SAAT TERJADI GANGGUAN DAN SUMBER TELAH DIANGKAT NAIK DARI DASAR KOLAM

GANGGUAN KATEGORI A

- Alarm deteksi gangguan akan aktif.
- Sumber iradiasi akan diturunkan secara otomatis sampai ke dasar kolam penyimpanan.

GANGGUAN KATEGORI B

- Alarm deteksi gangguan akan aktif.
- Operator dapat memutuskan apakah ingin melanjutkan operasi iradiasi dengan tetap menaikan sumber iradiasi atau ingin menurunkan sumber iradiasi ke dasar kolam penyimpanan.

Gambar. 7. Hasil tampilan GUI petunjuk penggunaan simulator

Hasil Sistem Kerja Simulator *Interlock* IMP

Simulator *interlock* IMP yang dibuat telah sesuai dengan ketentuan-ketentuan sistem kerja dari sistem *interlock* IMP yang ada. Hasil kerja simulator sistem *interlock* pada IMP dapat dibuat dalam bentuk tabel logika. Tabel. 11 memberikan informasi hasil pengujian saat operasi normal, 0 memberikan informasi hasil pengujian saat terjadi gangguan dan sumber masih berada di dasar kolam penyimpanan, serta 0 memberikan informasi hasil pengujian saat terjadi gangguan dan sumber telah diangkat naik dari dasar kolam penyimpanan. Dalam pembuktian bahwa simulator telah sesuai dengan sistem kerja sistem *interlock* IMP sebenarnya dilakukan dengan membandingkan tabel hasil pengujian dengan tabel cara kerja sistem *interlock* yang terdapat pada Tabel. 8, Tabel. 9, dan Tabel. 10.

Tabel. 11. Hasil pengujian pada saat operasi normal

PB	PA	SK	TS	TN	TT	N	T	AN	AG
0	0	0	X	X	X	0	1	0	0
0	1	0	X	X	X	0	1	0	0
1	0	0	X	X	X	0	0	0	0
X	X	X	0	X	X	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
X	0	1	1	1	0	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	X	1	0	1	0	0
0	X	1	1	X	1	0	1	0	0
1	0	1	1	X	1	0	0	0	0

Tabel. 12. Hasil pengujian saat terjadi gangguan dan sumber masih berada di dasar kolam penyimpanan

A	B	SK	TS	TN	TT	N	T	AN	AG
0	X	X	X	X	X	0	0	0	1
X	0	X	X	X	X	0	0	0	1
0	0	0	X	X	X	0	0	0	1
0	1	0	X	X	X	0	0	0	1
1	0	0	X	X	X	0	0	0	1
1	1	0	X	X	X	0	0	0	1
0	0	X	0	X	X	0	0	0	1
0	1	X	0	X	X	0	0	0	1
1	0	X	0	X	X	0	0	0	1
1	1	X	0	X	X	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

Tabel. 13. Hasil pengujian saat terjadi gangguan dan sumber telah diangkat naik dari dasar kolam penyimpanan

A	B	PA	SK	TS	TN	TT	N	T	AN	AG
0	X	X	X	X	X	X	0	1	0	1
0	0	X	0	X	X	X	0	1	0	1
0	1	X	0	X	X	X	0	1	0	1
1	0	X	0	X	X	X	0	1	0	1
1	1	X	0	X	X	X	0	1	0	0
1	X	X	1	0	X	X	0	0	0	B
1	X	0	1	1	0	0	0	0	0	B
1	X	0	1	1	0	1	0	1	0	B
1	X	0	1	1	1	0	1	0	1	B
1	X	0	1	1	1	1	0	1	0	B
1	X	1	1	1	0	0	0	0	0	B
1	X	1	1	1	0	1	0	1	0	B
1	X	1	1	1	1	0	0	0	0	B
1	X	1	1	1	1	1	0	1	0	B

Dari hasil perbandingan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa simulator sistem *interlock* IMP yang dibuat telah sesuai dengan sistem kerja yang sebenarnya.

KESIMPULAN

Telah dirancang dan dibuat simulator sistem *interlock* Iradiator Merah Putih (IMP) yang telah merepresentasikan sistem kerja dari sistem *interlock* yang berada di IMP.

Sistem *interlock* IMP memiliki tiga ketentuan kerja; kondisi operasi normal, kondisi terjadi gangguan saat sumber masih di dasar kolam penyimpanan, dan kondisi terjadi gangguan saat sumber telah diangkat naik dari dasar kolam penyimpanan.

Alarm gangguan akan aktif pada saat terdeteksi gangguan baik itu pada kategori A maupun kategori B dan alarm untuk sumber naik akan aktif pada saat sumber akan diangkat naik serta pada saat sumber diangkat naik ke atas kolam penyimpanan. Waktu yang dibutuhkan sumber iradiasi untuk diangkat naik dari dasar kolam penyimpanan hingga ke permukaan kolam penyimpanan adalah 10 detik, begitu pula sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Suntoro Achmad, "Pengendalian Pola-Gerak *Carrier* pada Iradiator Gamma ISG-500 untuk Hasil Pertanian", Proseding Pertemuan Ilmiah Rekayasa Perangkat Nuklir, pp.189-196, 2011
2. BATAN. (3 February 2017). Indonesia Segera Punya Irradiator Merah Putih. Available: <http://www.batan.go.id/index.php/id/kedep>

- utian/pendayagunaan-teknologi-nuklir/rekayasa-fasilitas-nuklir/2020-indonesia-segera-punya-irradiator-merah-putih
3. Taxwim and Wibowo Octavian A. , “Simulasi dan Monitoring Sistem Interlock Mesin Berkas Elektron PTAPB BATAN dengan Perangkat Suara”, Prosiding PPI – PDIPTN, pp. 270-278, 2006
 4. BATAN. (17 June 2017). Irradiator Gamma Merah Putih Siap Beroperasi. Available: <http://www.batan.go.id/index.php/id/kedep-utian/pendayagunaan-teknologi-nuklir/rekayasa-fasilitas-nuklir/3442-irradiator-gamma-merah-putih-siap-beroperasi>
 5. IAEA, “*Radiation Safety of Gamma, Elektron and X Ray Irradiation Facilities, Specific Safety Guide No. SSG-8*”: IAEA, 2010
 6. Saminto and Santosa Budi, “Model Simulasi Sistem *Interlock* Mesin Berkas Elektron PTAPB-BATAN Berbasis LabVIEW”. Prosiding PPI – PDIPTN, pp. 153-163, 2006

Tabel.L1. Tabel logika hubungan antar sensor deteksi kebakaran

Nama sensor																												Deteksi kebakaran (DK)
K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13	K 14	K 15	K 16	K 17	K 18	K 19	K 20	K 21	K 22	K 23	K 24	K 25	K 26	K 27	K 28	
0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	0
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1