



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING RADIASI  
TERPUSAT BERBASIS KOMPUTER SEBAGAI ANTISIPASI  
KONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF DARI KECELAKAAN  
PLTN FUKUSHIMA**

**SKRIPSI**

**ADI WIJAYANTO**

**0906602383**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JANUARI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING RADIASI  
TERPUSAT BERBASIS KOMPUTER SEBAGAI ANTISIPASI  
KONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF DARI KECELAKAAN  
PLTN FUKUSHIMA**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**

**ADI WIJAYANTO**

**0906602383**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JANUARI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : ADI WIJAYANTO**

**NPM : 0906602383**

**Tanda Tangan :**



**Tanggal : 12 Januari 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : ADI WIJAYANTO  
NPM : 0906602383  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : PERANCANGAN SISTEM MONITORING RADIASI  
TERPUSAT BERBASIS KOMPUTER SEBAGAI ANTISIPASI  
KONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF DARI KECELAKAAN PLTN  
FUKUSHIMA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana ST. pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.-Ing Eko Adhi Setiawan, ST.MT  
NIP.040803032



(.....)

Penguji : Dr. Ir. Feri Yusivar, M.Eng  
NIP. 196710081994031002



(.....)

Penguji : Dr. Ir. Ridwan Gunawan, MT  
NIP. 195102131980031002



(.....)

Ditetapkan di : Fakultas Teknik  
Tanggal : 12 Januari 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas ijin dan rahmat-Nya, Saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya mengucapkan terima kasih kepada Dr.-Ing Eko Adhi Setiawan, ST.MT. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tulisan ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama pemanfaatan iptek nuklir.

Depok, 12 Januari 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA  
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ADI WIJAYANTO  
NPM : 0906602383  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PERANCANGAN SISTEM MONITORING RADIASI TERPUSAT BERBASIS  
KOMPUTER SEBAGAI ANTISIPASI KONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF  
DARI KECELAKAAN PLTN FUKUSHIMA

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/ formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 12 Januari 2012  
Yang menyatakan



(ADI WIJAYANTO)

## ABSTRAK

Nama : ADI WIJAYANTO  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : PERANCANGAN SISTEM MONITORING RADIASI TERPUSAT BERBASIS KOMPUTER SEBAGAI ANTISIPASI KONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF DARI KECELAKAAN PLTN FUKUSHIMA

Sistem monitoring radiasi terpusat berbasis komputer ini dilengkapi dengan detektor dan monitor radiasi gamma yang dipasang pada konveyor barang. Saat ada barang dengan paparan radiasi gamma akan dideteksi dan diukur paparan radiasinya dan menyalakan alarm serta display dot matriks, data pengukuran radiasi tersebut akan disimpan dalam database komputer sehingga memudahkan petugas bandara internasional untuk mengantisipasi barang masuk dari Jepang akibat terkontaminasi zat radioaktif akibat dari kecelakaan PLTN Fukushima. Disamping itu alat ini dapat digunakan untuk mengantisipasi masuknya zat radioaktif ilegal dari negara lain. Konsep pengembangan alat ini didesain dengan online monitoring yang terpusat di BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) dengan stasiun monitoring di Bandara Internasional Sukarno Hatta Jakarta, Bandara Internasional Juanda Surabaya, Bandara Internasional Ngurah Rai Bali dan Bandara Internasional Polonia Medan.

Kata Kunci:

Radiasi, pengukuran radiasi, database, radioaktif, PLTN

## **ABSTRACT**

*Name : ADI WIJAYANTO*

*Study Program : Electrical Engineering*

*Title : DESIGN OF CENTRALIZED RADIATION MONITORING SYSTEM FOR ANTICIPATION CONTAMINATED RADIOACTIVE OF FUKUSHIMA ACCIDENT*

*Radiation monitoring system based on centralized computer is equipped with gamma radiation detectors and monitors are mounted on the conveyor goods. Currently there are goods with exposure to gamma radiation is detected and measured the radiation exposure and the alarm as well as dot matrix display, radiation measurement data will be stored in a computer database to facilitate the international airport officials to anticipate the entry of goods from Japan due to contamination caused by radioactive substances from the Fukushima Nuclear Power Plant (NPP) accident . Besides that this tool can be used to anticipate the entry of radioactive substances from other countries illegally. The development tool is designed with a centralized online monitoring in Bapeten (Nuclear Energy Regulatory Agency) with a monitoring station at Sukarno Hatta International Airport Jakarta, Surabaya Juanda International Airport, Ngurah Rai International Airport Bali and Medan Polonia International Airport.*

*Key words:*

*Radiation, radiation measurement, database, radioaktif, NPP*



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penulisan .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Metodologi Penulisan .....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	4

BAB 2 DASAR TEORI.....	5
2.1. Pengertian Radiasi .....	5
2.1.1. Alat Ukur Radiasi .....	6
2.1.2. Detektor Radiasi .....	8
2.1.2.1. Jenis Detektor Radiasi .....	8
2.1.3. Kelebihan dan Kelemahan Detektor Radiasi.....	15
2.2. Kecelakaan PLTN Fukushima Daiichi .....	16
2.2.1. Analisis Dosis Radiasi Akibat Kecelakaan PLTN Fukushima Daiichi .....	18
2.2.2. Dampak Radiologi Terhadap Manusia dan Lingkungan .....	21
2.3. Rangkaian Perancangan .....	22
2.3.1. Catu Daya ( <i>Power Supply</i> ).....	22
2.3.2. Konverter Logika RS-232.....	25
2.3.3. Komunikasi Serial .....	26
2.3.4. Programmable Logic Controller (PLC) CPM 1 A.....	27
2.3.5. Mikrokontroler AT89C2051 .....	29
2.3.6. Pemrograman.....	32
2.3.6.1. Pemrograman PLC .....	32
2.3.6.2. Pemrograman Mikrokontroler .....	33
2.3.7. Relay .....	33
2.3.7.1. Kontak pada Relay.....	34
2.3.7.2. Sifat-Sifat Relay .....	35

2.3.8. Dot Matriks 8x8 .....	36
2.3.9. Transitor Sebagai Saklar .....	36
<b>BAB 3 PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM PROTOTIPE .....</b>	<b>37</b>
3.1. Diagram Blok Sistem .....	37
3.1.1. Cara Kerja Masing-masing Blok .....	38
3.2. Diagram Alir Proses Monitoring Radiasi .....	39
3.3. Perancangan dan Pembuatan .....	43
3.3.1. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras .....	43
3.3.1.1. Konveyor Barang .....	43
3.3.1.2. Detektor dan Monitor Radiasi .....	43
3.3.1.3. Perangkat <i>Interface</i> .....	44
3.3.1.4. Rangkaian Display Dot Matriks .....	45
3.3.1.5. Rangkaian Programmable Logic Controller (PLC) .....	45
3.3.2. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak .....	46
<b>BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGEMBANGAN SISTEM .....</b>	<b>49</b>
4.1. Implementasi Sistem .....	49
4.2. Konsep Pengembangan Sistem Monitoring Radiasi Terintegrasi di Indonesia .....	49
4.3. Konsep Mekanisme Pengiriman Data pada Pengembangan Sistem Monitoring Radiasi Terintegrasi di Indonesia .....	51
4.4. Stasiun Pemantauan Radiasi Bandara Internasional .....	52

4.5.	Stasiun Pemantauan Radiasi Pusat .....	53
4.6.	Konsep Mekanisme Pelaporan Saat Ditemukan Kontaminasi Zat Radioaktif.....	54
BAB 5 HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA .....		55
5.1.	Hasil Pengujian Perangkat Keras.....	55
5.1.1.	Konveyor Barang.....	55
5.1.2.	Perangkat <i>Interface</i> .....	55
5.1.3.	Rangkaian Display Dot Matriks .....	57
5.2.	Hasil Pengujian Perangkat Lunak.....	58
5.2.1.	Laju Dosis/Paparan Radiasi Detektor 1 .....	58
5.2.2.	Laju Dosis/Paparan Radiasi Detektor 2 .....	59
5.2.3.	Hasil Pengujian Menggunakan <i>Software</i> Hasil Perancangan .....	60
5.2.4.	Hasil Uji Fungsi.....	64
BAB 6 PENUTUP.....		66
6.1.	Kesimpulan.....	66
6.2.	Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA.....		67

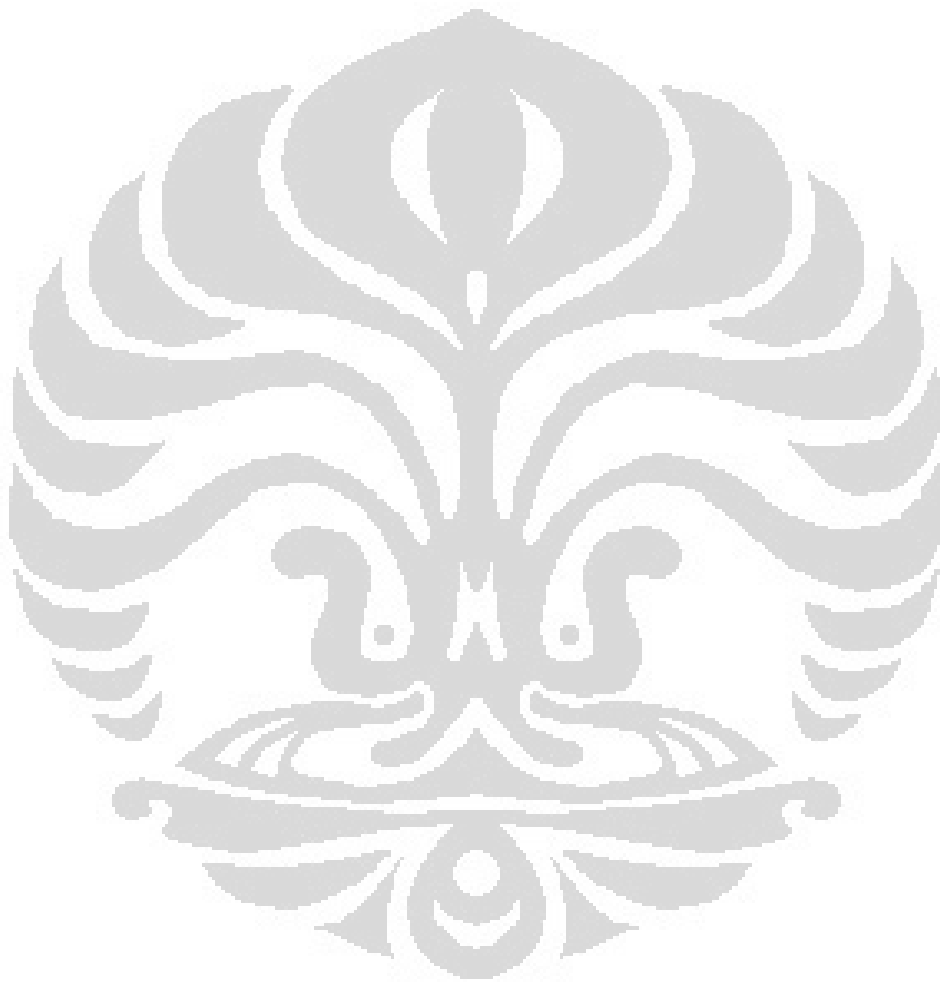
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Daya Tembus Berbagai Jenis Radiasi .....	5
Gambar 2.2.	Contoh Surveimeter/ Monitor Radiasi Gamma.....	8
Gambar 2.3.	Detektor Isian Gas .....	9
Gambar 2.4.	Proses Ionisasi Detektor Isian Gas .....	9
Gambar 2.5.	Grafik Jumlah Ion Berdasarkan Daerah Kerja Detektor.....	9
Gambar 2.6.	Proses Sintilasi .....	11
Gambar 2.7.	Prinsip Detektor Sintilasi Cair .....	12
Gambar 2.8.	Detektor Tabung Photomultiplier.....	13
Gambar 2.9.	Pita Konduksi Isolator dan Semik .....	14
Gambar 2.10.	Prinsip Detektor Semikonduktor.....	14
Gambar 2.11.	Lokasi Kecelakaan PLTN Fukushima Daiichi beserta Radioaktivitas .....	17
Gambar 2.12.	Contoh Efek Radiasi yang Dapat Menyebabkan Katarak .....	21
Gambar 2.13.	Diagram Blok Rangkaian Catu Daya .....	23
Gambar 2.14.	Rangkaian Catu Daya secara Umum .....	25
Gambar 2.15.	Skema Pin RS-232 <i>Null-Modem</i> untuk Komunikasi antar Komputer.....	26
Gambar 2.16.	(a) Port DB9 Jantan ( <i>Male</i> ), (b) Port DB9 Betina ( <i>Female</i> ).....	27
Gambar 2.17.	<i>Programmable Logic Controller (PLC) CPM 1A</i> .....	27
Gambar 2.18.	Blok Diagram AT89C2051 .....	29

Gambar 2.19. Susunan Pin AT89C2051.....	30
Gambar 2.20. <i>Programming Console</i> .....	32
Gambar 2.21. Tampilan Menu Utama dari Program CX Programmer .....	32
Gambar 2.22. Relay Satu Kontak dengan Sebuah Kumparan .....	34
Gambar 2.23. SPST NO.....	34
Gambar 2.24. SPST NC.....	35
Gambar 2.25. SPDT.....	35
Gambar 2.26. Dot Matriks 8x8.....	36
Gambar 2.27. Transistor Sebagai Saklar .....	36
Gambar 3.1. Diagram Blok Perancangan Sistem Monitoring Radiasi Terpusat Berbasis Komputer.....	37
Gambar 3.2. Wiring Diagram Sistem Kontrol PLC .....	37
Gambar 3.3. Diagram Alir Utama Proses Monitoring Radiasi .....	40
Gambar 3.4. Diagram Alir Utama Proses Monitoring Radiasi Sub Rutin Detektor 1 .....	41
Gambar 3.5. Diagram Alir Utama Proses Monitoring Radiasi Sub Rutin Detektor 2 .....	42
Gambar 3.6. Desain Prototipe Konveyor Barang .....	43
Gambar 3.7. Detektor dan Monitor Radiasi Ludlum 375/2.....	43
Gambar 3.8. Perangkat Interface (TX) .....	44
Gambar 3.9. Perangkat Interface (RX).....	44

Gambar 3.10. <i>RS-232 to USB Converter</i> .....	45
Gambar 3.11. Skema Rangkaian <i>Display</i> Terkontaminasi .....	45
Gambar 3.12. Rangkaian PLC .....	46
Gambar 3.13. Program Sistem Pemantau Radiasi.....	47
Gambar 3.13. Program Data Aquisisi (DAQ) Client Manager .....	48
Gambar 4.1. Konsep Sistem Pemantauan Radiasi Terintegrasi .....	50
Gambar 4.2. Konsep Sistem Pemantauan Radiasi Terintegrasi Secara Online .....	51
Gambar 4.3. Konsep Mekanisme Pengiriman Data dalam Database Server secara Realtime .....	52
Gambar 4.4. Konsep Mekanisme Pelaporan Saat Ditemukan Sumber/ Kontaminasi Radioaktif .....	54
Gambar 5.1. Prototipe Konveyor Barang .....	55
Gambar 5.3. <i>Setting Baudrate</i> untuk Detektor 1 melalui COM 6.....	58
Gambar 5.4. Hasil Pengukuran Laju Dosis Radiasi untuk Detektor 1 melalui COM 6.....	59
Gambar 5.5. <i>Setting Baudrate</i> untuk Detektor 2 melalui COM 7.....	59
Gambar 5.6. Hasil Pengukuran Laju Dosis Radiasi untuk Detektor 2 melalui COM 7.....	60
Gambar 5.7. Hasil Pengukuran Laju Dosis Radiasi untuk Detektor 1 dan 2 .....	60
Gambar 5.8. Data Pengukuran Radiasi Detektor 1.....	61

Gambar 5.9. Data Pengukuran Radiasi Detektor 2.....	62
Gambar 5.10. Data Pengukuran Radiasi secara Grafik .....	63
Gambar 5.11. Laporan Data Pengukuran Radiasi .....	63



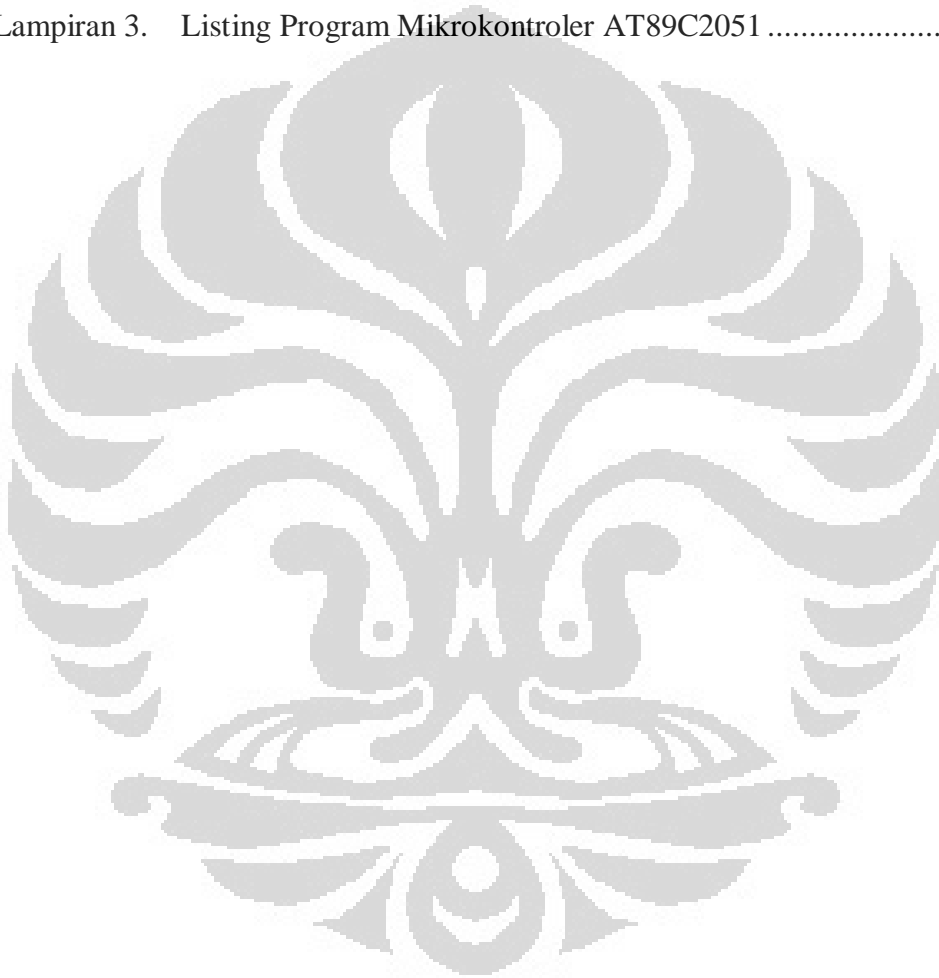


## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Radionuklida Hasil <i>Fissi</i> pada Teras dan Pendingin Reaktor <i>BWR</i> (Fukushima Daiichi) .....	20
Tabel 2.2.	Jenis Sinyal RS-232 pada Kaki Konektor yang Umum Digunakan .....	27
Tabel 2.3.	Perbandingan Sistem PLC dan Sistem Kontrol Konvensional .....	28
Tabel 3.1.	Masukan dan Keluaran PLC CPM 1A .....	46
Tabel 5.1.	Tingkat Kepercayaan Tanpa Sumber Radiasi.....	64
Tabel 5.2.	Tingkat Kepercayaan Dengan Sumber Radiasi.....	64

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Listing Program Sistem Pemantau Radiasi.....	L1
Lampiran 2.	Ladder Diagram Program PLC .....	L2
Lampiran 3.	Listing Program Mikrokontroler AT89C2051 .....	L3



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Di Indonesia, alat sistem monitoring pendeteksi radiasi terpusat berbasis komputer di bandara internasional yang bertujuan untuk mengantisipasi barang masuk dari negara lain belum ada, sehingga saat ada kejadian kecelakaan PLTN Fukushima, pemerintah masih menugaskan petugas dari BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) untuk mengecek barang-barang yang terkontaminasi zat radioaktif dari Jepang akibat kecelakaan tersebut. Disamping itu juga belum ada alat untuk mendeteksi zat radioaktif, sehingga masih memungkinkan adanya tindak kejahatan penyelundupan zat radioaktif ilegal.

Untuk mengurangi atau menekan serendah mungkin zat radioaktif ilegal terutama dari negara lain, diperlukan sebuah alat sistem monitoring radiasi terpusat berbasis komputer, sehingga memudahkan petugas bandara internasional untuk mengantisipasi barang masuk dari negara lain, atau sebagai contoh barang dari Jepang akibat terkontaminasi zat radioaktif akibat dari kecelakaan PLTN Fukushima. Pengembangan alat ini nantinya didesign dengan online monitoring yang terpusat di BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) dengan stasiun monitoring di Bandara Internasional Sukarno Hatta Jakarta, Bandara Internasional Juanda Surabaya, Bandara Internasional Ngurah Rai Bali dan Bandara Internasional Polonia Medan.

### **1.1. Latar Belakang**

Berdasarkan Peraturan pemerintah No 33 tahun 2007 tentang Keselamatan dan Kesehatan terhadap Pemanfaatan Radiasi Pengion dan Peraturan Pemerintah No 27 tahun 2002 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif, potensi bahaya paparan radiasi zat radioaktif maupun limbah radioaktif yang berisiko pada penerimaan dosis bagi manusia harus dikurangi karena dapat berdampak efek stokastik dan non stokastik (deterministik).

Penggunaan zat radioaktif dalam bidang kesehatan, bidang pertanian, industri, rumah sakit sangat banyak, misalnya pengukuran batas (level) cairan atau serbuk, penentuan kebocoran dam atau bendungan, penentuan gerakan sedimen, pengukuran tebal atau densitas lapisan, dan radioterapi.

Penyalahgunaan zat radioaktifpun juga masih ada, oleh karena itu zat radioaktif ilegal harus dikurangi, salah satunya dengan sistem monitoring pemantauan zat radioaktif dengan pengukuran tingkat paparan radiasinya.

### **1.2. Tujuan Penulisan**

1. Merancang dan membuat sistem monitoring radiasi terpusat berbasis komputer, sehingga memudahkan petugas bandara internasional untuk mengantisipasi barang yang terkontaminasi zat radioaktif maupun zat radioaktif ilegal masuk dari negara lain.
2. Sebagai konsep pengembangan pemantauan radiasi secara online monitoring yang terpusat di BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) dengan stasiun monitoring di Bandara Internasional Sukarno Hatta Jakarta, Bandara Internasional Juanda Surabaya, Bandara Internasional Ngurah Rai Bali dan Bandara Internasional Polonia Medan.

### **1.3. Batasan Masalah**

1. Barang yang akan dipantau berukuran maksimal 60 x 30 x20 cm.
2. Konveyor barang dengan panjang 60 cm dan lebar 30 cm.
3. Batas pengukuran radiasi mulai dari 0,01 sd 99,99  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$
4. *Detector*/sensor dan monitor radiasi berjumlah 2 buah untuk memantau barang dengan batasan alarm yang berbeda.
5. Untuk pengiriman datanya ke komputer menggunakan komunikasi serial RS-232 (maksimal 15 meter), untuk jarak yang jauh menggunakan konverter RS-485 (maksimal 1200 meter), converter USB (maksimal 5 meter).

6. Display “TERKONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF” menggunakan dot matriks berukuran 8x8 titik dengan panjang 4x 3,5 inchi yang dikontrol dengan mikrokontroler AT89C2051.
7. Program visual pada komputer menggunakan bahasa pemrograman visual C# 2008, menggunakan database *mysql* dan *project grabber*.
8. Sistem pengendali penggerak motor dc, alarm/ buzzer menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) CPM 1A.
9. Pengembangan sistem monitoring radiasi berupa konsep pemantauan radiasi online yang terpusat di BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) dengan stasiun monitoring di Bandara Internasional Sukarno Hatta Jakarta, Bandara Internasional Juanda Surabaya, Bandara Internasional Ngurah Rai Bali dan Bandara Internasional Polonia Medan.

#### 1.4. Metodologi Penulisan

1. Studi literatur, mempelajari mekanisme deteksi dan pengukuran radiasi sesuai dengan manual alat.
2. Pengumpulan data untuk merancang proses *telemetry* (pengukuran jarak jauh) meliputi jarak pemasangan detektor dengan penerimaan data pengukuran di komputer.
3. Perancangan diagram blok sistem, desain rangkaian pcb, tata letak komponen, dan papan rangkaian tercetak.
4. Perakitan modul rangkaian perangkat *interface (tx)* dan perangkat *interface (rx)*.
5. Perakitan modul rangkaian mikrokontroler display “TERKONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF” menggunakan display *dot matriks*.
6. Pembuatan program visual menggunakan bahasa pemrograman visual C# dan database *mysql* server.
7. Perancangan konsep pemantauan radiasi online yang terpusat di BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) dengan stasiun monitoring di Bandara Internasional Sukarno Hatta Jakarta, Bandara Internasional

Juanda Surabaya, Bandara Internasional Ngurah Rai Bali dan Bandara Internasional Polonia Medan.

### 1.5. Sistematika Penulisan

Pada **Bab I**, merupakan pengantar untuk bab-bab selanjutnya. Pada bab ini dijelaskan tentang latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

Pada **Bab II**, akan dijelaskan secara umum mengenai teori dasar yang digunakan dalam tulisan ini, dasar teori tentang radiasi, detektor dan alat ukur radiasi, kelebihan dan kelemahan, kecelakaan PLTN Fukushima Daiichi, Dampak radiologi terhadap manusia dan lingkungan, catudaya, konverter logika RS-232, komunikasi serial, PLC, mikrokontroler, pemrograman, relay, *dot matriks*, dan Transistor Sebagai Saklar.

Pada **Bab III**, berisi perancangan dan pembuatan sistem monitoring radiasi terpusat berbasis komputer sebagai antisipasi zat radioaktif dari kecelakaan PLTN fukushima, meliputi diagram blok sistem, cara kerja masing-masing blok, diagram alir proses monitoring radiasi, perancangan dan pembuatan perangkat keras dan lunak.

Pada **Bab IV**, berisi tentang implementasi dan pengembangan system yang meliputi implementasi sistem, konsep pengembangan sistem monitoring radiasi terintegrasi di Indonesia, konsep mekanisme pengiriman data pada pengembangan sistem monitoring terintegrasi di Indonesia, dan stasiun monitoring radiasi bandara internasional dan pusat .

Pada **Bab V**, berisi tentang data hasil pengujian dan analisa, meliputi hasil pengujian perangkat keras, konveyor barang, perangkat interface, rangkaian display dot matriks, hasil pengujian perangkat lunak, laju dosis/paparan radiasi detektor 1, laju dosis/ paparan radiasi detektor 2, hasil pengujian menggunakan software hasil perancangan.

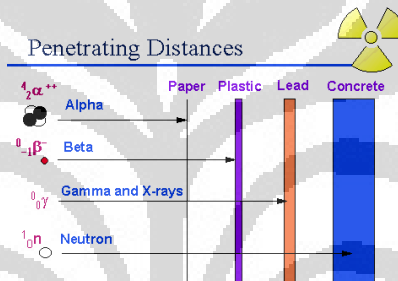
Pada **Bab VI**, berisi kesimpulan dan saran dari skripsi ini.

## BAB 2

### DASAR TEORI

#### 2.1. Pengertian Radiasi

Radiasi adalah suatu pancaran energi dari suatu sumber ke lingkungannya, tanpa membutuhkan medium perantara [12]. Radiasi dapat digolongkan menjadi 2 jenis yaitu radiasi pengion, contoh alpha, beta, gamma, neutron dan radiasi non pengion, contoh handphone, TV, LCD proyektor, *microwave*, komputer, inframerah, UV, dll. Daya tembus berbagai sumber radiasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1, sebagai berikut:



**Gambar 2.1.** Daya Tembus Berbagai Jenis Radiasi [12]

Radiasi nuklir merupakan perambatan energi dalam bentuk partikel atau gelombang (alfa, beta, gamma dan neutron) sedangkan material radioaktif merupakan material yang mengandung atom yang memancarkan radiasi secara spontan contoh: Cs-137, Co-60, Ir-192, I-131, dll [12]. Yang membedakannya dengan jenis energi lain yaitu radiasi tidak dapat dirasakan dan dapat menembus bahan, oleh karena itu alat ukur radiasi mutlak dibutuhkan dalam pemanfaatan teknologi nuklir.

Paparan radiasi merupakan kemampuan radiasi *foton* (sinar x atau gamma) untuk menimbulkan ionisasi di udara dalam volume tertentu. Dosis radiasi merupakan jumlah energi yang diserap persatuan massa dikalikan dengan mutu radiasi yang berkaitan dengan efek biologi yang ditimbulkan oleh radiasi dengan satuan *Sv* (*Sievert*), sedangkan laju dosis adalah besarnya dosis per satuan waktu.

Efek radiasi bagi manusia terdiri dari 2 macam, meliputi efek stokastik yaitu efek radiasi yang tidak dipengaruhi oleh dosis ambang yang menyebabkan perubahan pada sel tubuh, contoh: kanker, efek pewarisan (perubahan genetika) dan non stokastik (*deterministik*) yaitu efek radiasi yang dipengaruhi oleh dosis ambang yang menyebabkan kematian sel, contoh: sel kulit mati, katarak, kematian pada janin[12].

### 2.1.1 Alat Ukur Radiasi

Alat ukur proteksi radiasi merupakan suatu sistem yang terdiri dari detektor dan peralatan penunjang, seperti sistem pengukur radiasi lainnya [12]. Alat ukur ini dapat memberikan informasi dosis radiasi seperti paparan dalam *roentgen*, dosis serap dalam *rad* atau *gray*, dan dosis ekuivalen dalam *rem* atau *sievert*.

Alat proteksi radiasi ini dibedakan menjadi tiga yaitu dosimeter personal, surveimeter, dan monitor kontaminasi. Dosimeter personal berfungsi untuk “mencatat” dosis radiasi yang telah mengenai seorang pekerja radiasi secara akumulasi. Oleh karena itu, setiap orang yang bekerja di suatu daerah radiasi harus selalu mengenakan dosimeter personal. Surveimeter digunakan untuk melakukan pengukuran tingkat radiasi di suatu lokasi secara langsung sedang monitor kontaminasi digunakan untuk mengukur tingkat kontaminasi pada pekerja, alat maupun lingkungan.

Surveimeter harus dapat memberikan informasi laju dosis radiasi pada suatu area secara langsung. Jadi, seorang pekerja radiasi dapat memperkirakan jumlah radiasi yang akan diterimanya bila akan bekerja di suatu lokasi selama waktu tertentu. Dengan informasi yang ditunjukkan surveimeter ini, setiap pekerja dapat menjaga diri agar tidak terkena paparan radiasi yang melebihi batas ambang yang diizinkan.

Sebagaimana fungsinya, suatu surveimeter harus bersifat portable meskipun tidak perlu sekecil sebuah dosimeter personal. Konstruksi surveimeter terdiri atas detektor dan peralatan penunjang. Cara pengukuran yang diterapkan adalah cara arus (*current mode*) sehingga nilai yang ditampilkan merupakan nilai intensitas radiasi. Secara elektronik, nilai intensitas tersebut dikonversikan menjadi skala dosis, misalnya dengan satuan *rontgent/jam*.



Semua jenis detektor yang dapat memberikan hasil secara langsung, seperti detektor isian gas, sintilasi dan semikonduktor, dapat digunakan. Dari segi praktis dan ekonomis, detektor isian gas *Geiger Muller* yang paling banyak digunakan. Detektor sintilasi juga banyak digunakan, khususnya NaI(Tl) untuk radiasi gamma, karena mempunyai efisiensi yang tinggi. Terdapat beberapa jenis surveimeter yang digunakan untuk jenis radiasi yaitu Surveimeter Gamma, Surveimeter Beta dan Gamma, Surveimeter Alpha, Surveimeter Neutron, dan Surveimeter Multi-Guna. Surveimeter gamma merupakan surveimeter yang sering digunakan dan pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengukur radiasi sinar X. Detektor yang sering digunakan adalah detektor isian gas proporsional, GM atau detektor sintilasi NaI(Tl).

Berbeda dengan surveimeter gamma biasa, surveimeter beta dan gamma mempunyai detektor yang terletak di luar badan surveimeter dan mempunyai “jendela” yang dapat dibuka atau ditutup. Bila digunakan untuk mengukur radiasi beta, maka jendelanya harus dibuka. Sebaliknya untuk radiasi gamma, jendelanya ditutup. Detektor yang sering digunakan adalah detektor isian gas proporsional atau GM. Surveimeter alpha mempunyai detektor yang terletak di luar badan surveimeter dan terdapat satu permukaan detektor yang terbuat dari lapisan film yang sangat tipis, biasanya terbuat dari berrilium, sehingga mudah sobek bila tersentuh atau tergores benda tajam. Detektor yang digunakan adalah detektor isian gas proporsional atau detektor sintilasi ZnS(Ag).

Surveimeter neutron biasanya menggunakan detektor proporsional yang diisi dengan gas BF<sub>3</sub> atau gas Helium. Karena yang dapat berinteraksi dengan unsur Boron atau Helium adalah neutron termal saja, maka surveimeter neutron biasanya dilengkapi dengan moderator yang terbuat dari parafin atau polietilen yang berfungsi untuk menurunkan energi neutron cepat menjadi neutron termal. Moderator ini hanya digunakan bila radiasi neutron yang akan diukur adalah neutron cepat. Pada saat ini sudah mulai dipasarkan jenis surveimeter yang serbaguna (*multipurpose*) karena selain dapat mengukur intensitas radiasi secara langsung, sebagaimana surveimeter biasa, juga dapat mengukur intensitas radiasi selama selang waktu tertentu, dapat diatur, seperti sistem pencacah dan bahkan bisa menghasilkan spektrum distribusi energi radiasi seperti sistem spektroskopi.



**Gambar 2.2.** Contoh Surveimeter/ Monitor Radiasi Gamma [14]

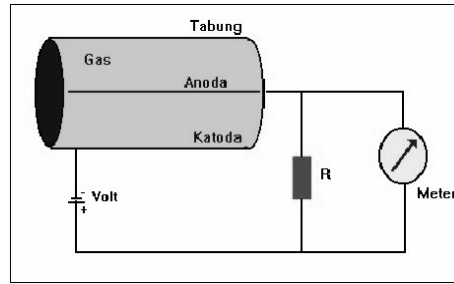
### 2.1.2 Detektor Radiasi

Detektor merupakan bahan yang dapat berinteraksi dengan radiasi, berfungsi mengubah energi radiasi menjadi bentuk energi lain yang lebih mudah diamati [12]. Detektor merupakan suatu bahan yang peka terhadap radiasi, yang bila dikenai radiasi akan menghasilkan tanggapan. Perlu diperhatikan bahwa suatu bahan yang sensitif terhadap suatu jenis radiasi belum tentu sensitif terhadap jenis radiasi yang lain. Sebagai contoh, detektor radiasi gamma belum tentu dapat mendeteksi radiasi neutron.

#### 2.1.2.1 Jenis Detektor Radiasi

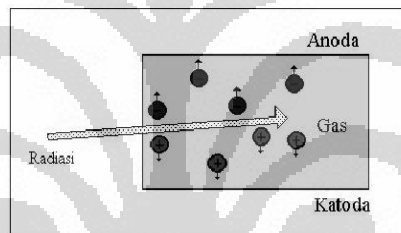
##### a. Detektor Isian Gas

Detektor isian gas merupakan detektor yang paling sering digunakan untuk mengukur radiasi. Detektor ini terdiri dari dua elektroda, positif dan negatif, serta berisi gas di antara kedua elektrodanya. Elektroda positif disebut sebagai anoda, yang dihubungkan ke kutub listrik positif, sedangkan elektroda negatif disebut sebagai katoda, yang dihubungkan ke kutub negatif. Kebanyakan detektor ini berbentuk silinder dengan sumbu yang berfungsi sebagai anoda dan dinding silindernya sebagai katoda sebagaimana berikut.



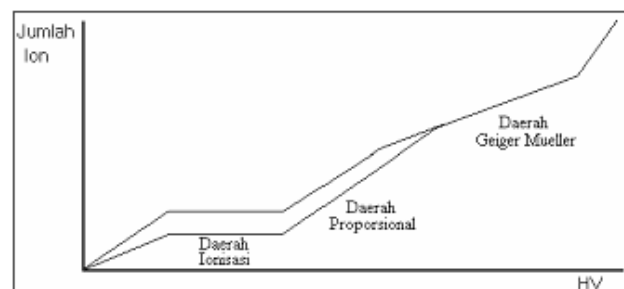
**Gambar 2.3.** Detektor Isian Gas [12]

Radiasi yang memasuki detektor akan mengionisasi gas dan menghasilkan ion-ion positif dan ion-ion negatif (elektron). Jumlah ion yang akan dihasilkan tersebut sebanding dengan energi radiasi dan berbanding terbalik dengan daya ionisasi gas. Daya ionisasi gas berkisar dari 25 eV s.d. 40 eV. Ion-ion yang dihasilkan di dalam detektor tersebut akan memberikan kontribusi terbentuknya pulsa listrik ataupun arus listrik.



**Gambar 2.4.** Proses Ionisasi Detektor Isian Gas [12]

Ion-ion primer yang dihasilkan oleh radiasi akan bergerak menuju elektroda yang sesuai. Pergerakan ion-ion tersebut akan menimbulkan pulsa atau arus listrik. Pergerakan ion tersebut di atas dapat berlangsung bila di antara dua elektroda terdapat cukup medan listrik. Bila medan listriknya semakin tinggi maka energi kinetik ion-ion tersebut akan semakin besar sehingga mampu untuk mengadakan ionisasi lain.



**Gambar 2.5.** Grafik Jumlah Ion Berdasarkan Daerah Kerja Detektor [12]

Ion-ion yang dihasilkan oleh ion primer disebut sebagai ion sekunder. Bila medan listrik di antara dua elektroda semakin tinggi maka jumlah ion yang dihasilkan oleh sebuah radiasi akan sangat banyak dan disebut proses 'avalanche'.

Terdapat tiga jenis detektor isian gas yang bekerja pada daerah yang berbeda yaitu detektor kamar ionisasi, detektor proporsional, dan detektor Geiger Mueller (GM).

#### **b. Detektor Kamar Ionisasi (*Ionization Chamber*)**

Sebagaimana terlihat pada kurva karakteristik gas atau jumlah ion di atas, jumlah ion yang dihasilkan di daerah ini relatif sedikit sehingga tinggi pulsanya, bila menerapkan pengukuran model pulsa, sangat rendah. Oleh karena itu, biasanya, pengukuran yang menggunakan detektor ionisasi menerapkan cara arus. Bila akan menggunakan detektor ini dengan cara pulsa maka dibutuhkan penguat pulsa yang sangat baik. Keuntungan detektor ini adalah dapat membedakan energi yang memasukinya dan tegangan kerja yang dibutuhkan tidak terlalu tinggi.

#### **c. Detektor Proporsional**

Dibandingkan dengan daerah ionisasi di atas, jumlah ion yang dihasilkan di daerah proporsional ini lebih banyak sehingga tinggi pulsanya akan lebih tinggi. Detektor ini lebih sering digunakan untuk pengukuran dengan cara pulsa. Terlihat pada kurva karakteristik di atas bahwa jumlah ion yang dihasilkan sebanding dengan energi radiasi, sehingga detektor ini dapat membedakan energi radiasi. Akan tetapi, yang merupakan suatu kerugian, jumlah ion atau tinggi pulsa yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh tegangan kerja dan daya tegangan untuk detektor ini harus sangat stabil.

#### **d. Detektor Geiger Mueller (GM)**

Jumlah ion yang dihasilkan di daerah ini sangat banyak, mencapai nilai saturasinya, sehingga pulsanya relatif tinggi dan tidak memerlukan penguat pulsa lagi. Kerugian utama dari detektor ini ialah tidak dapat membedakan energi radiasi yang memasukinya, karena berapapun energinya jumlah ion yang dihasilkannya sama dengan nilai saturasinya. Detektor ini merupakan detektor yang paling sering digunakan, karena dari segi elektronik sangat sederhana, tidak

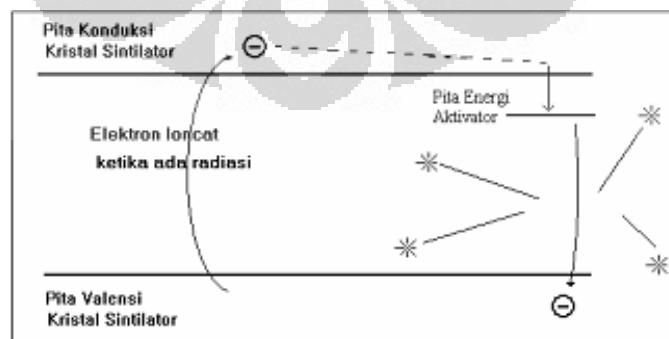
perlu menggunakan rangkaian penguat. Sebagian besar peralatan ukur proteksi radiasi, yang harus bersifat portabel, terbuat dari detektor Geiger Mueller.

#### e. Detektor Sintilasi

Detektor sintilasi selalu terdiri dari dua bagian yaitu bahan sintilator dan photomultiplier. Bahan sintilator merupakan suatu bahan padat, cair maupun gas, yang akan menghasilkan percikan cahaya bila dikenai radiasi pengion. Photomultiplier digunakan untuk mengubah percikan cahaya yang dihasilkan bahan sintilator menjadi pulsa listrik. Mekanisme pendeteksian radiasi pada detektor sintilasi dapat dibagi menjadi dua tahap yaitu :

- proses perubahan radiasi yang mengenai detektor menjadi percikan cahaya di dalam bahan sintilator dan
- proses perubahan percikan cahaya menjadi pulsa listrik di dalam tabung photomultiplier

Proses sintilasi pada bahan ini di dalam kristal bahan sintilator terdapat pita-pita atau daerah yang dinamakan sebagai pita valensi dan pita konduksi yang dipisahkan dengan tingkat energi tertentu. Pada keadaan dasar, ground state, seluruh elektron berada di pita valensi sedangkan di pita konduksi kosong. Ketika terdapat radiasi yang memasuki kristal, terdapat kemungkinan bahwa energinya akan terserap oleh beberapa elektron di pita valensi, sehingga dapat meloncat ke pita konduksi. Beberapa saat kemudian elektron-elektron tersebut akan kembali ke pita valensi melalui pita energi bahan aktivator sambil memancarkan percikan cahaya.



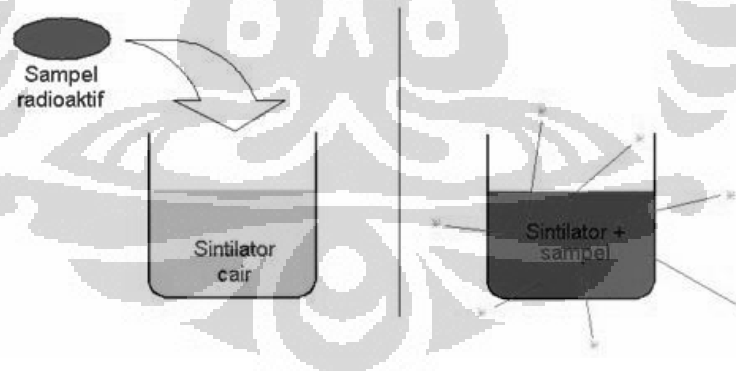
**Gambar 2.6.** Proses Sintilasi [12]

Jumlah percikan cahaya sebanding dengan energi radiasi diserap dan dipengaruhi oleh jenis bahan sintilatornya. Semakin besar energinya semakin banyak percikan cahayanya. Percikan-percikan cahaya ini kemudian ‘ditangkap’ oleh photomultiplier.

Berikut ini adalah beberapa contoh bahan sintilator yang sering digunakan sebagai detektor radiasi.

- Kristal NaI(Tl)
- Kristal ZnS(Ag)
- Kristal LiI(Eu)
- Sintilator Organik

Detektor ini sangat spesial dibandingkan dengan jenis detektor yang lain karena berwujud cair. Sampel radioaktif yang akan diukur dilarutkan dahulu ke dalam sintilator cair ini sehingga sampel dan detektor menjadi satu kesatuan larutan yang homogen. Secara geometri pengukuran ini dapat mencapai efisiensi 100 % karena semua radiasi yang dipancarkan sumber akan “ditangkap” oleh detektor. Metode ini sangat diperlukan untuk mengukur sampel yang memancarkan radiasi berenergi rendah seperti tritium dan C14.



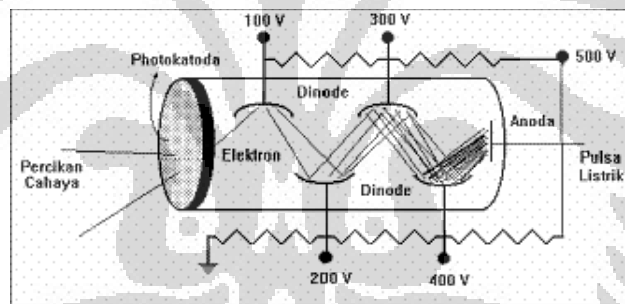
**Gambar 2.7.** Prinsip Detektor Sintilasi Cair [12]

Masalah yang harus diperhatikan pada metode ini adalah quenching yaitu berkurangnya sifat transparan dari larutan (sintilator cair) karena mendapat campuran sampel. Semakin pekat konsentrasi sampel maka akan semakin buruk tingkat transparansinya sehingga percikan cahaya yang dihasilkan tidak dapat mencapai photomultiplier.

### f. Detektor Tabung Photomultiplier

Sebagaimana telah dibahas sebelumnya, setiap detektor sintilasi terdiri atas dua bagian yaitu bahan sintilator dan tabung photomultiplier. Bila bahan sintilator berfungsi untuk mengubah energi radiasi menjadi percikan cahaya maka tabung photomultiplier ini berfungsi untuk mengubah percikan cahaya tersebut menjadi berkas elektron, sehingga dapat diolah lebih lanjut sebagai pulsa/ arus listrik.

Tabung photomultiplier terbuat dari tabung hampa yang kedap cahaya dengan photokatoda yang berfungsi sebagai masukan pada salah satu ujungnya dan terdapat beberapa dinode untuk menggandakan elektron seperti terdapat pada gambar 2.8. Photokatoda yang ditempelkan pada bahan sintilator, akan memancarkan elektron bila dikenai cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai. Elektron yang dihasilkannya akan diarahkan, dengan perbedaan potensial, menuju dinode pertama. Dinode tersebut akan memancarkan beberapa elektron sekunder bila dikenai oleh elektron.



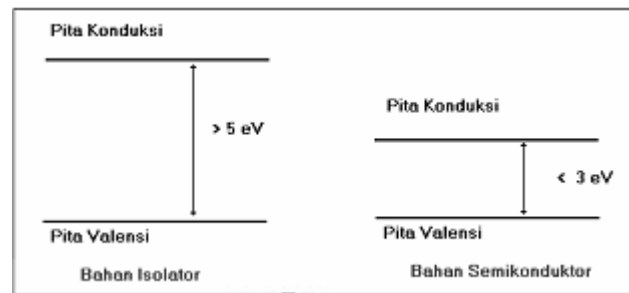
**Gambar 2.8.** Detektor Tabung Photomultiplier [12]

Elektron-elektron sekunder yang dihasilkan dinode pertama akan menuju dinode kedua dan dilipatgandakan kemudian ke dinode ketiga dan seterusnya sehingga elektron yang terkumpul pada dinode terakhir berjumlah sangat banyak. Dengan sebuah kapasitor kumpulan elektron tersebut akan diubah menjadi pulsa listrik.

### g. Detektor Semikonduktor

Bahan semikonduktor, yang ditemukan relatif lebih baru daripada dua jenis detektor di atas, terbuat dari unsur golongan IV pada tabel periodik yaitu silikon atau germanium. Detektor ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu lebih

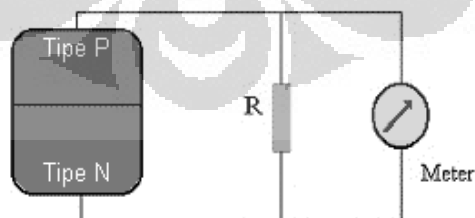
effisien dibandingkan dengan detektor isian gas, karena terbuat dari zat padat, serta mempunyai resolusi yang lebih baik daripada detektor sintilasi.



**Gambar 2.9.** Pita Konduksi Isolator dan Semikonduktor [12]

Pada dasarnya, bahan isolator dan bahan semikonduktor tidak dapat meneruskan arus listrik. Hal ini disebabkan semua elektronnya berada di pita valensi sedangkan di pita konduksi kosong. Perbedaan tingkat energi antara pita valensi dan pita konduksi di bahan isolator sangat besar sehingga tidak memungkinkan elektron untuk berpindah ke pita konduksi ( $> 5 \text{ eV}$ ) seperti terlihat di atas. Sebaliknya, perbedaan tersebut relatif kecil pada bahan semikonduktor ( $< 3 \text{ eV}$ ) sehingga memungkinkan elektron untuk meloncat ke pita konduksi bila mendapat tambahan energi.

Energi radiasi yang memasuki bahan semikonduktor akan diserap oleh bahan sehingga beberapa elektronnya dapat berpindah dari pita valensi ke pita konduksi. Bila di antara kedua ujung bahan semikonduktor tersebut terdapat beda potensial maka akan terjadi aliran arus listrik. Jadi pada detektor ini, energi radiasi diubah menjadi energi listrik.



**Gambar 2.10.** Prinsip Detektor Semikonduktor [12]

Sambungan semikonduktor dibuat dengan menyambungkan semikonduktor tipe N dengan tipe P (PN junction). Kutub positif dari tegangan listrik eksternal dihubungkan ke tipe N sedangkan kutub negatifnya ke tipe P seperti terlihat pada



Gambar 2.10. Hal ini menyebabkan pembawa muatan positif akan tertarik ke atas (kutub negatif) sedangkan pembawa muatan negatif akan tertarik ke bawah (kutub positif), sehingga terbentuk (*depletion layer*) lapisan kosong muatan pada sambungan PN. Dengan adanya lapisan kosong muatan ini maka tidak akan terjadi arus listrik. Bila ada radiasi pengion yang memasuki lapisan kosong muatan ini maka akan terbentuk ion-ion baru, elektron dan hole, yang akan bergerak ke kutub-kutub positif dan negatif. Tambahan elektron dan hole inilah yang akan menyebabkan terbentuknya pulsa atau arus listrik.

Oleh karena daya atau energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan ion-ion ini lebih rendah dibandingkan dengan proses ionisasi di gas, maka jumlah ion yang dihasilkan oleh energi yang sama akan lebih banyak. Hal inilah yang menyebabkan detektor semikonduktor sangat teliti dalam membedakan energi radiasi yang mengenainya atau disebut mempunyai resolusi tinggi. Sebagai gambaran, detektor sintilasi untuk radiasi gamma biasanya mempunyai resolusi sebesar 50 keV, artinya, detektor ini dapat membedakan energi dari dua buah radiasi yang memasukinya bila kedua radiasi tersebut mempunyai perbedaan energi lebih besar daripada 50 keV. Sedang detektor semikonduktor untuk radiasi gamma biasanya mempunyai resolusi 2 keV. Jadi terlihat bahwa detektor semikonduktor jauh lebih teliti untuk membedakan energi radiasi.

### **2.1.3. Kelebihan dan Kelemahan Detektor**

Sebenarnya, kemampuan untuk membedakan energi tidak terlalu diperlukan dalam pemakaian di lapangan, misalnya untuk melakukan survei radiasi. Akan tetapi untuk keperluan lain, misalnya untuk menentukan jenis radionuklida atau untuk menentukan jenis dan kadar bahan, kemampuan ini mutlak diperlukan. Kelemahan dari detektor semikonduktor adalah harganya lebih mahal, pemakaiannya harus sangat hati-hati karena mudah rusak dan beberapa jenis detektor semikonduktor harus didinginkan pada temperatur Nitrogen cair sehingga memerlukan dewar yang berukuran cukup besar.

Efisiensi detektor adalah suatu nilai yang menunjukkan perbandingan antara jumlah pulsa listrik yang dihasilkan detektor terhadap jumlah radiasi yang diterimanya. Nilai efisiensi detektor sangat ditentukan oleh bentuk geometri dan

densitas bahan detektor. Bentuk geometri sangat menentukan jumlah radiasi yang dapat 'ditangkap' sehingga semakin luas permukaan detektor, efisiensinya semakin tinggi. Sedangkan densitas bahan detektor mempengaruhi jumlah radiasi yang dapat berinteraksi sehingga menghasilkan sinyal listrik. Bahan detektor yang mempunyai densitas lebih rapat akan mempunyai efisiensi yang lebih tinggi karena semakin banyak radiasi yang berinteraksi dengan bahan.

Kecepatan detektor menunjukkan selang waktu antara datangnya radiasi dan terbentuknya pulsa listrik. Kecepatan detektor berinteraksi dengan radiasi juga sangat mempengaruhi pengukuran karena bila respon detektor tidak cukup cepat sedangkan intensitas radiasinya sangat tinggi maka akan banyak radiasi yang tidak terukur meskipun sudah mengenai detektor.

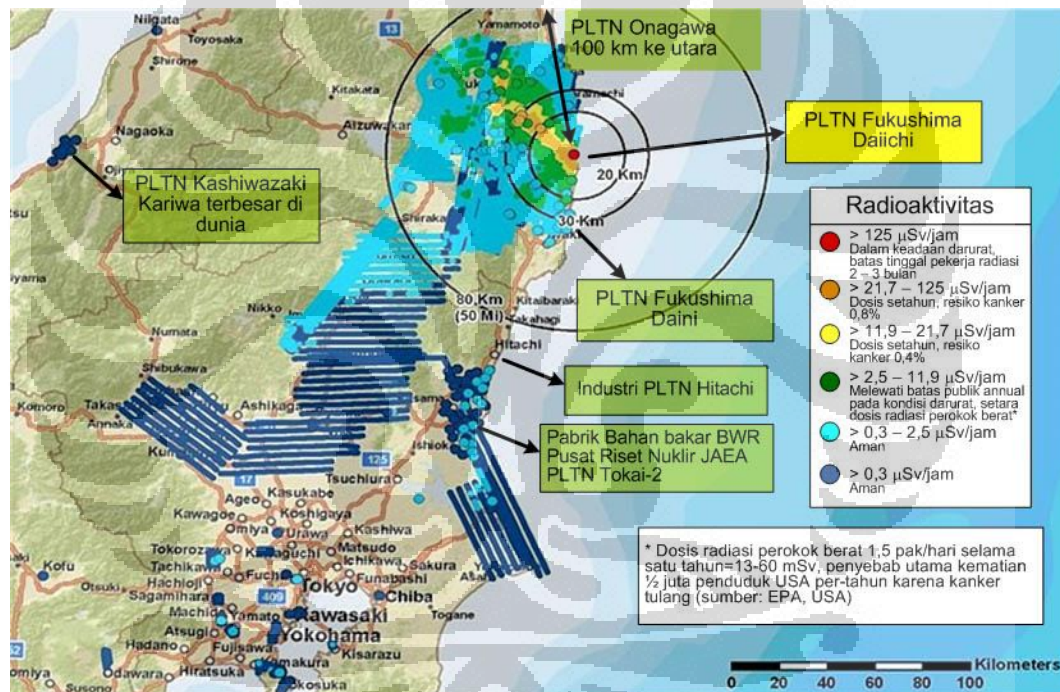
Resolusi detektor adalah kemampuan detektor untuk membedakan energi radiasi yang berdekatan. Suatu detektor diharapkan mempunyai resolusi yang sangat kecil (high resolution) sehingga dapat membedakan energi radiasi secara teliti. Resolusi detektor disebabkan oleh peristiwa statistik yang terjadi dalam proses pengubahan energi radiasi, noise dari rangkaian elektronik, serta ketidak-stabilan kondisi pengukuran.

Aspek lain yang juga menjadi pertimbangan adalah konstruksi detektor karena semakin rumit konstruksi atau desainnya maka detektor tersebut akan semakin mudah rusak dan biasanya juga semakin mahal. Detektor yang digunakan pada alat ukur portabel (mudah dibawa) sebaiknya adalah detektor isian gas, detektor yang digunakan pada alat ukur untuk radiasi alam (intensitas sangat rendah) sebaiknya adalah detektor sintilasi, sedangkan detektor pada sistem spektroskopi untuk menganalisis bahan sebaiknya detektor semikonduktor.

## **2.2. Kecelakaan PLTN Fukushima Daiichi**

Kecelakaan nuklir pada PLTN Fukushima Daiichi yang merupakan jenis reaktor *BWR (Boiling Water Reactor)* Unit 1 di Jepang sudah berlangsung sejak tanggal 11 Maret 2011 dan hingga sekarang masih menyisakan potensi bahaya yang dapat menimbulkan dampak terhadap kesehatan manusia, baik bagi penduduk yang berada disekitar Fukushima Unit 1 maupun bagi penduduk yang berada jauh dari

wilayah station Fukushima bahkan melewati batas Negara. Hal ini terjadi karena bahan radioaktif yang terlepas dari instalasi PLTN masuk ke udara dan membentuk awan radioaktif yang bergerak mengikuti arah angin. Awan radioaktif ini akhirnya akan turun ke permukaan bumi sehingga dapat mengkontaminasi benda-benda dipermukaan bumi termasuk manusia. Besarnya awan radioaktif yang tersebar diudara ini semakin bertambah dengan bertambahnya jumlah pelepasan dari reaktor yang mengalami kecelakaan yaitu Fukushima Unit 1, Unit 3, Unit 2, dan terakhir unit 4 berturut-turut pada tanggal 12 Maret 2011, 14 Maret, 15 Maret diikuti kebakaran pada penyimpanan elemen bahan bakar bekas yang melepaskan bahan radioaktif.



**Gambar 2.11.** Lokasi Kecelakaan PLTN Fukushima Daiichi beserta Radioaktivitas [11]

Walaupun kecelakaan yang terlihat adalah dalam bentuk ledakan hidrogen, namun pengamatan menunjukkan adanya lepasan radioaktif yang menyebabkan naiknya laju dosis di lokasi. Tercatat pada tanggal 15 Maret pukul 00.00 laju dosis sebesar 11.9 *milliSievert* (mSv) per-jam dan enam jam kemudian yaitu pada tanggal 15 Maret pukul 06.00 tercatat dosis sebesar 0.6 mSv. Hal ini menunjukkan penurunan. Akan tetapi sebelumnya telah dilaporkan hasil pengamatan laju dosis sebesar 100 *milliSievert* dan 400 mSv di lokasi. Hal ini menunjukkan bahwa

kondisi pelepasan bahan radioaktif di PLTN Fukushima sangat fluktuatif sesuai dengan kondisi yang sebenarnya di teras reaktor ke empat reaktor yang mengalami kecelakaan. Sampai pada tanggal 17 Maret 2011 Badan Otoritas Jepang masih mengklasifikasikan kejadian di Fukushima Unit satu berada pada level 4 *International Nuclear and Radiological Event Scale (INES)* “Kecelakaan dengan konsekuensi local.” Akan tetapi pada tanggal 18 Maret 2011 Badan otoritas Jepang telah menetapkan klasifikasi kejadian Fukushima Unit 1 berada pada level 5 yaitu “Kecelakaan dengan dampak yang lebih luas”. Artinya ada kemungkinan terjadi kerusakan berat pada teras reaktor dan disertai dengan peningkatan jumlah paparan yang signifikan mengenai penduduk [11].

Dengan semakin besarnya paparan radioaktif yang terlepas ke udara akan semakin besar pula dampak radiologi yang akan mengenai penduduk di sekitar PLTN maupun di Negara lain yang cukup jauh akan terkena paparan termasuk ke Indonesia. Besarnya lelasan radioaktif yang telah menyebar di kota-kota di Jepang dan analisis kemungkinan dampaknya ke Indonesia harus dikaji.

### **2.2.1. Analisis Dosis Radiasi Akibat Kecelakaan PLTN Fukushima Daiichi**

Fukushima-Daiichi-1 mempunyai kapasitas 460 MWe, dan Fukushima-Daiichi-3 mempunyai kapasitas 784 MWe. Jika reaktor sejenis di bangun di Bangka Belitung dengan asumsi operasi normal maka penduduk setempat dalam radius > 3 km akan memperoleh dosis radiasi 0,03  $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$  sampai dengan 0,42  $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$ . Faktanya di daerah Fukushima untuk radius yang sama memperoleh dosis radiasi sekitar 0.07  $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$ .

Jika dilihat dari pemberitaan dosis yang terukur adalah 1014  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  atau sekitar 1000 kali dari dosis normal, kemungkinan masih dalam pelepasan kondisi normal dengan tambahan aktivitas dari terikutnya produk fisi di teras dan sistem pendingin bersama dengan gas Hidrogen, karena faktor filterisasi adalah 10-100 kali (karena *roof* sudah meledak, maka yang dari containment langsung ke luar ke lingkungan). Dari dosis yang terpantau, kemungkinan kecil adanya bahan bakar yang meleleh.

Dari perhitungan pesimistik dengan adanya 50 % *melt down* teras PLTN dengan kapasitas 1000MWe, untuk kondisi parah dosis diperkirakan  $4,48E-03$  Sv/tahun (radius 0,8 km untuk pekerja radiasi batasannya 20 mSv/tahun):  $1,14 \times 10^{-03}$  Sv/tahun (radius 3 km untuk masyarakat terbatas, batasannya 1-5 mSv/tahun);  $6,53 \times 10^{-03}$  Sv/tahun (radius 5 km untuk masyarakat umum, batasannya 1-5 mSv/tahun) :  $4,21 \times 10^{-05}$  Sv/tahun (radius 10 km untuk masyarakat, batasannya 1-5 mSv/tahun) dan  $1,33 \times 10^{-05}$  Sv/tahun (radius 20 km untuk masyarakat, batasannya 1-5 mSv/tahun). Jika penerimaan dosis radiasi di masyarakat mengalami peningkatan sekitar 105 dari dosis yang diterima pada operasi normal, maka perlu diselidiki kemungkinan adanya kegagalan/ kebocoran teras atau bahan bakar.

Dosis yang diterima masyarakat dipengaruhi oleh: suhu sumber operasi rutin reaktor *BWR*, kondisi meteorologi daerah tapak (kecepatan angin, stabilitas cuaca, dan arah angin), produksi dan konsumsi pertanian-peternakan, dan kerapatan penduduk di daerah tapak. Perhitungan dosis individu efektif berdasarkan definisi yang disediakan pada *International Commission Radiation Protection (ICRP-60)*, dan koefisien dari *ICRP-72*). Data output perhitungan adalah dosis individu efektif yang diterima masyarakat berdasarkan jenis nuklida dan alur paparan. Daerah estimasi dibagi menjadi 16 arah angin dengan radius sampai 10 km dari reaktor, dengan daerah zona populasi rendah (*Low Population Zone*) untuk jarak radius  $\geq 1$  km dari reaktor.

Untuk kondisi *release* normal maupun *accident* adanya produk fisi yang *release* ( $Cs-137$ ,  $I-131$ ,  $H-3$ ) dikarenakan adanya asumsi nuklida dari bahan bakar di teras yang lolos, hanya jumlah dan aktivitasnya yang jauh berbeda. Jika normal asumsi produk fisi yang lolos dari teras ke sistem pendingin hanya 0,1 %-0,2 %, tetapi jika terjadi *accident* produk fisi yang lolos ke sistem pendingin bisa mencapai 10-100%.

*Release* pada kondisi normal dengan asumsi radionuklida hasil fisi berasal dari bahan bakar di teras yang diasumsikan melalui lubang halus pada *cladding* bahan bakar. Lubang halus pada *cladding* dimungkinkan bisa terjadi jika bahan bakar ter-irradiasi berada di dalam teras lebih dari tiga tahun. Berdasarkan manajemen bahan bakar, pergantian bahan bakar di dalam teras dapat dilakukan setiap tahun

dengan jumlah seper-tiga atau seper-empat dari jumlah bahan bakar yang ada. Jadi pada waktu tahun ke-3 atau lebih akan ada seper-tiga atau seper-empat dari total bahan bakar teras sudah ter-irradiasi selama tiga tahun atau lebih. Berdasarkan asumsi ini maka akan ada sejumlah kecil radionuklida lolos lewat lubang halus di cladding ke sistem pendingin. Jumlah radionuklida yang lolos ke luar dari cladding bisa mencapai 0,1-0,2 % dari total radionuklida yang ada di dalam bahan bakar teras. Selain karena adanya radionuklida hasil fisi yang ke luar dari lubang halus di cladding, radionuklida hasil fisi bisa juga terbentuk dari kontaminan uranium yang terdapat pada permukaan cladding, walaupun dalam jumlah yang sangat kecil. Besarnya aktivitas radionuklida hasil fisi dari proses ini tergantung pada besarnya kontaminan uranium yang menempel pada permukaan bahan bakar dan jumlah bahan bakar yang digunakan pada konfigurasi teras. Kontaminan maksimum yang diijinkan adalah  $10\mu\text{g}$  per batang bahan bakar [11].

**Tabel 2.1.** Radionuklida Hasil *Fissi* pada Teras dan Pendingin Reaktor *BWR* (Fukushima Daiichi) [11]

No	Nuklida	Aktivitas (Bq) Teras BWR	Aktivitas (Bq) Pendingin BWR kondisi normal
Gas Mulia			
1	Kr-85	$1,36 \times 10^{15}$	$1,36 \times 10^{12}$
2	Kr-85M	$3,64 \times 10^{15}$	$3,64 \times 10^{14}$
3	Kr-88	$1,24 \times 10^{15}$	$1,24 \times 10^{15}$
4	Xe-133	$4,83 \times 10^{15}$	$4,83 \times 10^{14}$
5	Xe-135	$0,86 \times 10^{15}$	$0,86 \times 10^{14}$
Bahan Volatile			
6	I-131	$1,43 \times 10^{14}$	$0,74 \times 10^{10}$
7	I-133	$3,62 \times 10^{14}$	$1,81 \times 10^{11}$
8	Cs-134	$2,68 \times 10^{13}$	$1,34 \times 10^{08}$
9	Cs-137	$5,14 \times 10^{13}$	$2,52 \times 10^{08}$
Lainnya			
10	Sr-90	$1,20 \times 10^{13}$	$2,20 \times 10^{08}$
11	Ru-106	-	-
12	Ba-140	$3,84 \times 10^{13}$	$1,97 \times 10^{10}$
13	Te-132	$4,12 \times 10^{14}$	$2,06 \times 10^{10}$

### 2.2.2. Dampak Radiologi Terhadap Manusia dan Lingkungan

Dampak radiologi terhadap manusia dan lingkungan (sebagai *end-point*) terjadi oleh adanya proses interaksi antara radiasi pengion yang berasal dari luar (*external*) maupun dalam tubuh (*internal*) dengan bahan sel biologi. Interaksi tersebut akan menyebabkan perubahan pada *DNA* sel biologi seperti kematian sel atau mutasi sel. Akan tetapi secara ilmiah setiap sel memiliki kemampuan untuk memperbaiki perubahan yang terjadi pada *DNA*. Hal ini berarti sebagian besar perubahan yang terjadi pada molekul tidak menimbulkan kerusakan, kecuali untuk sel yang gagal melakukan perbaikan.

Bila dampak radiasi terjadi secara langsung terhadap sel penerima disebut dampak somatik, akan tetapi bila dampak atau efek baru muncul pada keturunannya disebut juga akibat herediter atau genetik. Ditinjau dari sifatnya dampak biologi dibagi dalam dampak deterministik (non-stokastik) dan akibat stokastik. Akibat deterministik ditandai dengan adanya dosis minimum tertentu yang menyebabkan suatu akibat tertentu, tingkat kerusakan bertambah oleh bertambahnya dosis, dan adanya keterkaitan yang jelas antara penyebab dan akibat. Pada penyinaran yang kecil dari satu *Sievert* (Sv) umumnya jaringan sel belum menunjukkan gejala klinis yang nyata kecuali pada organ berikut (*ICRP* 1990):

- a) Gonad yang akan steril sementara bila terkena 0.15 Sv dan steril menetap bila terkena 3 Sv.
- b) Tulang belakang yang akan mengalami gangguan pembentukan darah pada dosis 0.5 Sv.
- c) Lensa mata yang akan menyebabkan kebutaan setelah beberapa tahun terkena penyinaran.



**Gambar 2.12.** Contoh Efek Radiasi yang Dapat Menyebabkan Katarak [11]



Pada penerimaan di atas 1 Sv, dengan waktu pajanan beberapa jam, maka dampak disebut sebagai sindrom radiasi akut yang ditunjukkan dalam bentuk gangguan darah dan jaringan otot oleh terkena dosis 1 -10 Sv, antara lain *nausea*, muntah (*vomiting*) dan lemas biasa, dan mungkin juga *erithema* awal (kulit memerah), bentuk gangguan *gastrointestinal* bila terkena dosis 10-30 Sv mengakibatkan kerusakan pada *mucosa intestinal* dengan diawali tanda-tanda yang sama seperti pada gangguan darah dan otot, tetapi dimulai lebih awal dan jelas.

Demikian pula untuk dosis 3 – 5 Sv dapat menyebabkan *síndrome* kulit. Dampak kematian seketika terjadi bisa seseorang menerima dosis sebesar 100 Sv, sedangkan dosis yang juga menyebabkan kematian dalam kurun waktu 1 hari sampai 1 minggu.

Akibat stokastik adalah akibat yang terjadi berdasarkan kemungkinan (*probabilitas*) yang dapat dialami oleh penerima, atau dalam hal genetik, yang dialami oleh salah satu keturunan. Probabilitas kejadian berbanding linier dengan dosis namun tingkat keparahannya tidak tergantung dari dosis, contoh efek *karsinogenic* dan *hereditary*. Efek stokastik umumnya dinyatakan dalam jumlah kasus kejadian kanker (*morbidity*) atau kanker fatal (*mortality*) per unit dosis . [11]

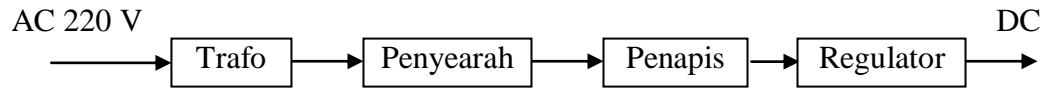
## **2.3. Rangkaian Perancangan**

### **2.3.1. Catu Daya (*Power Supply*)**

Catu daya atau *power supply* merupakan bagian penting dari suatu rangkaian elektronika, karena untuk menjalankan rangkaian tersebut dibutuhkan catu daya. Catu daya adalah suatu rangkaian yang berfungsi sebagai sumber daya untuk mengoperasikan rangkaian yang lain. Pada umumnya tegangan yang diperlukan bagi suatu rangkaian elektronika adalah tegangan searah DC (*direct current*). Tegangan tersebut dapat diperoleh dengan memanfaatkan fungsi dari catu daya yang dapat mengubah tegangan bolak-balik AC (*alternating current*) kedalam tegangan DC.



Catu daya tersusun dari beberapa blok yaitu: transformator, penyearah, perata atau filter, dan penstabil tegangan atau regulator. Beberapa blok di atas digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 2.13** Diagram Blok Rangkaian Catu Daya

Seperti ditunjukkan pada skema rangkaian di atas, tegangan AC dari jala-jala PLN diturunkan dengan menggunakan transformator tanpa mengubah besarnya daya.

Untuk menghitung besarnya penurunan tegangan oleh transformator berlaku persamaan :

$$V_p : V_s = N_s : N_p \dots\dots\dots( 2.1 )$$

Keterangan:

$V_p$  : Tegangan primer (volt)

$V_s$  : Tegangan sekunder (volt)

$N_p$  : Lilitan primer

$N_s$  : Lilitan sekunder

Jika besarnya tegangan jatuh diabaikan, dengan kata lain transformator dianggap ideal, maka berlaku rumus:

$$P_p = P_s \dots\dots\dots( 2.2 )$$

$$V_p \cdot I_p = V_s \cdot I_s \dots\dots\dots( 2.3 )$$

$$V_p : V_s = I_s : I_p \dots\dots\dots( 2.4 )$$

Keterangan :

$P_p$  : daya primer (watt)

$P_s$  : daya sekunder (watt)

$I_p$  : arus primer (ampere)

$I_s$  : arus sekunder (ampere).

Output dari transformator kemudian disearahkan oleh rangkaian penyearah dengan menggunakan dioda, karena dioda merupakan suatu penghantar satu arah yang akan menghantarkan arus jika diberi tegangan maju (Katoda lebih negatif dari Anoda) dan dioda ini tidak akan menghantarkan arus jika diberi tegangan mundur (Katoda lebih positif dari Anoda).

Untuk menghitung nilai keluaran dari dioda berlaku rumus:

$$V_{DC} = \frac{2}{\pi} \times V_{out (peak)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

$V_{DC}$  = Tegangan keluaran penyearah (Volt)

$V_{out (peak)}$  = Tegangan keluaran transformator (Volt)

$\pi$  = 3.14

Dari keluaran rangkaian dioda, tegangan yang dihasilkan belum rata (masih mengandung *ripple*) maka diperlukan perata (penapis) yang menggunakan komponen kapasitor yang berfungsi sebagai filter tegangan, agar keluaran dari penyearah dapat menjadi tegangan DC yang rata

Tegangan keluaran dari filter kapasitor ini adalah:

$$V_{DC} = \left( 1 - \frac{0,00417}{R_L C} \right) V_{in} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan tegangan riak sebesar:

$$V_r = \frac{0,0024}{R_L C} V_p \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

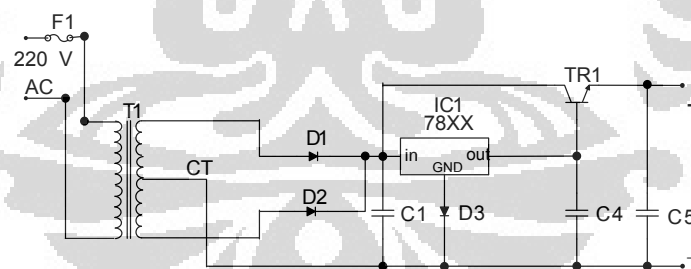
$V_{DC}$  = Tegangan keluaran penapis kapasitor (Volt)

- $V_{in}$  = Tegangan masukan penyearah (Volt)  
 $V_P$  = Tegangan puncak dari keluaran penyearah (Volt)  
 $V_r$  = Tegangan riak/ *Ripple* (Volt)  
 $R_L$  = Tahanan beban ( $\Omega$ )  
 $C$  = Kapasitansi penapis (Farad)

Akan tetapi tegangan keluaran dari penyearah besarnya masih berubah-ubah (berdenyut) sehingga perlu adanya peregulasi tegangan yang berfungsi untuk menstabilkan besarnya keluaran.

Peregulasi atau penstabil tegangan digunakan untuk membuat tegangan keluaran rangkaian catu daya menjadi stabil sesuai dengan tegangan keluaran yang diinginkan. Peregulasi menggunakan komponen IC regulator, IC Regulator ini terdiri dari berbagai tipe yaitu tipe 78XX dan 79XX. Rangkaian terpadu teregulasi tipe 78XX menghasilkan tegangan positif yang mempunyai nilai tetap sebesar XX (dua angka terakhir dari rangkaian terpadu ini), sedang jenis 79XX adalah rangkaian terpadu yang menghasilkan tegangan konstan sebesar  $-XX$  volt.

Rangkaian Catu Daya secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.14.



**Gambar 2.14.** Rangkaian Catu Daya secara Umum

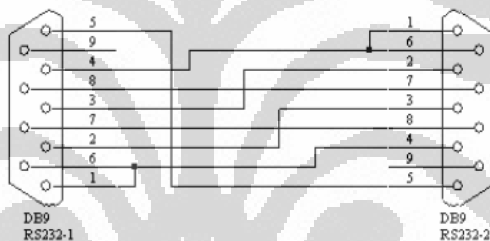
### 2.3.2. Konverter Logika RS-232

Jika peralatan yang kita gunakan menggunakan logika TTL maka sinyal serial port harus kita konversikan dahulu ke pulsa TTL sebelum kita gunakan, dan sebaliknya sinyal dari peralatan kita harus dikonversikan ke logika RS-232

sebelum di-inputkan ke serial port. Konverter yang paling mudah digunakan adalah MAX-232 (RS-232). Di dalam IC ini terdapat *Charge Pump* yang akan membangkitkan +10 Volt dan -10 Volt dari sumber +5 Volt tunggal. Dalam IC DIP (*Dual In-line Package*) 16 pin (8 pin x 2 baris) ini terdapat 2 buah transmiter dan 2 receiver, sering juga sebagai buffer serial yang menggunakan chip DS275.

Untuk menghubungkan antara 2 buah PC, biasanya digunakan format null mode, dimana pin TxD (3) dihubungkan dengan RxD (2) pasangan, pin sinyal ground (5) dihubungkan dengan sinyal ground (5), dan masing-masing pin DTR (4), DSR (6) dan DCD (*data carrier detect*) (pin1) dihubungkan singkat, pin RTS (7) dan CTS (8) dihubungkan singkat di setiap devais.

Untuk mengetahui nomor-nomor pin skema pin RS-232 null-modem ini bisa dilihat pada-plugnya pada Gambar 2.15

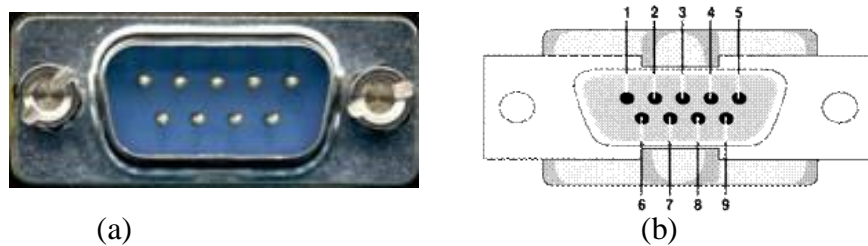


**Gambar 2.15.** Skema Pin RS-232 Null-Modem untuk Komunikasi antar Komputer

Suatu komunikasi data antar PC dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai macam interface I/O. Pada PC terdapat interface yaitu serial, paralel dan network, yang biasa disebut *Ethernet*.

### 2.3.3. Komunikasi Serial

Pada prinsipnya, komunikasi serial adalah komunikasi dimana pengiriman data dilakukan per bit, sehingga lebih lambat dibandingkan komunikasi paralel seperti pada port printer yang mampu mengirim 8 bit sekaligus dalam sekali detak. Beberapa contoh komunikasi serial ialah mouse, scanner dan sistem akuisisi data yang terhubung ke port COM1/ COM2. Komunikasi serial membutuhkan port sebagai saluran data. Berikut tampilan port serial DB9 yang umum digunakan sebagai port serial.



**Gambar 2.16.** (a) Port DB9 Jantan (*Male*), (b) Port DB9 Betina (*Female*).

Konektor port serial 9 pin (DB9) yang berpasangan (jantan dan betina) merupakan jalur data dari perangkat keras (hardware) ke komputer. Untuk jalur komunikasi pada komputer terdapat COM1 dan COM2. Umumnya COM1 berada dialamat 3F8H, sedangkan COM2 dialamat 2F8H.

**Tabel 2.2.** Jenis Sinyal RS-232 pada Kaki Konektor yang Umum Digunakan

Nama Sinyal	Arah Sinyal	Nomor Kaki Konektor	
		DB9	DB25
Signal Common	-	5	7
Transmitted Data (TD)	Ke DCE	3	2
Received Data (RD)	Dari DCE	2	3
Request to Send (RTS)	Ke DCE	7	4
Clear to Send (CTS)	Dari DCE	8	5
DCE Ready (DSR)	Dari DCE	6	6
DTE Ready (DTR)	Ke DCE	4	20
Ring Indicator (RI)	Dari DCE	9	22
Data Carrier Detect (DCD)	Dari DCE	1	8

#### 2.3.4. Programmable Logic Controller (PLC) CPM 1 A

PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah suatu peralatan elektronika yang bekerja secara digital memiliki memori yang dapat diprogram, menyimpan perintah-perintah untuk melakukan fungsi-fungsi khusus seperti *logic*, *sequencing*, *timing*, *counting* dan *arithmetic* untuk mengontrol berbagai jenis motor atau proses melalui modul input output analog atau digital.



**Gambar 2.17.** Programmable Logic Controller (PLC) CPM 1A [15]

Di dalam PLC berisi rangkaian elektronika yang dapat difungsikan seperti contact relay baik *NO (Normally Open)* maupun *NC (Normally Close)* pada PLC dapat digunakan berkali-kali untuk semua intruksi dasar selain intruksi output. Jadi dapat dikatakan bahwa dalam suatu program PLC tidak diijinkan menggunakan output dengan nomor kontak yang sama.

Tegangan masukan CPM 1A adalah 100-240 V AC, 50-60 Hz untuk tipe AC, sedangkan untuk tipe DC menggunakan tegangan masukan 24 V DC. Keuntungan PLC dibandingkan dengan suatu sistem logika relay atau rangkaian konvensional, yaitu seperti pada Tabel 2.3 berikut:

**Tabel 2.3.** Perbandingan Sistem PLC dan Sistem Kontrol Konvensional

<b>Sistem PLC</b>	<b>Sistem Kontrol Konvensional</b>
Mudah dalam pengoperasian	Kompleks dalam pengoperasian
Mudah dalam perawatan	Perawatan relative kompleks
Mudah dalam pelacakan gangguan	Pelacakan kesalahan sistem lebih sulit
Konsumsi daya listrik relative rendah	Konsumsi daya listrik relatif tinggi
Modifikasi sistem lebih sederhana	Modifikasi sistem membutuhkan waktu yang lama

Masih banyak lagi keuntungan dari penggunaan PLC dalam otomasi, antara lain:

- Waktu implementasi proyek singkat,
- Modifikasi lebih mudah dilakukan,
- Biaya proyek dapat dikalkulasi dengan akurat,
- Training penguasaan teknik lebih cepat,
- Perancangan mudah diubah dengan software, perubahan dan penambahan dapat dilakukan pada software.
- Aplikasi kontrol yang luas,
- Perawatan yang mudah, Indikator dan output dengan cepat dan mudah dapat segera diketahui.

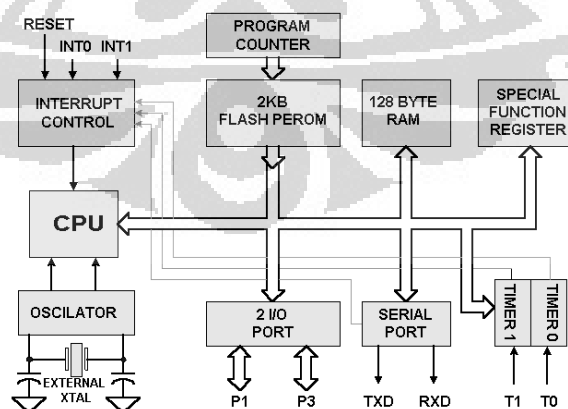
- Keandalan tinggi.
- Setiap PLC yang digunakan memiliki spesifikasi khusus yang dijadikan pedoman dalam pengaplikasiannya.

### 2.3.5. Mikrokontroler AT89C2051

Mikrokontroler AT89C2051 adalah kelompok mikrokontroler keluarga MCS51 dengan informasi ROM atau EPROM, yang dikeluarkan oleh ATMEL, dengan keistimewaan sebagai berikut:

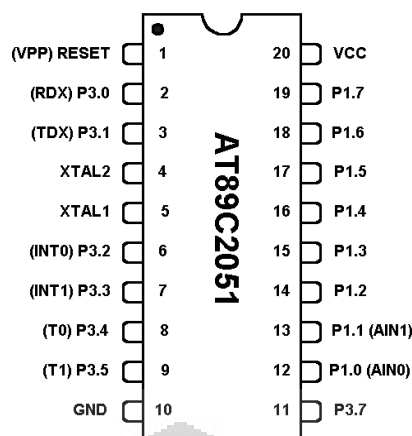
- Memiliki satu buah unit pemrosesan pusat 8 bit,
- Memiliki *Internal Oscillator* dan *Timing Circuit*,
- Memiliki Internal RAM sebesar 128 *byte*,
- Memiliki Programmable I/O port yang terdiri atas 15 buah jalur I/O,
- Memiliki dua buah Timer/Counter 16 bit,
- Memiliki lima buah jalur interupsi,
- Memiliki satu buah serial I/O port dengan Serial Control,
- Kemampuan untuk melakukan operasi *Boolean*,
- Memiliki 2 Kbyte sistem *Flash Memory*,
- Frekuensi kerja antara 0 Hz sampai dengan 24 Hz.

Berikut ini pada gambar 2.18 merupakan blok diagram fungsional dari mikrokontroler AT89C2051:



**Gambar 2.18.** Blok Diagram AT89C2051 [9]

Susunan pin mikrokontroler AT89C2051 diperlihatkan pada Gambar 2.19 di bawah ini:



### 2.19. Susunan Pin AT89C2051 [9]

Penjelasan dari masing-masing pin adalah sebagai berikut:

- a. *Port* 1 (pin 12 sampai dengan 19) adalah *port* paralel 8-bit dua arah (*bidirectional*) yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan.
- b. *Port* 1.2 samapai dengan 1.7 dilengkapi dengan *internal Pull-ups*, sedangkan *port* 1.0 dan 1.1 memerlukan *eksternal pull-ups*, *port* ini juga melayani inputan positif (AIN0) dan inputan negatif (AIN1).
- c. Pin 1 adalah pin masukan untuk reset. Perubahan pulsa dari rendah ke tinggi pada pin ini membuat CPU menghentikan semua kegiatan dan kembali ke keadaan awal untuk menjalankan program dari awal.
- d. Pin 2 sampai dengan 17 (*port* 3) adalah *port* paralel 8-bit dua arah yang memiliki fungsi pengganti, yaitu:
  - P3.0 sebagai pin RxD, yaitu pin input data serial (Serial Data Receiver) untuk komunikasi serial,
  - P3.1 sebagai pin TxD, yaitu pin input data serial (*Serial Data Transmitter*) untuk komunikasi serial,
  - P3.2 (INT0), input interupsi eksternal 0,
  - P3.3 (INT1), input interupsi eksternal 1,
  - P3.4 (T0), input eksternal untuk *timer* 0 atau counter 0,
  - P3.5 (TI), input eksternal untuk *timer* 1 atau counter 1,
- e. Pin 4 (XTAL1) adalah pin masukan ke rangkaian Osilator internal. Sebuah osilator kristal atau sumber osilator luar dapat digunakan,



- f. Pin 5 (XTAL2) adalah pin keluaran ke rangkaian osilator internal. Pin ini dapat dipakai bila menggunakan osilator kristal,
- g. Pin 10 (Ground) untuk dihubungkan ke ground,
- h. Pin 20 (Vcc) dihubungkan ke Vcc (+5 Volt).

Mikrokontroler AT89C2051 mempunyai 20 kaki, 16 kaki diantaranya digunakan sebagai port paralel. Satu port paralel terdiri dari 8 kaki, dengan demikian 16 kaki tersebut membentuk 2 buah port paralel, yaitu port 1 dan port 3.

a. Port 1

Port 1 merupakan port I/O dwi-arah yang dilengkapi dengan *pull-up* internal. Penyangga keluaran Port 1 mampu memberikan atau menyerap arus empat masukan TTL (sekitar 1,6 mA).

Jika '1' dituliskan pada kaki-kaki port1, maka masing-masing kaki akan di-*pull-high* dengan *pull-up* internal sehingga dapat digunakan sebagai masukan. Sebagai masukan, jika kaki-kaki port 1 dihubungkan ke *ground* (di-*Pulled Low*), maka masing-masing kaki akan memberikan arus (*source*) karena di-*pulled high* secara internal. Port 1 juga menerima alamat bagian rendah (*low-byte*) selama pengisian program dan verifikasi *Flash*.

b. Port 3

Port 3 merupakan port I/O dwi-arah dengan dilengkapi *pull-up* internal. Penyangga keluaran port 3 mampu memberikan atau menyerap arus empat masukan TTL (sekitar 1,6 mA).

Jika '1' dituliskan ke kaki-kaki port 3, maka masing-masing kaki akan di *pull high* dengan *pull-up* internal sehingga dapat digunakan sebagai masukan. Sebagai masukan, jika kaki-kaki port 3 dihubungkan ke ground (di-*pull low*), maka masing-masing kaki akan memberikan arus (*source*) karena di-*pulled high* secara internal.

## 2.3.6. Pemrograman

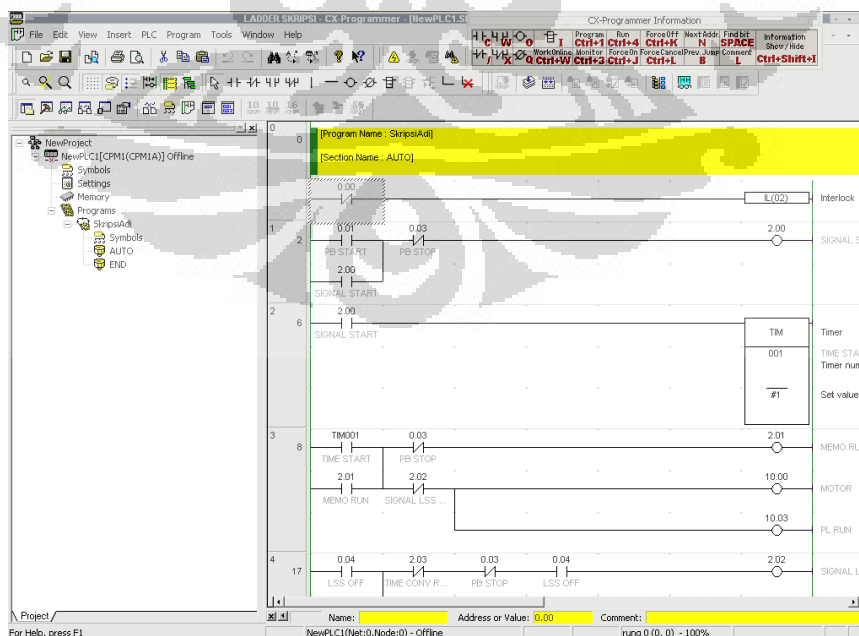
### 2.3.6.1. Pemrograman PLC

*Programming Console* merupakan bentuk paling sederhana dari peralatan pemrograman PLC. *Programming Console* dihubungkan secara langsung ke CPU melalui *peripheral port*. Digunakan untuk menyiapkan sistem pemrograman, memasukkan data program, memonitor *operasi system* dan menjalankan program. Instruksi ladder diagram ditulis ke dalam *programming console* dengan bentuk kode *mnemonic*.



**Gambar 2.20.** *Programming Console* [6]

Selain *Programming Console*, PLC dapat juga diprogram dengan komputer. Pada pemrograman PLC merk OMRON menggunakan bahasa program dari OMRON juga yaitu CX Programmer. Tampilan menu utama dari program *CX Programmer* terlihat gambar berikut:



**Gambar 2.21.** Tampilan Menu Utama dari Program CX Programmer

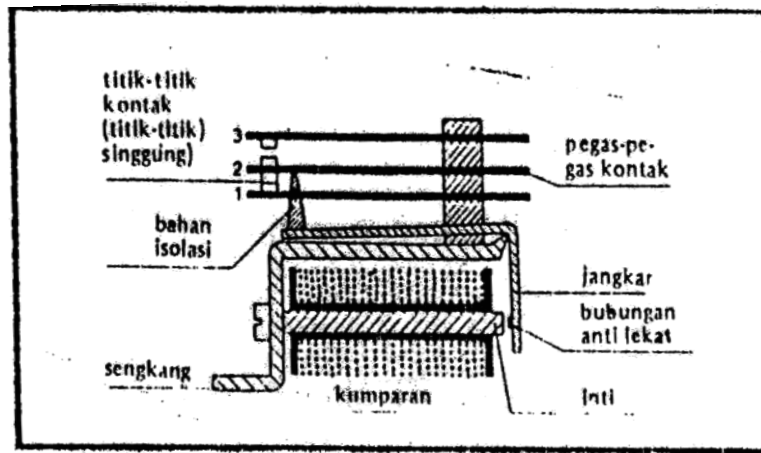
### 2.3.6.2. Pemrograman Mikrokontroler

Pemrograman adalah sebuah sistem yang berkaitan dengan komputer, digunakan untuk berhubungan dengan perangkat keras dari komputer. Bahasa pemrograman dapat dibagi menjadi beberapa tingkatan berdasarkan jenis pemakaian kodenya, antara lain adalah :

- a. Bahasa mesin (*Machine Language*), adalah pemrograman dengan kode bilangan biner 1 dan 0, instruksi ini merupakan instruksi tingkatan terendah karena dapat langsung diterjemahkan oleh perangkat keras. Contohnya adalah pemasangan atau pemilihan logika dasar pada tingkatan logika tinggi (1) atau rendah (0).
- b. Bahasa dengan kode simbolik (*Assembly atau C Language*), adalah bahasa pemrograman dengan digunakan kode-kode yang merupakan kombinasi dari huruf dan angka sehingga membentuk simbol yang sudah dibakukan, kode ini akan diterjemahkan menjadi kode biner atau heksadesimal sebelum diterjemahkan komputer untuk melaksanakan instruksi. Contohnya adalah beberapa *assembler atau C Language* ataupun penterjemah pengetikan kode menjadi kode biner atau hexa seperti ALDS (*Assembly Language Development System*), *Reads51*, *ISP (In System Programing)*, dll.

### 2.3.7. Relay

Relay bekerja berdasarkan dari prinsip kerja kumparan dimana apabila sebuah kumparan dialiri arus listrik maka akan menimbulkan medan magnet. Prinsip kerja kumparan ini dalam penerapannya digunakan sebagai saklar yang dapat bekerja secara otomatis dengan menggunakan aliran listrik dan dapat dikendalikan. Gambar 2.22 memperlihatkan sebuah relay sederhana yang mempunyai satu kontak dengan sebuah kumparan.



**Gambar 2.22.** Relay Satu Kontak dengan Sebuah Kumparan

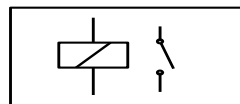
Bila di dalam kumparan dialiri arus, maka inti besi menjadi magnet yang selanjutnya akan menarik jangkar yang terbuat dari besi lunak dan bergerak mengguling pada engsel. Relay dapat berguling apabila gaya magnet dapat mengalahkan gaya pegas yang melawannya sehingga kontak dapat menutup.

Besarnya gaya magnet dapat ditetapkan oleh kuat medan magnet yang ada di dalam celah udara, yaitu antara jangkar dan inti. Kuat medan magnet tergantung pada banyaknya kumparan dan kuat arus yang melaluinya, di samping itu juga tergantung pada besarnya perlawanan magnet di dalam sirkit-magnetan. Untuk memperoleh kuat medan magnet sebesar mungkin, maka dapat dibuat sirkit-magnetan tertutup oleh inti besi dan bingkai relay. Celah udara antara inti magnet dan celah udara dapat diatur melalui sekrup penyetel sedemikian rupa. Untuk memperoleh kuat medan yang besar dilakukan dengan penyetelan celah yang sempit.

### 2.3.7.1 Kontak pada Relay

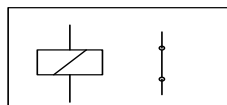
Jenis-jenis kontak pada relay diantaranya adalah :

- a. Make atau Single Pole Single Throw Normaly Open ( SPST NO )



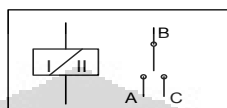
**Gambar 2.23.** SPST NO

- b. Break atau Single Pole Single Throw Normaly Close ( SPST NC )



**Gambar 2.24.** SPST NC

- c. Break, Make atau Single Pole Doble Trow



**Gambar 2.25.** SPDT

### 2.3.7.2 Sifat–Sifat Relay

Dilihat dari segi elektrisnya, relay mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Hambatan

Hambatan dari kumparan relay tergantung dari banyaknya lilitan dan tebalnya lilitan.

- b. Arus

Arus dari relay harus mempunyai nilai tertentu. Arus yang harus dialirkan tergantung dari luasnya titik-titik kontak dan dari beban. Pada beban induktif terjadi tegangan-tegangan induksi tinggi kalau arusnya diputuskan yang berakibat timbulnya loncatan bunga api dan pembangkitan panas yang berlebihan.

- c. Tegangan

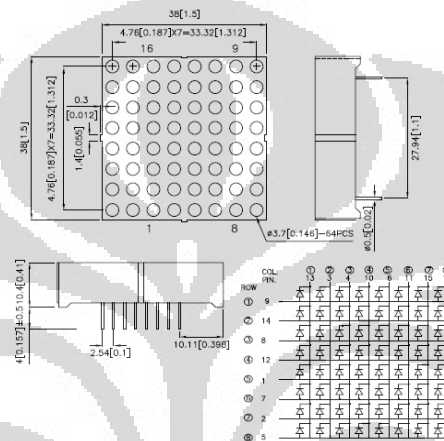
Tegangan yang diperlukan sepanjang kumparan merupakan hasil kali dari arus dan hambatannya. Jarak antara kontak-kontak menentukan tegangan maksimal yang boleh berada antara kontak-kontak.

- d. Daya

Daya merupakan hasil kali arus dan tegangan.

### 2.3.8. Dot Matriks 8x8

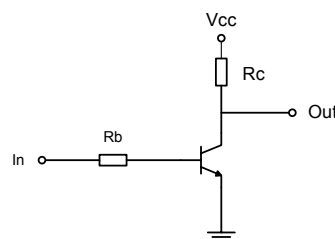
Dari Gambar 2.26 dapat dirumuskan teknik penggunaan display dot matrix ini yaitu dengan teknik multiplexing. Karena display dot matrixnya  $8 \times 8$  maka kita perlu 8 jalur untuk kontrol kolom display dot matrix dan 8 jalur kontrol untuk kendali jalur baris display dot matrix tersebut. Jika menggunakan mikrokontroler secara langsung kita perlu 2 port 8 bit dari mikrokontroler itu sebagai driver display dot matrix ini.



Gambar 2.26. Dot Matriks 8x8 [13]

### 2.3.9. Transistor Sebagai Saklar

Agar transistor on atau off harus diberi bias dengan memberi tegangan pada kaki basis. Karena basis merupakan kaki transistor yang digunakan sebagai bias baik bias maju maupun bias mundur. Apabila transistor bekerja (on) dapat dianalogikan seperti saklar tertutup, sebaliknya bila transistor tidak bekerja (off) dapat dianalogikan seperti saklar terbuka. Rangkaian transistor yang diaplikasikan sebagai saklar adalah sebagai berikut:



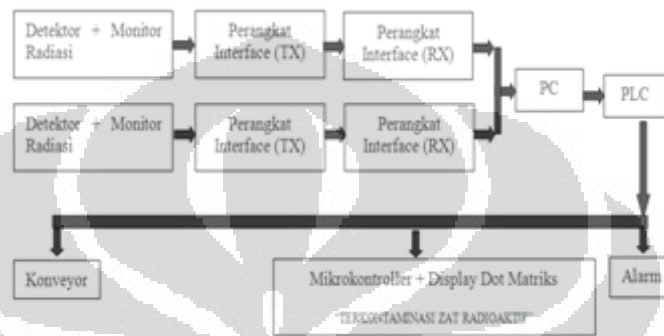
Gambar 2.27. Transistor sebagai saklar

## BAB 3

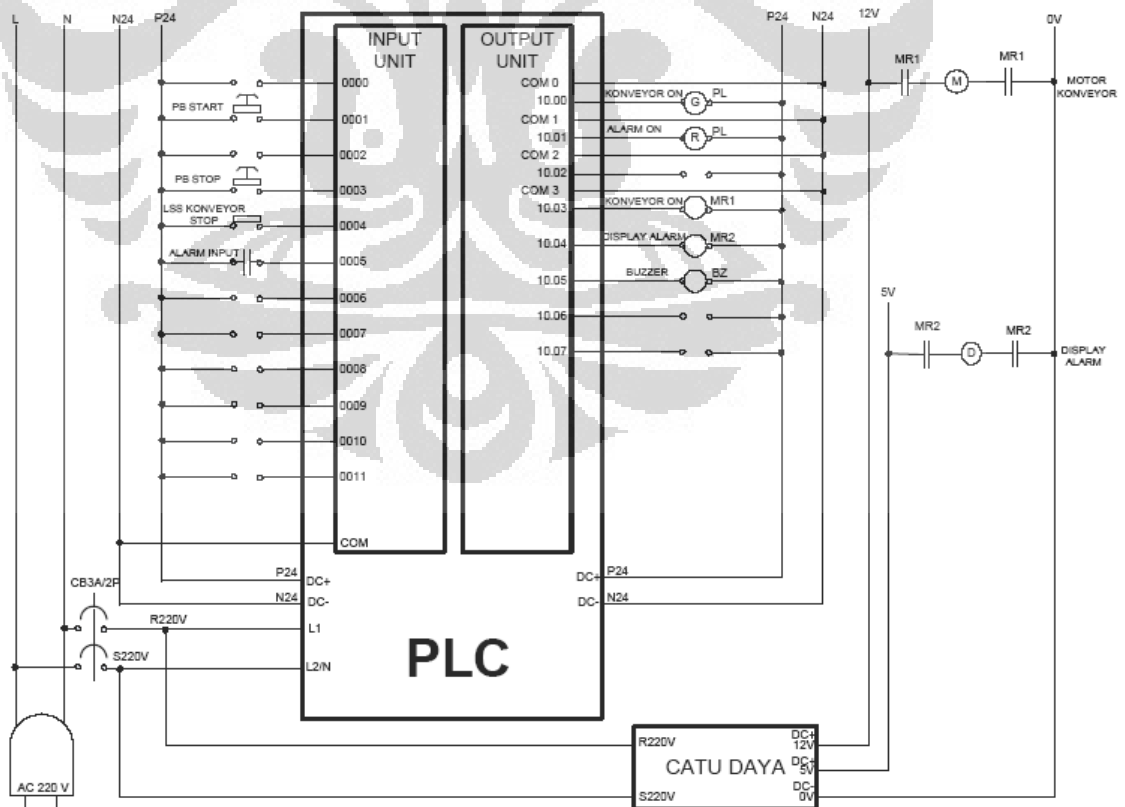
### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM PROTOTIPE

#### 3.1. Diagram Blok Sistem

Berikut diagram blok perancangan sistem monitoring radiasi terpusat berbasis komputer sebagai antisipasi kontaminasi zat radioaktif dari kecelakaan PLTN Fukushima:



**Gambar 3.1.** Diagram Blok Perancangan Sistem Monitoring Radiasi Terpusat Berbasis Komputer



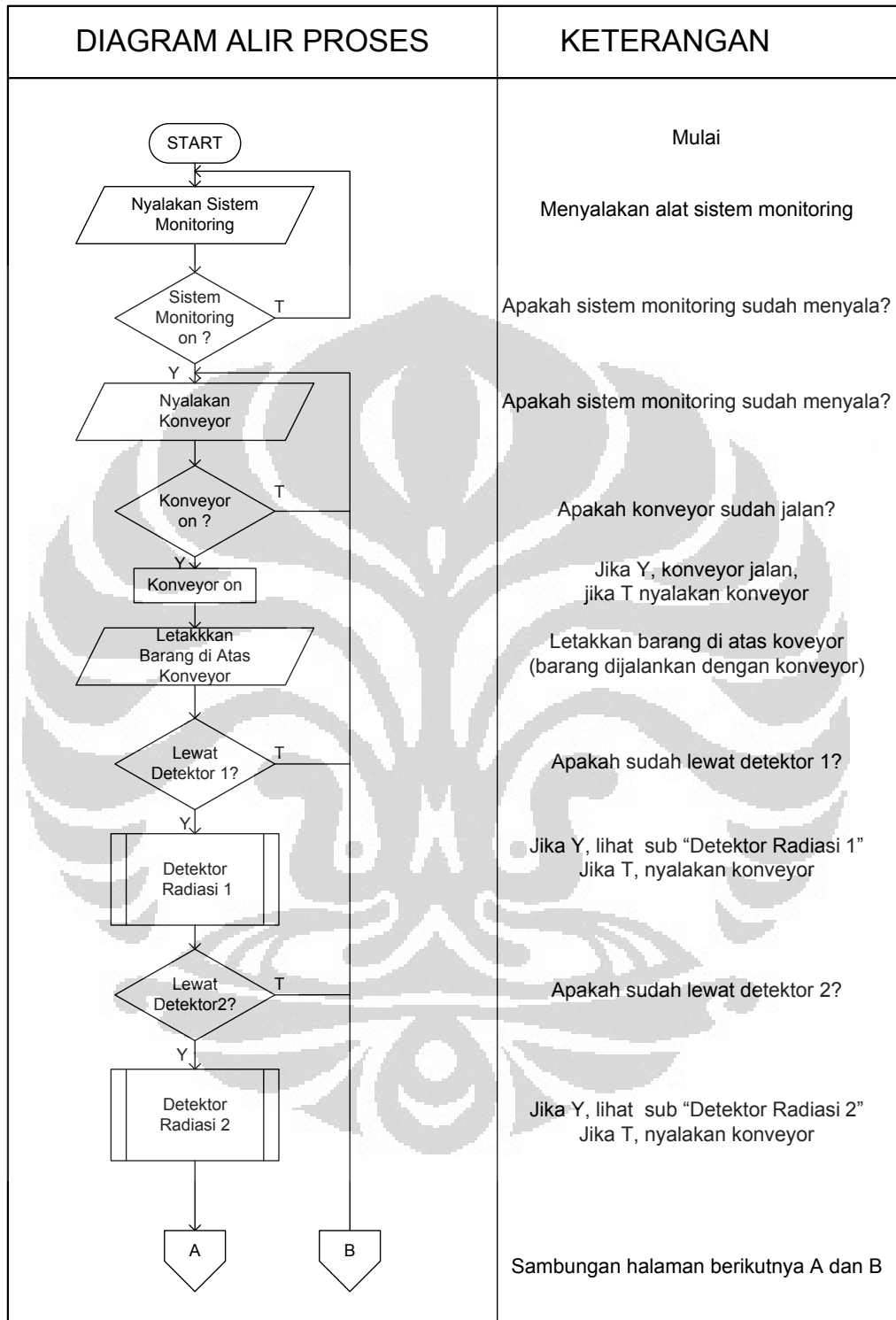
**Gambar 3.2.** Wiring Diagram Sistem Kontrol PLC

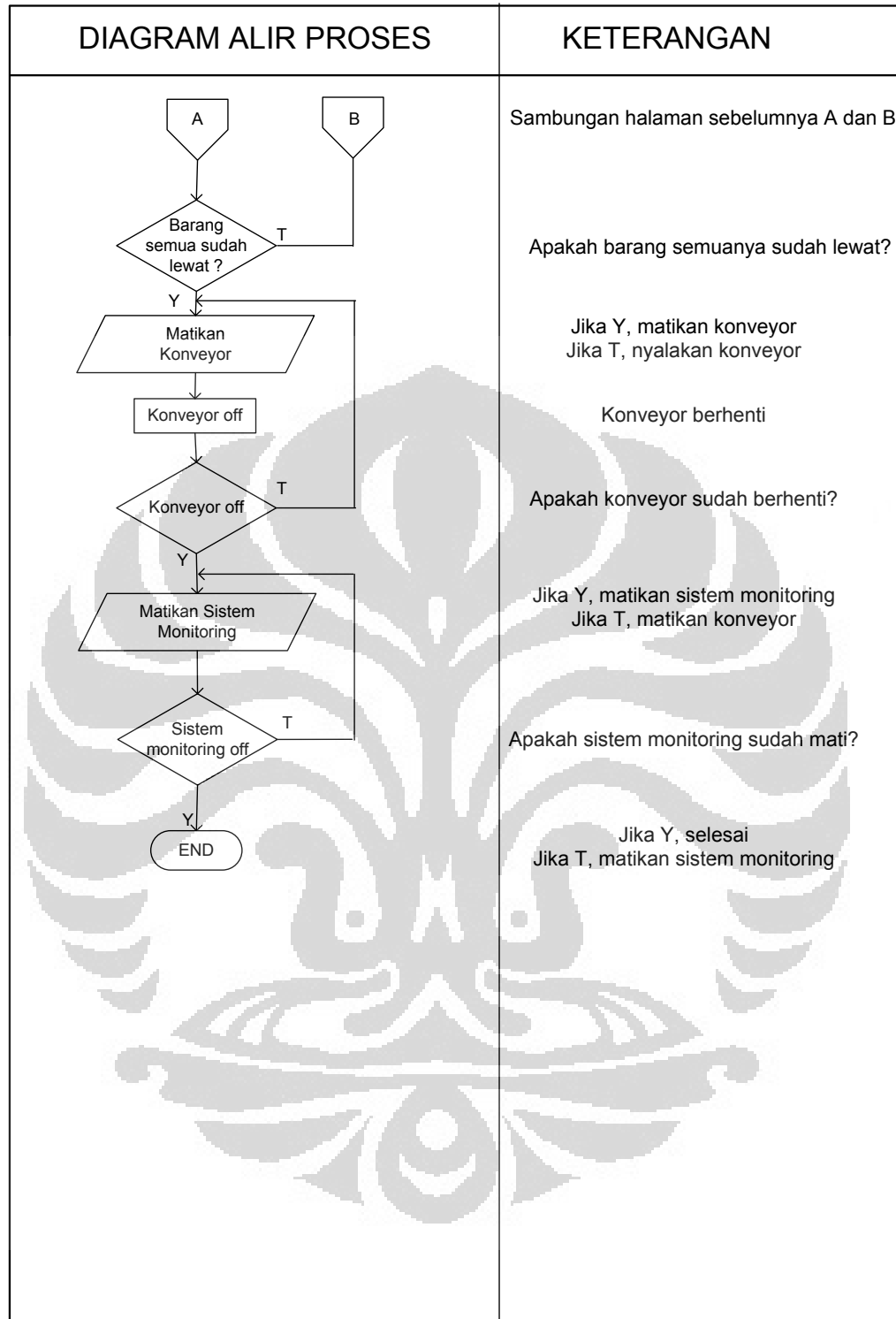
### 3.1.1. Cara Kerja Masing-Masing Blok

1. Detektor radiasi dan gamma monitor berfungsi untuk mendapatkan data hasil pengukuran paparan radiasi/ lajudosis daerah kerja yang kemudian datanya dikirimkan ke komputer melalui komunikasi serial.
2. Perangkat Interface (TX) terdiri dari konverter *RS-232 to RS-485* berfungsi untuk mengubah level tegangan dua arah antara *RS-232/TTL* dan *RS-485*. Rangkaian ini menggunakan catu daya 9 Vdc.
3. Perangkat Interface (RX) terdiri dari konverter *RS-485 to RS-232* berfungsi untuk mengubah level tegangan dua arah antara *RS-485* dan *RS-232/TTL*. Rangkaian ini menggunakan catu daya 9 Vdc. Konverter *RS-232 to USB* berfungsi untuk mengubah level tegangan dua arah antara *RS-232/TTL* dan *USB (Universal Serial Bus)*.
4. Personal Komputer (PC) berfungsi untuk sebagai pengolah data dan pengendali suatu sistem dengan kapasitas data tertentu yang dapat bekerja dengan kecepatan yang sangat tinggi.
5. *Programmable Logic Controller (PLC)* berfungsi sebagai kendali logika terprogram. Masukan dari PLC yaitu PC alarm, Start, dan Stop, sedangkan untuk keluaran dari PLC yaitu Motor Konveyor, Alarm/Buzzer dan Display Terkontaminasi.
6. Alarm berfungsi untuk memberikan informasi dini kepada petugas jika terjadi paparan radiasi melebihi batas daerah kerja.
7. Mikrokontroler dan display berfungsi untuk menampilkan dengan display tulisan "TERKONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF".
8. Konveyor sebagai tempat menaruh barang yang akan diperiksa radiasinya

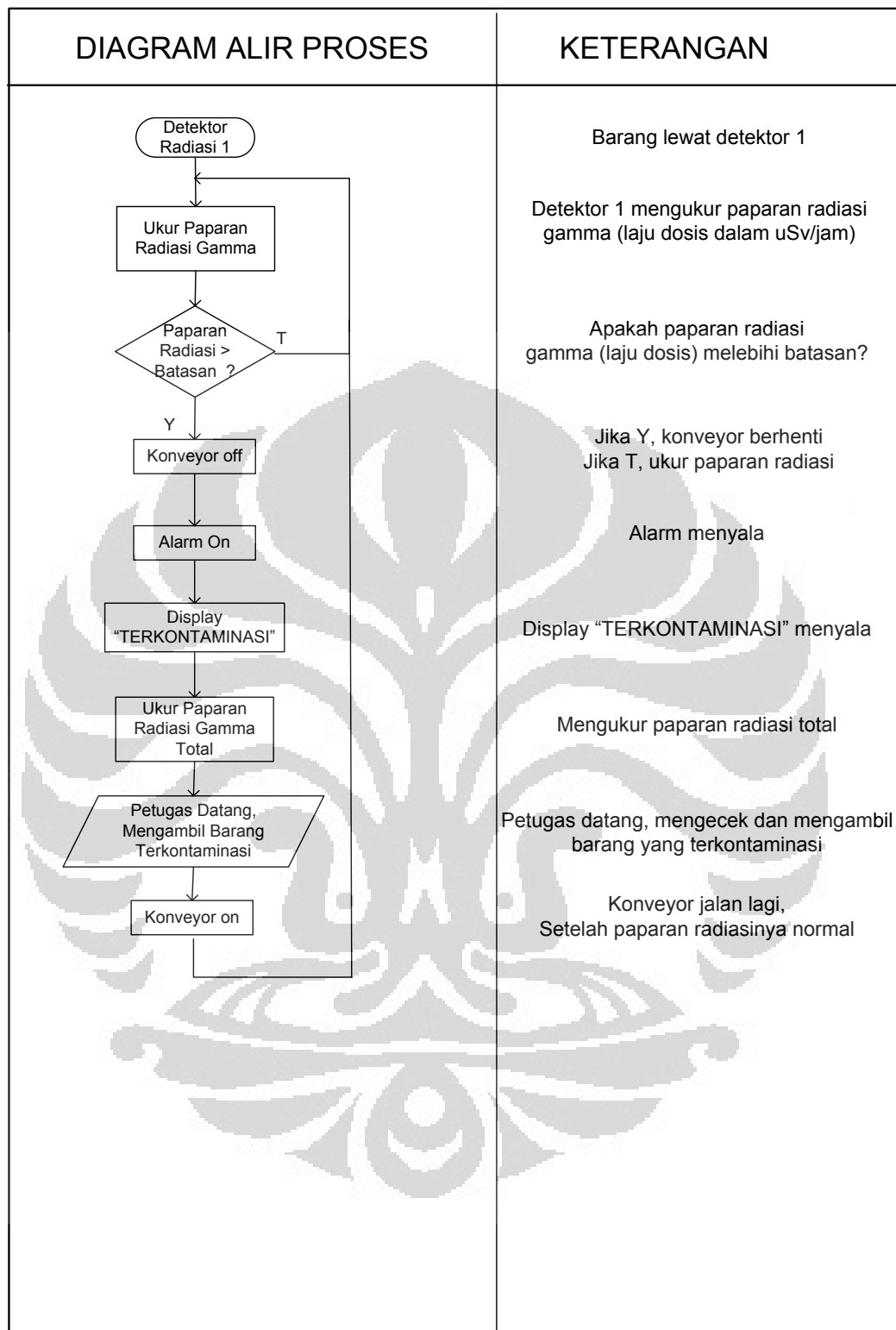


### 3.2. Diagram Alir Proses Sistem Monitoring Radiasi

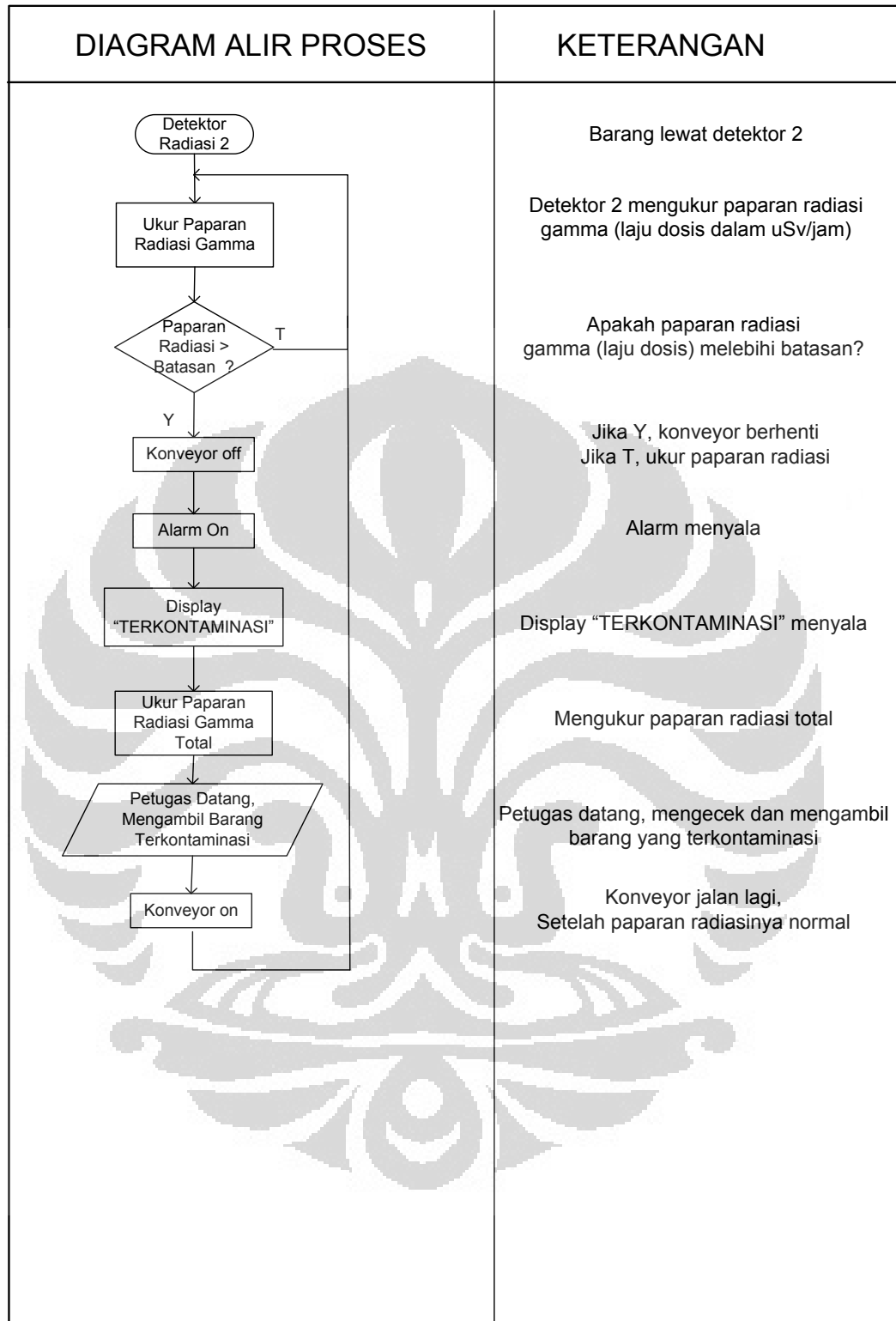




**Gambar 3.3.** Diagram Alir Utama Proses Monitoring Radiasi



**Gambar 3.4.** Diagram Alir Proses Monitoring Radiasi Sub Rutin Detektor 1



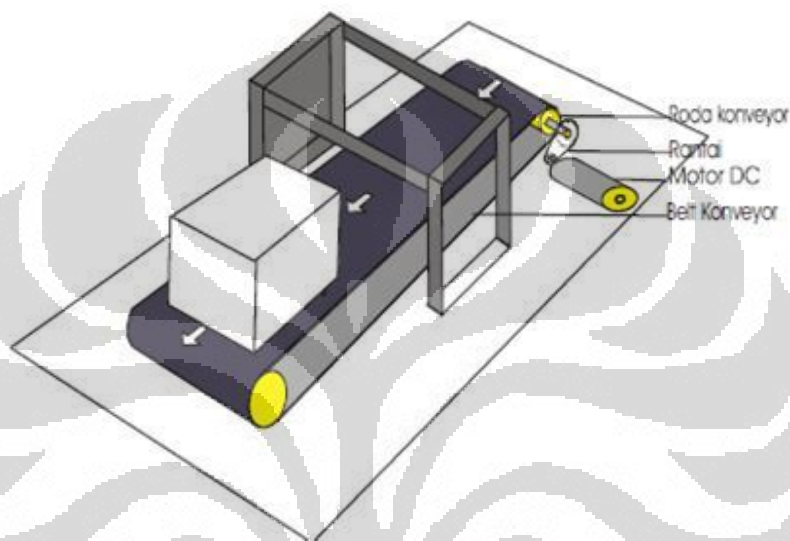
**Gambar 3.5.** Diagram Alir Proses Monitoring Radiasi Sub Rutin Detektor 2

### 3.3. Perancangan dan Pembuatan

#### 3.3.1. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras

##### 3.3.1.1. Konveyor Barang

Konveyor barang dibuat dengan menggunakan 2 roler, 1 belt, 1 rantai *gearbox* dan 1 motor DC. Ukuran dari konveyor dengan panjang dan lebar 60 x 30 cm.



**Gambar 3.6.** Desain Prototipe Konveyor Barang

##### 3.3.1.2. Detektor dan Monitor Radiasi

Detektor dan monitor radiasi menggunakan Ludlum 375/2, detektor yang digunakan adalah detektor sintilasi.

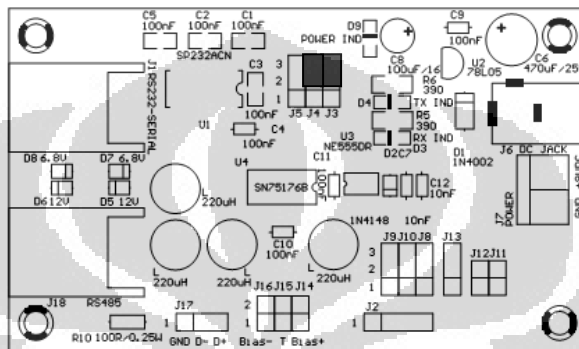


**Gambar 3.7.** Detektor dan Monitor Radiasi Ludlum 375/2 [14]

### 3.3.1.3. Perangkat Interface

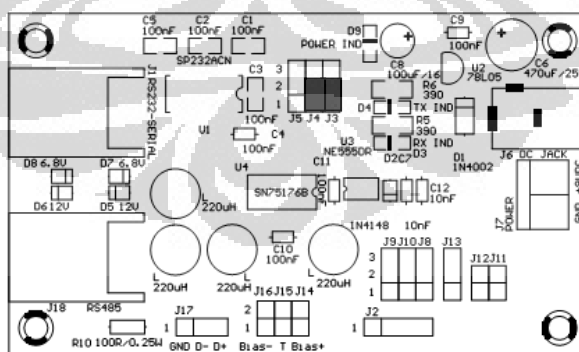
Perangkat interface terdiri menjadi 2 macam, yaitu

- Perangkat *interface* (TX), terdiri dari rangkaian catu daya, konverter *RS-232 to RS-485 converter*, yang dipasang pada monitor radiasi. Untuk menjadikan Perangkat Interface menjadi transmitter, Konfigurasikan Jumper J3 dan J4 pada posisi 2-3.



**Gambar 3.8.** Perangkat Interface (TX)

- Perangkat *interface* (RX), terdiri dari rangkaian catu daya, konverter *RS-485 to RS-232 converter*, untuk menjadikan perangkat interface menjadi receiver, konfigurasi jumper J3 dan J4 pada posisi 1-2, *RS-232 to USB* yang akan dipasang sebelum masuk komputer.



**Gambar 3.9.** Perangkat Interface (RX)

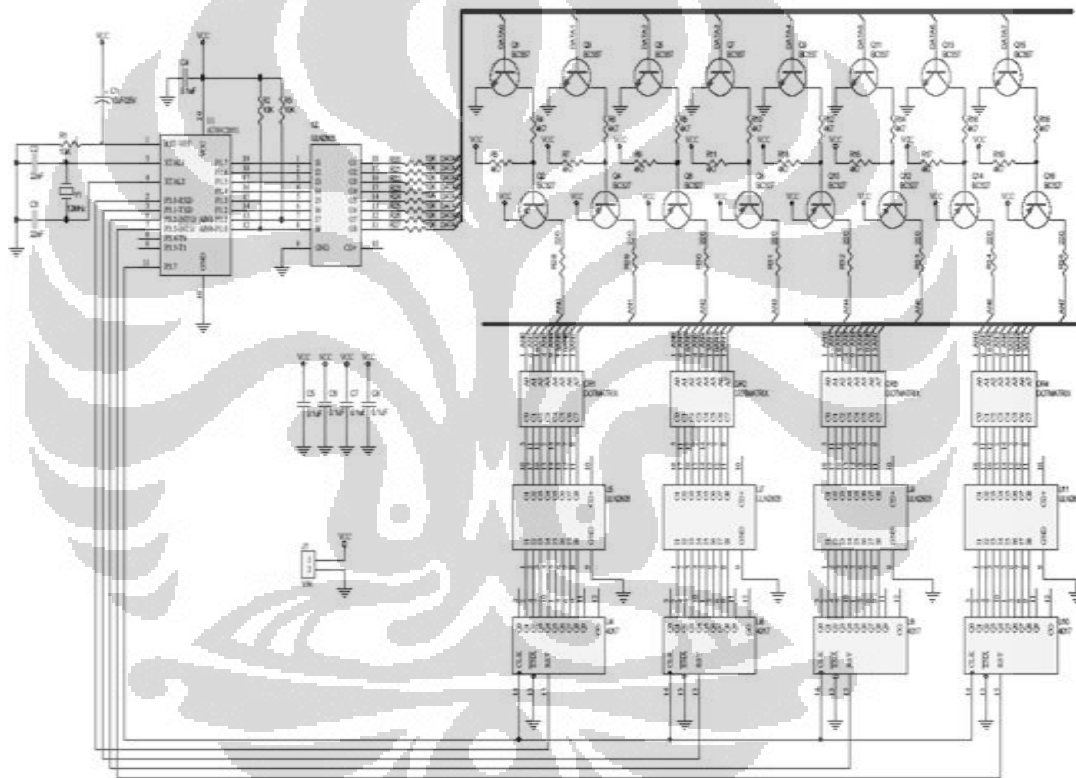
*RS-232 To USB Converter* merupakan suatu pengubah level tegangan dua arah antara *RS-485* dan *USB*.



**Gambar 3.10.** *RS-232 to USB Converter*

### 3.3.1.4 Rangkaian Display Dot Matriks

Perakitan modul rangkaian mikrokontroler display ”TERKONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF” menggunakan dot matriks 8x8 sebanyak 4 buah, dengan jumlah modul 4 buah. Gambar skema rangkaian di bawah ini:



**Gambar 3.11.** Skema Rangkaian *Display* Terkontaminasi

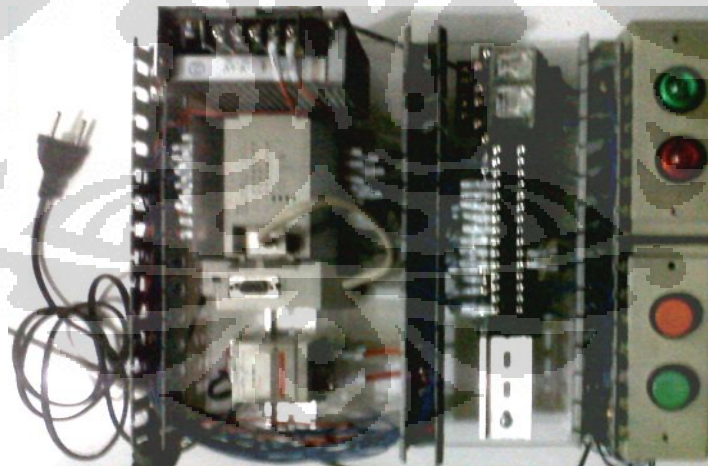
### 3.3.1.5. Rangkaian Programmable Logic Controller (PLC)

Tipe PLC yang digunakan CPM 1 A dengan jumlah input output sebanyak 20 I/O.

Tabel Masukan atau Keluaran PLC CPM 1 A yang digunakan dalam sistem ini sebagai berikut:

**Tabel 3.1.** Masukan dan Keluaran PLC CPM 1 A

MASUKAN	ALAMAT
PB START	0001
PB STOP	0003
LSS KONVEYOR OFF	0004
ALARM INPUT	0005
KELUARAN	ALAMAT
INDIKATOR KONVEYOR ON	10.00
INDIKATOR ALARM ON	10.01
KONVEYOR ON	10.03
ALARM 1 ( <i>DISPLAY ALARM DOT MATRIKS</i> )	10.04
ALARM 2 ( <i>BUZZER</i> )	10.05

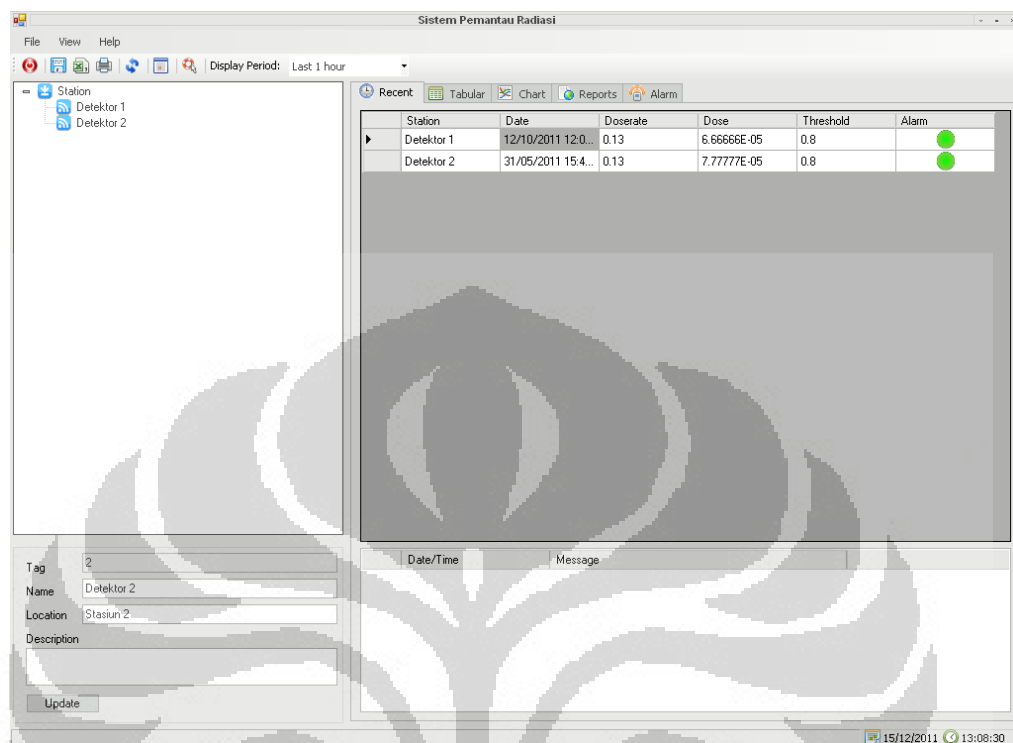
**Gambar 3.12.** Rangkaian *PLC*

### 3.3.2. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Program dibuat dengan menggunakan program *visual c# 2008*, namun sebelum dibuat program hasil perancangan, digunakan juga *hyperterminal* atau *software tera term* untuk memastikan data yang dihasilkan dari perangkat keras



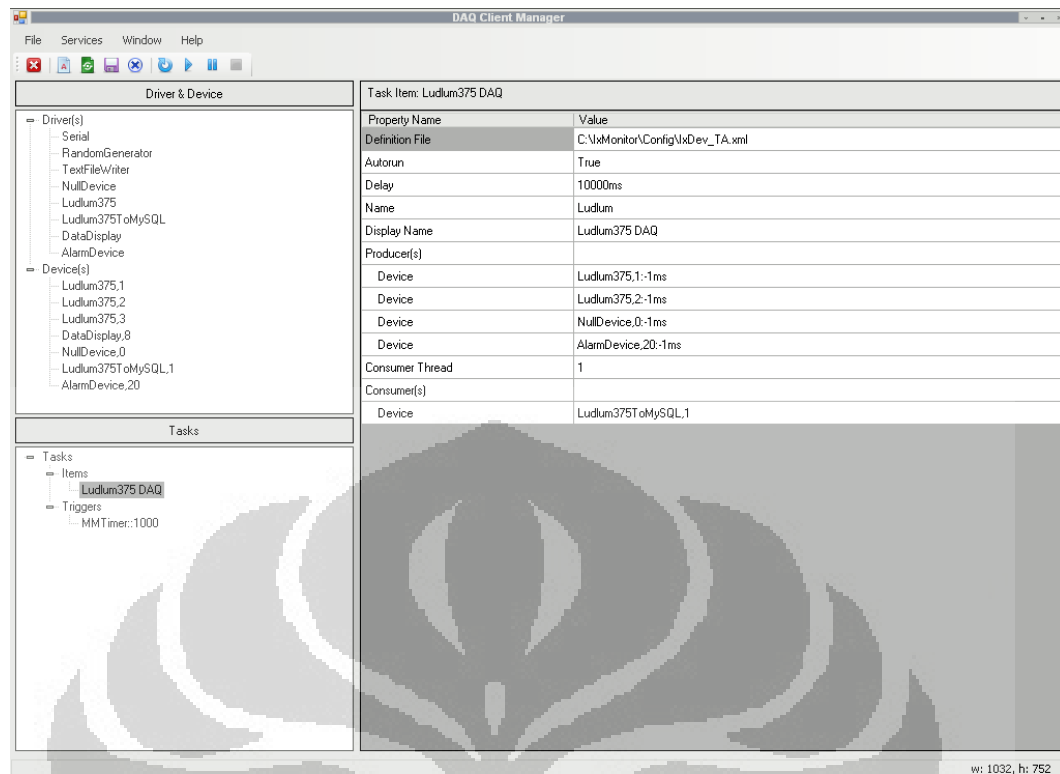
dapat diterima oleh komputer. Program perancangan ditunjukkan seperti pada gambar berikut:



**Gambar 3.13.** Program Sistem Pemantau Radiasi

Pada kolom *station* menampilkan ruangan yang dipantau laju dosisnya, sedangkan *Date, Time* menampilkan tanggal dan jam kondisi terkini. Pada kolom *Doserate* menampilkan laju dosis daerah kerja sesaat (*realtime*) per 2 detik, dan *Dose* menampilkan dosis setiap 2 detik.

Pada kolom *Chart* menampilkan grafik secara langsung setiap 2 detik dan kolom *Alarm* menampilkan alarm jika terjadi laju dosis di atas batasan.



**Gambar 3.14.** Program Data Aquisisi (DAQ) Client Manager

Program pengambilan data menggunakan *MySQL* per 2 detik. Namun ini belum dapat secara online diakses, tetapi jika dionlinekan data yang sudah pada program *MySQL* langsung dapat dibaca oleh program *php*.

## **BAB 4**

### **IMPLEMENTASI DAN PENGEMBANGAN PROTOTIPE/ SISTEM**

#### **4.1. Implementasi Sistem**

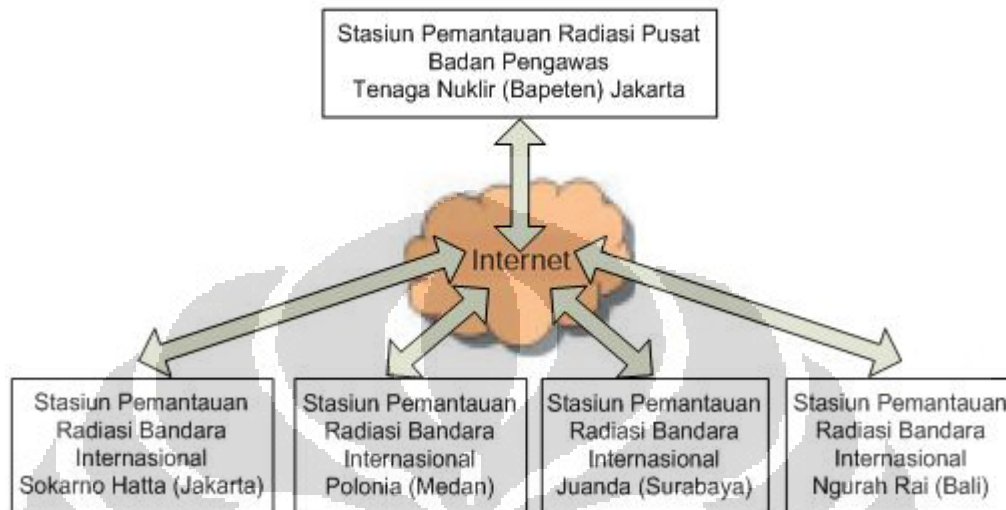
Di Indonesia, alat sistem monitoring pendeteksi radiasi terpusat berbasis komputer di bandara internasional yang bertujuan untuk mengantisipasi barang masuk dari negara lain belum ada, sehingga saat ada kejadian kecelakaan PLTN Fukushima, pemerintah masih menugaskan petugas dari BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) untuk mengecek barang-barang yang terkontaminasi zat radioaktif dari Jepang akibat kecelakaan tersebut. Disamping itu juga belum ada alat untuk mendeteksi zat radioaktif, sehingga masih memungkinkan adanya tindak kejahatan penyelundupan zat radioaktif ilegal.

Untuk mengurangi atau menekan serendah mungkin zat radioaktif ilegal terutama dari negara lain, diperlukan sebuah alat sistem monitoring radiasi terpusat berbasis komputer, sehingga memudahkan petugas bandara internasional untuk mengantisipasi barang masuk dari negara lain, atau sebagai contoh barang dari Jepang akibat terkontaminasi zat radioaktif akibat dari kecelakaan PLTN Fukushima. Pengembangan alat ini nantinya didesign dengan online monitoring yang terpusat di BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) dengan stasiun monitoring di Bandara Internasional Sukarno Hatta Jakarta, Bandara Internasional Juanda Surabaya, Bandara Internasional Ngurah Rai Bali dan Bandara Internasional Polonia Medan.

#### **4.2. Konsep Pengembangan Sistem Monitoring Radiasi Terintegrasi di Indonesia**

Konsep rancangan pengembangan sistem monitoring radiasi berupa konsep pemantauan radiasi online yang terpusat di BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) dengan stasiun monitoring di Bandara Internasional Sukarno Hatta Jakarta, Bandara Internasional Juanda Surabaya, Bandara Internasional Ngurah Rai Bali

dan Bandara Internasional Polonia Medan. Konsep Sistem Pemantauan Radiasi yang Terpusat sebagai berikut:

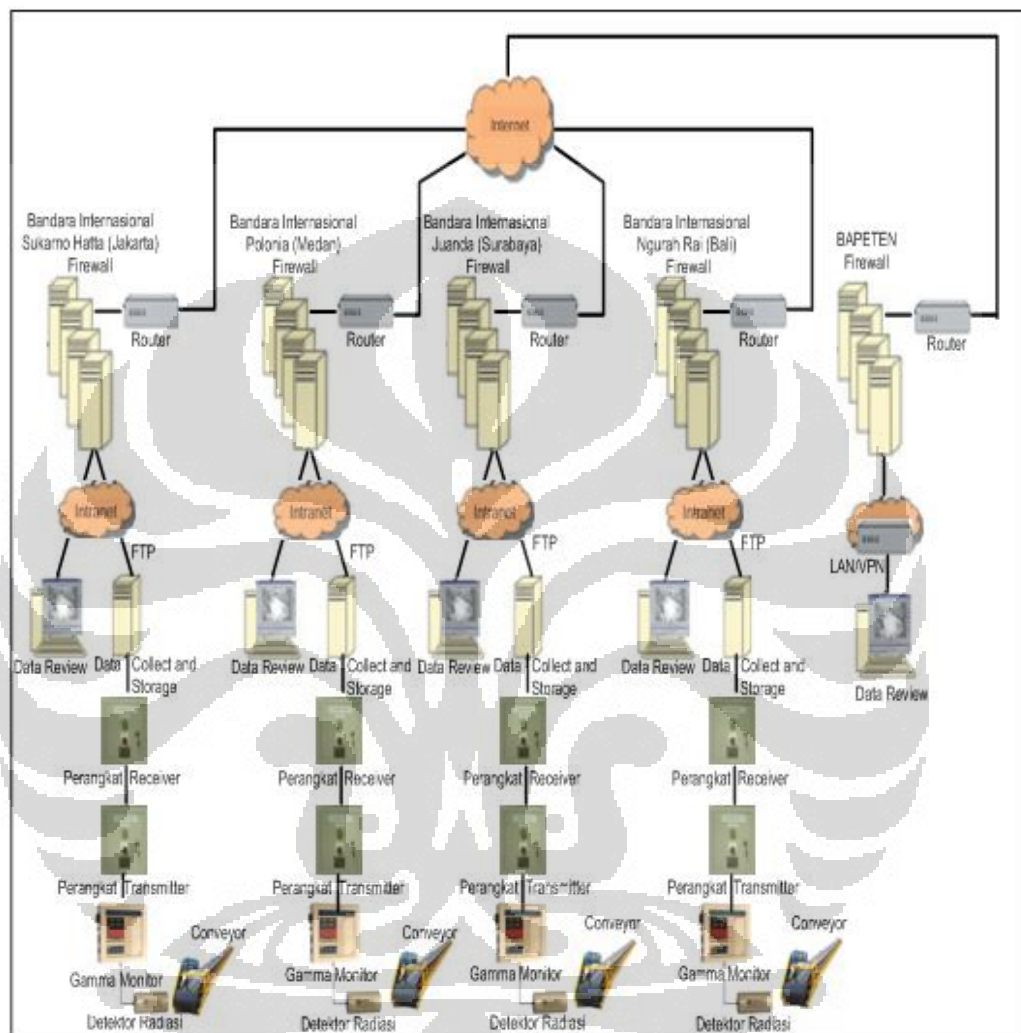


**Gambar 4.1.** Konsep Sistem Pemantauan Radiasi Terintegrasi

Langkah-langkah untuk mengembangkan konsep sistem monitoring radiasi yang terpusat sebagai berikut:

1. Melakukan pengambilan data pengukuran radiasi di bandara internasional.
2. Melakukan simulasi optimasi konfigurasi pengukuran radiasi dengan data-data yang lebih lengkap.
3. Melakukan pengukuran dan pencarian data yang lebih detail tentang tingkat kontaminasi zat radioaktif dalam barang-barang impor yang ada di indonesia.
4. Pembuatan rancang bangun sistem monitoring radiasi terpusat yang dapat menerima dan mengelola data pemantauan radiasi pada konveyor barang datang dari negara lain yang dikirim oleh Stasiun Pemantauan Radiasi Bandara Internasional yang dapat :
  - Mengelola dan menyimpan data pemantauan di server ftp server
  - Menyimpan data pada database server komputer server

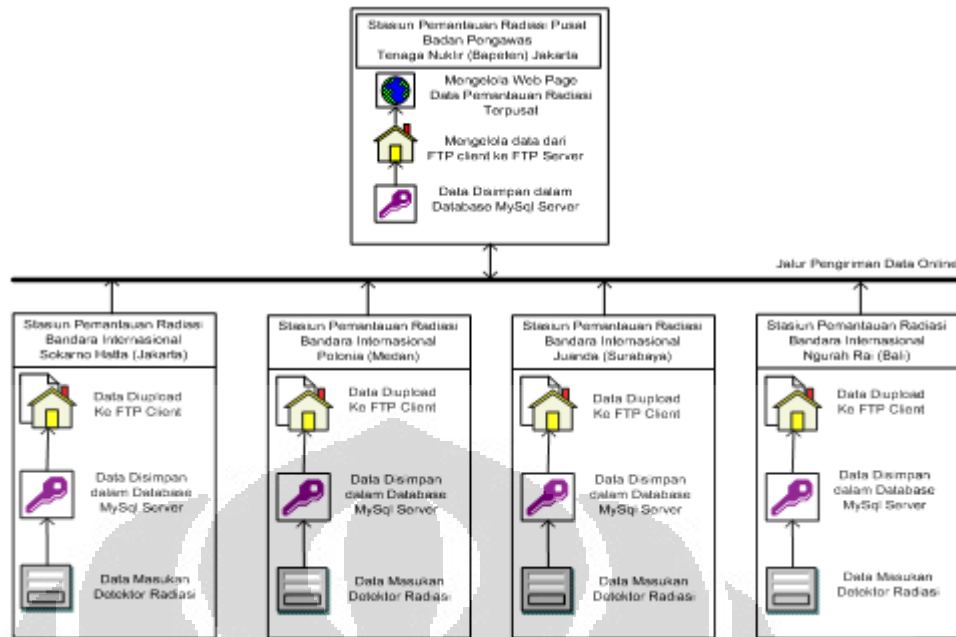
- Melaporkan ke stasiun pemantauan radiasi pusat jika ada temuan zat radioaktif illegal/ kontaminasi zat radioaktif pada barang impor terutama dari jepang.



Gambar 4.2. Konsep Sistem Pemantauan Radiasi Terintegrasi Secara Online

#### 4.3. Konsep Mekanisme Pengiriman Data pada Pengembangan Sistem Monitoring Radiasi Terintegrasi di Indonesia

Konsep mekanisme pengiriman data yang dapat tersimpan dalam database server secara realtime sebagai berikut:



**Gambar 4.3.** Konsep Mekanisme Pengiriman Data dalam Database Server secara Realtime

#### 4.4. Stasiun Pemantauan Radiasi Bandara Internasional

1. Stasiun Pemantauan Radiasi Bandara Internasional Soekarno Hatta
  - Mengirimkan data pemantauan radiasi pada konveyor barang datang dari negara lain
  - Menyimpan data pemantauan di database *server ftp client*
  - Menyimpan data pada database *server komputer client*
  - Melaporkan ke stasiun pemantauan radiasi pusat jika ada temuan zat radioaktif ilegal.
2. Stasiun Pemantauan Radiasi Bandara Internasional Polonia Medan
  - Mengirimkan data pemantauan radiasi pada konveyor barang datang dari negara lain
  - Menyimpan data pemantauan di database *server ftp client*
  - Menyimpan data pada database *server komputer client*
  - Melaporkan ke stasiun pemantauan radiasi pusat jika ada temuan zat radioaktif ilegal.

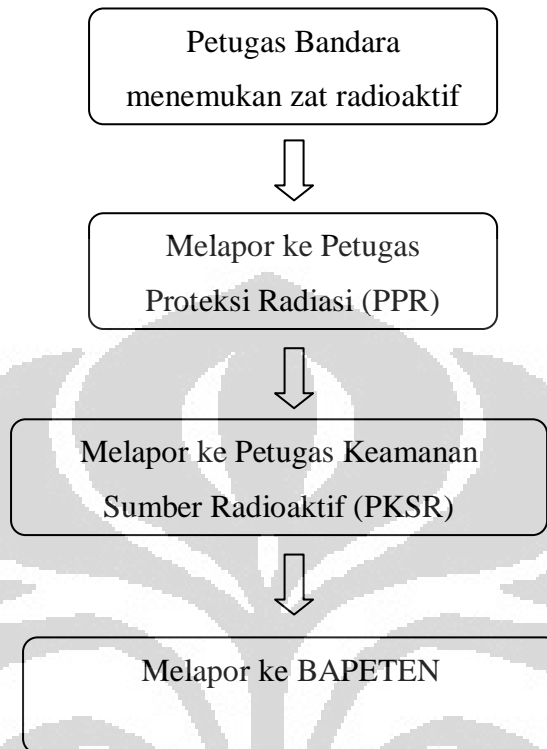
3. Stasiun Pemantauan Radiasi Bandara Internasional Juanda Surabaya
  - Mengirimkan data pemantauan radiasi pada konveyor barang datang dari negara lain
  - Menyimpan data pemantauan di database *server ftp client*
  - Menyimpan data pada database *server komputer client*
  - Melaporkan ke stasiun pemantauan radiasi pusat jika ada temuan zat radioaktif illegal.
  
4. Stasiun Pemantauan Radiasi Bandara Internasional Ngurah Rai Bali
  - Mengirimkan data pemantauan radiasi pada konveyor barang datang dari negara lain
  - Menyimpan data pemantauan di database *server ftp client*
  - Menyimpan data pada database *server komputer client*
  - Melaporkan ke stasiun pemantauan radiasi pusat jika ada temuan zat radioaktif illegal.

#### **4.5. Stasiun Pemantauan Radiasi Pusat**

Tugas dan fungsi stasiun pemantauan radiasi pusat sebagai berikut:

- Menerima dan mengelola data pemantauan radiasi pada konveyor barang datang dari negara lain yang dikirim oleh Stasiun Pemantauan Radiasi Bandara Internasional
- Mengelola dan menyimpan data pemantauan di *server ftp server*
- Menyimpan data pada database *server komputer server*
- Menindaklanjuti stasiun pemantauan radiasi bandara internasional jika ada temuan zat radioaktif illegal.

#### 4.6. Konsep Mekanisme Pelaporan Saat Ditemukan Kontaminasi Zat Radioaktif



**Gambar 4.4.** Konsep Mekanisme Pelaporan Saat Ditemukan Sumber / Kontaminasi Radioaktif

Petugas bandara bertugas mengamati alarm yang terjadi, jika menemukan alarm yang terindikasi adanya zat radioaktif, maka harus melapor ke Petugas Proteksi Radiasi. PPR tersebut mengecek sumber radiasi dan pemiliknya, jika perlu dilakukan pengamanan maka Petugas Keamanan Sumber Radioaktif harus siap membantu tindakan pengamanan. Setelah aman, dilakukan pelaporan kepada BAPETEN.

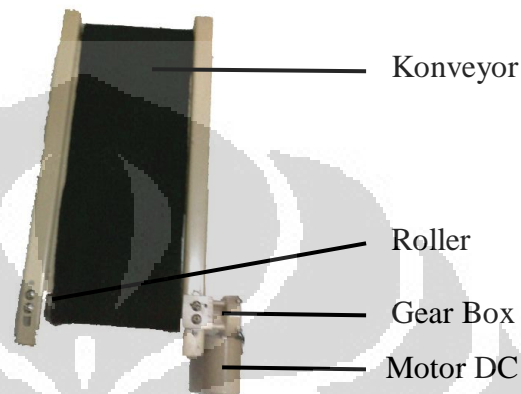


## BAB 5

### HASIL PENGUJIAN DAN EVALUASI

#### 5.1. Hasil Pengujian Perangkat Keras

##### 5.1.1. Konveyor Barang



**Gambar 5.1.** Prototipe Konveyor Barang

Pengujian secara langsung dilakukan dengan memberikan catu daya +12 Vdc yang dihubungkan dengan motor DC. Pengujian dengan PLC dilakukan dengan membuat keluaran salah satu output plc menjadi logika '0' ataupun '1', sehingga jika ada logic '0' maka motor konveyor akan off dan jika logic '1' maka motor konveyor akan on.

##### 5.1.2. Perangkat *Interface*

Pengujian perangkat *interface* dilakukan dengan pengujian pada *power supply* dan modul konverter *RS-232 to RS-485* atau sebaliknya yaitu pada

- a. Perangkat *interface* (TX) pada detektor 1, yaitu bok panel yang berisi modul rangkaian *power supply* dan konverter *RS-232 to RS-485*.
- b. Perangkat *interface* (RX) pada detektor 1, yaitu bok panel yang berisi modul rangkaian *power supply* dan konverter *RS-485 to RS-232*, konverter *RS-232 to USB*.

- c. Perangkat *interface* (TX) pada detektor 2, yaitu bok panel yang berisi modul rangkaian *power supply* dan konverter *RS-232 to RS-485*.
- d. Perangkat *interface* (RX) pada detektor 2, yaitu bok panel yang berisi modul rangkaian *power supply* dan konverter *RS-485 to RS-232*, konverter *RS-232 to USB*.

*Power Supply* atau Catu daya yang digunakan yaitu catu daya tunggal. Catu daya tunggal menghasilkan tegangan keluaran sebesar +9 Volt. Catu +9 volt digunakan sebagai catu untuk rangkaian *RS-232 to RS-485*. Trafo yang digunakan untuk catu daya DC di atas adalah trafo biasa dengan arus keluaran 3 Ampere. Dioda yang dipakai adalah dioda silikon 3 Ampere yang difungsikan sebagai penyearah.

Untuk menganalisa, dari rangkaian catu daya di atas dapat diambil contoh untuk  $V_s = 9$  Volt. Tegangan keluaran dari dioda adalah:

$$\begin{aligned} V_{DC} &= 2 \frac{V_m}{\pi}, V_m = 9\sqrt{2} = 12,72 \text{ Volt} \\ &= 2 \frac{12,72}{3,14} \\ &= 8,10 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Tegangan keluaran dari filter kapasitor ini adalah

$$\begin{aligned} V_{DC} &= V_m - \frac{2V_{rpp}}{2}, V_{rpp} = \frac{I_{dc}}{2fC} \\ &= \frac{1A}{2.50Hz \cdot .6800\mu F} \\ &= 1,4 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{DC} &= 8,10 - \frac{2 \cdot 1,4}{2} \\ &= 6,7 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$V_{DC} \text{ setelah DZ} = 6,7 \text{ Volt} + 0,7 \text{ Volt} = 7,4 \text{ Volt}$$

Konfigurasi transistor yang digunakan pada catu daya di atas adalah *Common Colector* sehingga terjadi penguatan arus dari regulator dan tidak terjadi penguatan tegangan. Fungsi dioda zener adalah sebagai kompensasi untuk mengganti tegangan yang hilang sebesar 0,7 Volt (VBE) yang digunakan untuk mengaktifkan transistor.

Fungsi secara teknis dari rangkaian Konverter *RS-232* atau *TTL* menjadi *RS-485* dan sebaliknya ini adalah:

- a. Mengubah level tegangan *RS-232* atau *TTL* menjadi *RS-485* dan sebaliknya.
- b. Mengakomodasi *baudrate* 300 bps hingga 115200 bps yang digunakan dalam sistem ini adalah *baudrate* 2400bps.
- c. Dapat dikonfigurasi sebagai DCE (*Data Communication Equipment*) atau DTE (*Data Terminal Equipment*).
- d. Arah data pada jalur *RS-485* dapat dikendalikan secara manual (sisi *RS-232/TTL* menggunakan 2 jalur data dan 1 jalur kontrol) ataupun otomatis (sisi *RS-232/TTL* hanya menggunakan 2 jalur data).
- e. Tersedia pengaturan bias+, terminator dan bias- untuk jalur *RS-485*.
- f. Membutuhkan tegangan + 9VDC sebagai catu daya.

### 5.1.3. Rangkaian Display Dot Matriks

Pengujian secara langsung dilakukan dengan memberikan catu daya +5 Vdc dan +12 Vdc yang dihubungkan dengan rangkaian display dot matriks. Catu +5volt digunakan untuk mencatu mikrokontroler dan catu +12 Volt digunakan display dot matriks. Rangkaian Display “TERKONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF”.

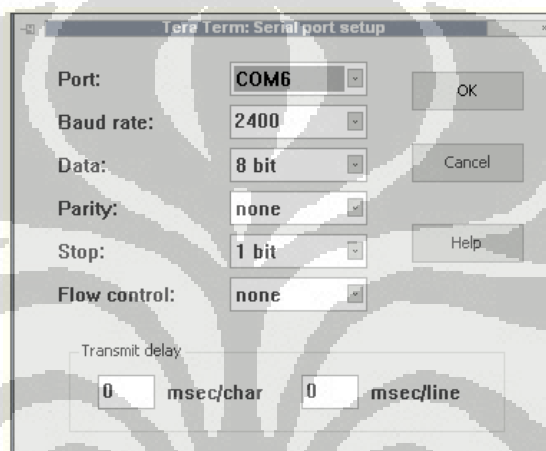
Rangkaian ini menggunakan IC ULN2803 transistor BC337 dan BC 327 *cascade* sebagai driver dot matriks. Dot matriks yang digunakan adalah *common anoda*. Keluaran dari dot matriks diatur memiliki keluaran aktif rendah. Seluruh masukan dan keluaran sesuai untuk digunakan dengan keluaran logika TTL. Jumlah dot matriks yang dipakai berjumlah 4 buah dot matriks 8x8.

## 5.2. Hasil Pengujian Perangkat Lunak

### 5.2.1. Laju Dosis/ Paparan Radiasi pada Detektor 1

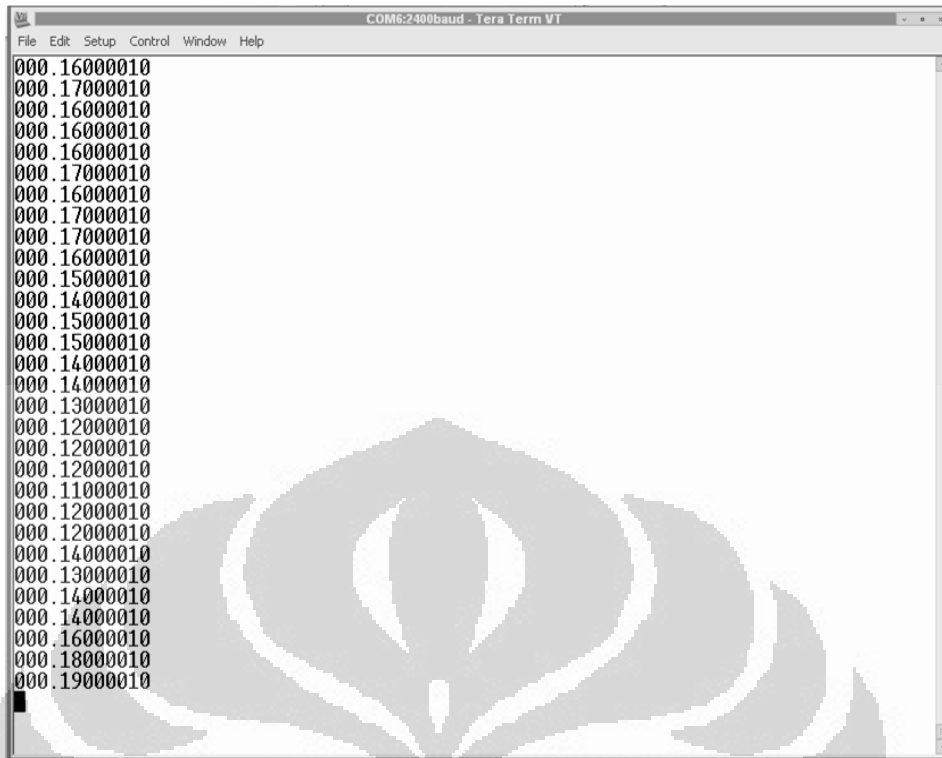
Pengujian menggunakan *Hyperterminal* atau *Tera Term* pada komputer Data laju dosis/ paparan radiasi pada detektor 1 melalui COM 6, menggunakan *setting baudrate* 2400bps.

Pengujian yang ditampilkan pada gambar berikut ini menggunakan software *Tera Term*.



**Gambar 5.3.** *Setting Baudrate* untuk Detektor 1 melalui COM 6

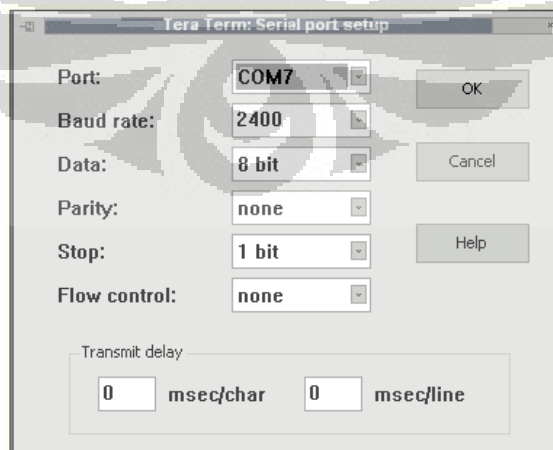
Data yang dihasilkan dengan menggunakan program *tera term*, sebagai berikut:



**Gambar 5.4.** Hasil Pengukuran Laju Dosis Radiasi untuk Detektor 1 melalui COM 6

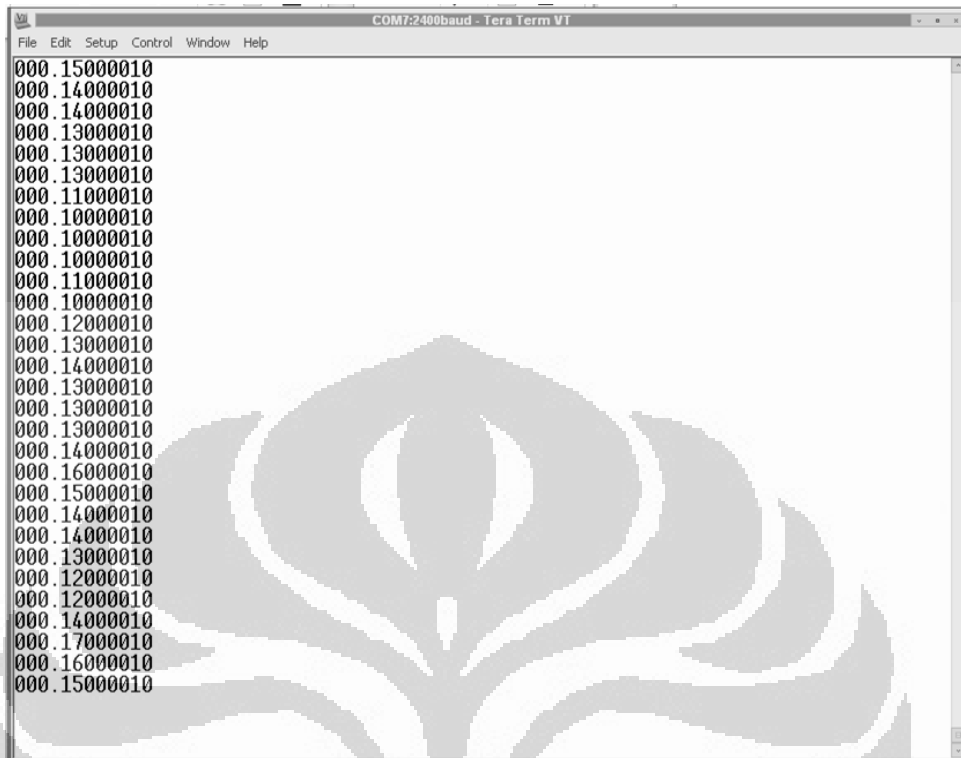
### 5.2.2. Laju Dosis/Paparan Radiasi Detektor 2

Data laju dosis/ paparan radiasi pada detektor 2 melalui COM 7, menggunakan *setting baudrate* 2400bps.



**Gambar 5.5.** *Setting Baudrate* untuk detektor 2 melalui COM 7

Data yang dihasilkan dengan menggunakan program *tera term*, sebagai berikut:



**Gambar 5.6.** Hasil Pengukuran Laju Dosis Radiasi untuk Detektor 2 melalui COM 7

### 5.2.3. Hasil Pengujian Menggunakan *Software* Hasil Perancangan

Data laju dosis pada setiap station yang dihasilkan dengan menggunakan *software* hasil perancangan, sebagai berikut:

Station	Date	Doserate	Dose	Threshold	Alarm
▶ Detektor 1	12/10/2011 12:0...	0.13	6.66666E-05	0.8	●
Detektor 2	31/05/2011 15:4...	0.13	7.77777E-05	0.8	●

**Gambar 5.7.** Hasil Pengukuran Laju Dosis Radiasi pada Detektor 1 dan 2

Pada Program Sistem Pemantau Radiasi ditunjukkan pemantauan setiap ruangan masing-masing yang dipantau “recent”, dan untuk melihat dosis radiasi secara tabel “tabular”.

Pada kolom *station* menampilkan ruangan yang dipantau laju dosisnya, sedangkan *Date, Time* menampilkan tanggal dan jam kondisi terkini. Pada kolom *Doserate* menampilkan laju dosis daerah kerja sesaat (*realtime*) per 2 detik, dan *Dose* menampilkan dosis setiap 2 detik.

Pada kolom *Chart* menampilkan grafik secara langsung setiap 2 detik dan kolom *Alarm* menampilkan alarm jika terjadi laju dosis di atas batasan. Program ini belum dapat secara online diakses, tetapi jika dionlinekan data yang sudah pada program *MySQL* langsung dapat dibaca oleh program *php*.

Data laju dosis dan yang dihasilkan dengan menggunakan *software* Sistem Pemantau Radiasi hasil perancangan dapat ditampilkan dalam bentuk tabel berikut ini. Berikut data hasil pengukuran radiasi secara tabular pada detektor 1 dan 2 :

Room	Date/Time	Doserate [uSv/h]	Dose [uSv]	Status
1	10/12/2011 12:00	0.13	6.66666E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.12	8.333325E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.15	8.333325E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.15	7.222215E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.13	8.88888E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.16	0.00010555545	0
1	10/12/2011 12:00	0.19	8.333325E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.15	7.77777E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.14	9.444435E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.17	0.00010555545	0
1	10/12/2011 12:00	0.19	9.444435E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.17	9.444435E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.17	8.333325E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.15	8.88888E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.16	9.444435E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.17	8.88888E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.16	0.000111111	0
1	10/12/2011 12:00	0.2	8.333325E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.15	8.88888E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.16	9.444435E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.17	9.444435E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.17	8.88888E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.16	8.88888E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.16	7.77777E-05	0
1	10/12/2011 12:00	0.14	6.66666E-05	0

**Gambar 5.8.** Data Pengukuran Radiasi Detektor 1

Room	Date/Time	Doserate [uSv/h]	Dose [uSv]	Status
2	11/30/2011 3:46...	0.13	7.77777E-05	0
2	11/30/2011 3:46...	0.14	7.222215E-05	0
2	11/30/2011 3:46...	0.13	7.222215E-05	0
2	11/30/2011 3:46...	0.13	7.77777E-05	0
2	11/30/2011 3:46...	0.14	8.333325E-05	0
2	11/30/2011 3:46...	0.15	7.77777E-05	0
2	11/30/2011 3:46...	0.14	7.222215E-05	0
2	11/30/2011 3:46...	0.13	7.222215E-05	0
2	11/30/2011 3:46...	0.13	6.111105E-05	0
2	11/30/2011 3:46...	0.11	5.55555E-05	0
2	11/30/2011 3:46...	0.1	4.44444E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.08	4.44444E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.08	4.44444E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.08	3.888895E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.07	4.44444E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.08	4.999995E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.09	5.55555E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.1	5.55555E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.1	6.111105E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.11	6.66666E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.12	7.222215E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.13	7.222215E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.13	7.77777E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.14	7.77777E-05	0
2	11/30/2011 3:45...	0.14	7.77777E-05	0

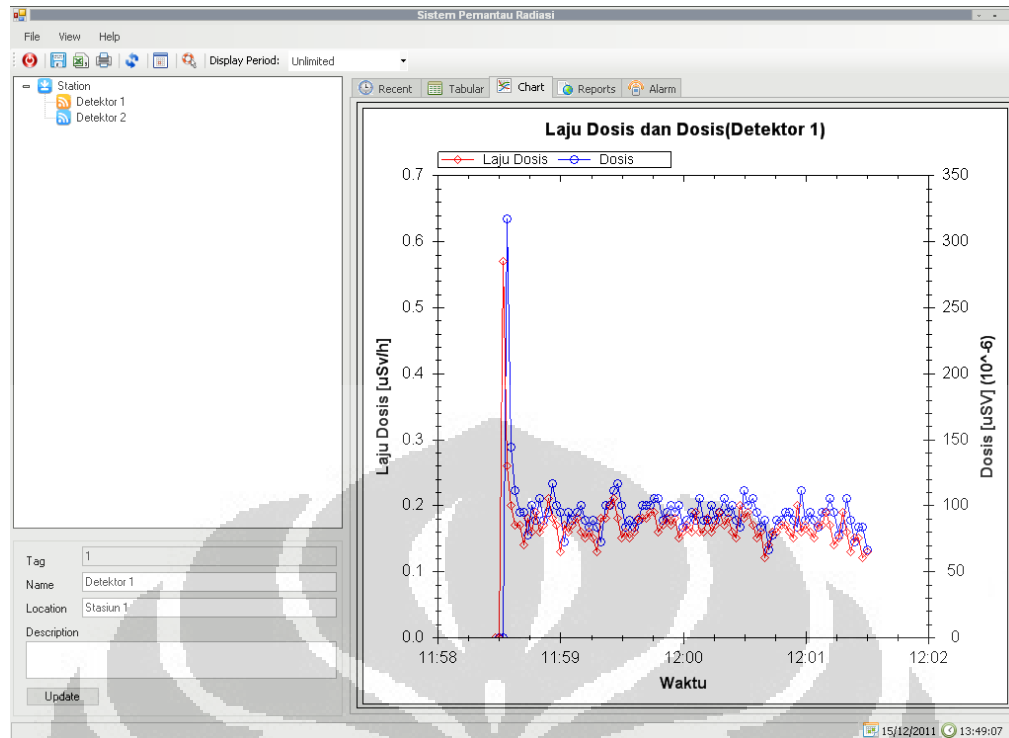
**Gambar 5.9.** Data Pengukuran Radiasi Detektor 2

Data laju dosis radiasi di stasiun 1 pada tanggal 12 Oktober 2011 pukul 12.00 AM sebesar 0,13  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  dan dosis kumulatifnya sebesar  $6,6 \times 10^{-5}$  Sv. Tidak terjadi alarm karena tidak melebihi batasan radiasi yang diijinkan.

Data laju dosis radiasi di stasiun 2 pada tanggal 30 Nopember 2011 pukul 03.45 PM sebesar 0,13  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  dan dosis kumulatifnya sebesar  $7,7 \times 10^{-5}$  Sv. Tidak terjadi alarm karena tidak melebihi batasan radiasi yang diijinkan.

Sedangkan untuk mengetahui secara grafik, dapat dilihat pada menu “*chart*” seperti berikut:





**Gambar 5.10.** Data Pengukuran Radiasi secara Grafik

**Dosis dan Laju Dosis Rata-rata**  
Antara 1/1/2011 12:00:00 AM s/d 12/15/2011 2:22:57 PM

Tanggal	Ruangan	Laju Dosis	Dosis
9/23/2011 7:00:00 AM	1	0.1684	9.37728E-05
10/23/2011 7:00:00 AM	2	0.1638	9.28653298305083E-05
11/22/2011 7:00:00 AM	2	0.1676	9.30757170833337E-05

**Gambar 5.11** Laporan Data Pengukuran Radiasi

### 5.2.3.4 Hasil Uji Fungsi

Uji fungsi dilakukan dengan tujuan mengetahui tingkat sensitivitas dan kepercayaan data. Uji fungsi dilakukan dengan mendekatkan sumber radiasi pada detektor. Pada uji fungsi alat ini menggunakan sumber standar radiasi Cs-137 dengan aktivitas 0,907  $\mu\text{Ci}$  pada tanggal 18 Oktober 2006.

Dengan sumber radiasi standar dapat mengetahui seberapa besar respon detektor, yaitu dengan mengubah-ubah jarak antara sumber standar dengan detektor. Semakin dekat jarak antara detektor dengan sumber standar maka monitor radiasi menunjukkan nilai semakin besar, begitu juga sebaliknya semakin jauh jarak antara detektor dengan sumber standar maka monitor radiasi menunjukkan nilai semakin kecil. Setelah dilakukan uji fungsi, menghasilkan data perbandingan nilai yang kemudian diolah data menghasilkan tingkat kepercayaan.

Data tanpa menggunakan sumber radiasi, tingkat kepercayaan dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut:

**Tabel 5.1.** Tingkat Kepercayaan Tanpa Sumber Radiasi

DATA YANG DIPEROLEH	DETEKTOR 1	DETEKTOR 2	SATUAN
Data 1	0.2	0.18	$\mu\text{Sv}/\text{jam}$
Data 2	0.19	0.19	$\mu\text{Sv}/\text{jam}$
Data 3	0.19	0.18	$\mu\text{Sv}/\text{jam}$
Data 4	0.19	0.19	$\mu\text{Sv}/\text{jam}$
Data 5	0.18	0.19	$\mu\text{Sv}/\text{jam}$
Data 6	0.19	0.19	$\mu\text{Sv}/\text{jam}$
Data 7	0.2	0.19	$\mu\text{Sv}/\text{jam}$
Data 8	0.19	0.19	$\mu\text{Sv}/\text{jam}$
Data 9	0.17	0.17	$\mu\text{Sv}/\text{jam}$
Data 10	0.18	0.18	$\mu\text{Sv}/\text{jam}$
<b>Rata-Rata</b>	0.188	0.185	
<b>Standar Deviasi</b>	0.009189366	0.007071068	
<b>Persentase Deviasi</b>	4.88796055	3.822198817	%
<b>Persentase Tingkat kepercayaan</b>	95.11203945	96.17780118	%

**Tabel 5.2.** Tingkat Kepercayaan Dengan Sumber Radiasi

DATA YANG DIPEROLEH	DETEKTOR 1	(DETEKTOR 1 – BG)	DETEKTOR 2	(DETEKTOR 2 – BG)	SATUAN
Data 1	1.2	1.02	1.18	1	μSv/jam
Data 2	1.19	1.01	1.19	1.01	μSv/jam
Data 3	1.19	1.01	1.18	1	μSv/jam
Data 4	1.19	1.01	1.2	1.02	μSv/jam
Data 5	1.18	1	1.19	1.01	μSv/jam
Data 6	1.19	1.01	1.19	1.01	μSv/jam
Data 7	1.2	1.02	1.19	1.01	μSv/jam
Data 8	1.19	1.01	1.2	1.02	μSv/jam
Data 9	1.17	0.99	1.17	0.99	μSv/jam
Data 10	1.18	1	1.18	1	μSv/jam
<b>Rata-Rata</b>	1.188	1.008	1.187	1.007	
<b>Standar Deviasi</b>	0.009189366	0.009189366	0.009486833	0.009486833	
<b>Persentase Deviasi</b>	0.773515643	0.911643436	0.799227715	0.942088677	%
<b>Persentase Tingkat kepercayaan</b>	99.22648436	99.08835656	99.20077228	99.05791132	%
<b>BG</b>	0.18		0.18		μSv/jam

Dalam uji fungsi alat monitor radiasi diperoleh rentang skala tingkat kepercayaan = 95% sd 99% sehingga alat monitor di dalam rentang tingkat kepercayaan dianggap valid.

## **BAB 6**

### **PENUTUP**

#### **6.1 Kesimpulan**

1. Perancangan Sistem Monitoring Radiasi Terpusat Berbasis Komputer Sebagai Antisipasi Kontaminasi Zat Radioaktif dari Kecelakaan PLTN Fukushima dengan menggunakan teknologi programmable logic controller dan mikrokontroler dan prinsip pemograman dengan rentang skala tingkat kepercayaan 95% sd 99% sehingga alat monitor yang di dalam rentang tingkat kepercayaan dianggap valid.
2. .Perancangan Sistem Monitoring Radiasi Terpusat Berbasis Komputer Sebagai Antisipasi Kontaminasi Zat Radioaktif dari Kecelakaan PLTN Fukushima dapat diaplikasikan di Indonesia melalui Stasiun Pemantauan Radiasi Bandara Internasional dan Stasiun Pusat Badan Pengawas Tenaga Nuklir.
3. Data yang dihasilkan oleh Perancangan Sistem Monitoring Radiasi Terpusat Berbasis Komputer Sebagai Antisipasi Kontaminasi Zat Radioaktif dari Kecelakaan PLTN Fukushima dapat digunakan sebagai informasi dini kepada BAPETEN untuk mengantisipasi barang-barang impor yang terkontaminasi dan peredaran zat radioaktif ilegal.

#### **6.2 Saran**

Konsep Perancangan Sistem Monitoring Radiasi Terpusat Berbasis Komputer Sebagai Antisipasi Kontaminasi Zat Radioaktif dari Kecelakaan PLTN Fukushima ini yang masih berupa prototipe ini akan dikembangkan untuk menunjang sistem pengukuran radiasi gamma terintegrasi dengan stasiun pemantauan radiasi di bandara internasional untuk mengantisipasi adanya barang yang terkontaminasi atau zat radioaktif masuk dari jepang akibat terkontaminasi zat radioaktif dari kecelakaan PLTN Fukushima atau peredaran zat radioaktif ilegal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Cember, Herman. 1983. *Introduction to Health Physics*. United States of America: Pergamon Press.
2. Coughlin, Robert F dan Frederick F Driscoll. 1994. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*. Jakarta: Erlangga.
3. Mulyadi, Reza. 2009. *Prinsip - Prinsip Elektronika (terjemahan)*, Jilid 2, Jakarta: Erlangga.
4. Putra, Agfianto Eko. 2002., Belajar Mikrokontroler AT89S51/52/55 Teori dan Aplikasinya, Edisi 2, Yogyakarta: Penerbit Gaya Media Cooper, William D, 1991.
5. Putra, Agfianto Eko. 2002. *Teknik Antar Muka Komputer Konsep dan Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
6. Putra, Agfianto Eko. 2004. *PLC: Konsep, Pemrograman dan Aplikasi (Omron CPM1A/CPM2A dan ZEN Programmable Relay)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
7. Tocci, Ronald J.1980. *Digital Systems Principles and Application*. United States of America: Prentise/Hall International, Inc.
8. Undang-Undang Negara Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 1997 Tentang Ketenaganukliran.
9. [www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc0368.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc0368.pdf)
10. [www.batan.go.id/ptlr](http://www.batan.go.id/ptlr)
11. [www.batan.go.id/ptrkn](http://www.batan.go.id/ptrkn)
12. [www.batan.go.id/pusdiklat](http://www.batan.go.id/pusdiklat)
13. [www.instructables.com/id/LED-Scrolling-Dot-Matrix-Font-Graphics-Generator-](http://www.instructables.com/id/LED-Scrolling-Dot-Matrix-Font-Graphics-Generator-)
14. [www.ludlums.com](http://www.ludlums.com)
15. [www.omron.com](http://www.omron.com)

## Lampiran 1.

### Listing Program Sistem Pemantau Radiasi

#### A. Listing Program Sistem Pemantau Radiasi (Akusisi Data)

##### My SQL Server

```
<IxDev>
  <Drivers DefaultLocation="C:\ixmonitor\IxStdDev\bin\Release">
    <driver name="Serial">
      <assembly>IxStdDev.dll</assembly>
    </driver>
    <driver name="RandomGenerator">
      <assembly>IxStdDev.dll</assembly>
    </driver>
    <driver name="TextFileWriter">
      <assembly>IxStdDev.dll</assembly>
    </driver>
    <driver name="NullDevice">
      <assembly>IxStdDev.dll</assembly>
    </driver>
    <driver name="Ludlum375">
      <assembly>adiRadmon.dll</assembly>
      <class>DevLudlum375</class>

      <location>C:\ixmonitor\adiRadmon\bin\Release</location>
    </driver>
    <driver name="Ludlum375ToMySQL">
      <assembly>adiRadmon.dll</assembly>
      <class>MySqlDataWriter</class>

      <location>C:\ixmonitor\adiRadmon\bin\Release</location>
    </driver>
    <driver name="DataDisplay">
      <assembly>adiRadmon.dll</assembly>
      <class>DataDisplayWriter</class>

      <location>C:\ixmonitor\adiRadmon\bin\Release</location>
    </driver>
    <driver name="AlarmDevice">
      <assembly>adiRadmon.dll</assembly>
      <class>AlarmDevice</class>

      <location>C:\ixmonitor\adiRadmon\bin\Release</location>
    </driver>
  </Drivers>
</IxDev>
<Devices>
  <device serialid="3002">
    <DriverName>Ludlum375</DriverName>
    <config>
      port=COM4;setting=2400,n,8,1;ReadTimeout=5000
    </config>
  </device>
</Devices>
```

```

<device serialid="3003">
  <DriverName>Ludlum375</DriverName>
  <config>
    port=COM5;setting=2400,n,8,1;ReadTimeout=5000
  </config>
</device>
<device serialid="1">
  <DriverName>Ludlum375</DriverName>
  <config>
    port=COM6;setting=2400,n,8,1;ReadTimeout=5000
  </config>
</device>
<device serialid="8">
  <DriverName>DataDisplay</DriverName>
  <config>
    port=COM1;setting=9600,n,8,1;RWInterval=30
  </config>
</device>
<device serialid="0">
  <DriverName>NullDevice</DriverName>
</device>
<device serialid="1">
  <DriverName>Ludlum375ToMySQL</DriverName>
</device>
<device serialid="2">
  <DriverName>AlarmDevice</DriverName>
</device>
</Devices>

<IOTasks autorun="true" delay="10000">
  <Task name="Ludlum" displayName="Ludlum375 DAQ">
    <Producers>
      <Device name="Ludlum375" serialid="3002"
interval="-1" />
      <Device name="Ludlum375" serialid="3003"
interval="-1" />
      <Device name="Ludlum375" serialid="1"
interval="-1" />
      <Device name="NullDevice" serialid="0"
interval="-1" />
      <Device name="AlarmDevice" serialid="2"
interval="-1" />
    </Producers>
    <Consumers nthread="1">
      <Device name="Ludlum375ToMySQL" serialid="1" />
      <Device name="DataDisplay" serialid="8" />
    </Consumers>
  </Task>
  <Trigger source="!Timer:1000">
    <Item>Ludlum</Item>
  </Trigger>
</IOTasks>
</IxDev>

```

## B. Listing Program Sistem Pemantau Radiasi (Penampil Data)

### Microsoft Visual C# 2008 Express Edition

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.Threading;
using System.Media;

namespace AlarmMonitor
{
    public partial class FormMain : Form
    {
        List<AlarmInfo> _alarmHistory;

        SoundPlayer _soundPlayer;
        AlarmMonitor _alarmMonitor;
        AlarmEventHandler _safeAlarmHandler;
        AlarmMonitorEventHandler _safeAlarmMonitorHandler;

        public FormMain()
        {
            _alarmHistory = new List<AlarmInfo>();
            _alarmMonitor = new AlarmMonitor();
            _safeAlarmHandler = new AlarmEventHandler(SafeOnAlarm);
            _alarmMonitor.OnAlarm += _safeAlarmHandler;
            _safeAlarmMonitorHandler = new AlarmMonitorEventHandler(SafeOnAlarmMonitor);
            _alarmMonitor.OnStarted += _safeAlarmMonitorHandler;
            _alarmMonitor.OnStopped += _safeAlarmMonitorHandler;
            _alarmMonitor.OnMonitorStatus += _safeAlarmMonitorHandler;
            InitializeComponent();

            notifyIcon.Visible = true;
            notifyIcon.Icon = this.Icon;
            notifyIcon.Text = this.Text;
        }

        void alarmMonitor_OnMonitorStatus(object sender,
        AlarmMonitorEventArgs e)
        {
            this.Invoke(_safeAlarmMonitorHandler, new object[]
            { sender, e });
        }

        /// <summary>
```



```

    ///
    /// </summary>
    /// <param name="sender"></param>
    /// <param name="e"></param>
    void alarmMonitor_OnAlarm(object sender, AlarmEventArgs e)
    {
        this.Invoke(_safeAlarmHandler, new object[] { sender,
e });
    }

    /// <summary>
    /// now we can modify ui
    /// </summary>
    /// <param name="sender"></param>
    /// <param name="e"></param>
    private void SafeOnAlarm(object sender, AlarmEventArgs e)
    {
        //wait until timer is finished
        while (_alarmMonitor.IsTrigger && timerOutput.Enabled)
        {
            Application.DoEvents();
            Thread.Sleep(1);
        }

        //now activate port again
        if (!timerOutput.Enabled)
        {
            //has alarm?
            if (e.Alarms.Any())
            {
                SetPortOutput(true);
                timerOutput.Enabled = _alarmMonitor.IsTrigger;
                if (_soundPlayer != null)
                    _soundPlayer.Play();

                //alarm
                IList<AlarmInfo> alarms = e.Alarms;
                foreach (AlarmInfo ai in alarms)
                    if (!_alarmHistory.Contains(ai))
                        _alarmHistory.Add(ai);

                dgvAlarm.RowCount = _alarmHistory.Count;
                dgvAlarm.Refresh();
            }
            else
                SetPortOutput(false);
        }
    }
    private void SafeOnAlarmMonitor(object sender,
AlarmMonitorEventArgs e)
    {
        if (e.Status == AlarmMonitorStatus.Started)
        {
            this.Text = "Alarm Monitor - Running ...";
            this.notifyIcon.Text = this.Text;
            btnStart.Enabled = false;
        }
    }
}

```

```

        btnStop.Enabled = true;
    }
    else if (e.Status == AlarmMonitorStatus.Stopped)
    {
        if (Visible)
        {
            btnStart.Enabled = true;
            btnStop.Enabled = false;
            this.Text = "Alarm Monitor";
            this.notifyIcon.Text = this.Text;
        }
        SetPortOutput(false);
        if (serialPort.IsOpen)
            serialPort.Close();
        timerOutput.Enabled = false;
        if (_soundPlayer != null)
            _soundPlayer.Dispose();
        _soundPlayer = null;
    }
}

private void btnSetting_Click(object sender, EventArgs e)
{
    FormSetting dlg = new FormSetting(_alarmMonitor);
    dlg.ShowDialog();
}

private void FormMain_Load(object sender, EventArgs e)
{
    dgvAlarm.ReadOnly = true;
    dgvAlarm.VirtualMode = true;
    dgvAlarm.AllowUserToAddRows = false;
    btnStart.Enabled = !_alarmMonitor.IsRunning;
    btnStop.Enabled = _alarmMonitor.IsRunning;
    //Load Setting
    try { _alarmMonitor.LoadSetting(); }
    catch { }
}

private void btnStart_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (!_alarmMonitor.IsRunning)
    {
        if (_soundPlayer != null)
            _soundPlayer.Dispose();
        if
(!string.IsNullOrEmpty(_alarmMonitor.AlarmSound))
            _soundPlayer = new SoundPlayer(_alarmMonitor.AlarmSound);
        else
            _soundPlayer = null;

        serialPort.PortName = _alarmMonitor.OutputPort;
        serialPort.Open();
    }
}

```

```

        SetPortOutput(false);

        ///set timer for pulse width
        if (_alarmMonitor.IsTrigger)
            timerOutput.Interval =
_alarmMonitor.ActivePeriod;
        _alarmMonitor.Start();
    }
}

private void btnStop_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (_alarmMonitor.IsRunning)
    {
        _alarmMonitor.Stop();
    }
}

private void timerOutput_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    //deactivate alarm output
    timerOutput.Enabled = false;
    SetPortOutput(false);
}

/// <summary>
/// Write output to port
/// </summary>
/// <param name="active"></param>
private void SetPortOutput(bool active)
{
    if (serialPort.IsOpen)
    {
        if (_alarmMonitor.IsActiveLow)
            active = !active;
        serialPort.DtrEnable = active;
    }
}

private void btnExit_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Close();
}

private void FormMain_FormClosing(object sender,
FormClosingEventArgs e)
{
    //deactivate alarm
    if (_alarmMonitor.IsRunning)
        _alarmMonitor.Stop();
}

private void dgvAlarm_CellValueNeeded(object sender,
DataGridViewCellValueEventArgs e)
{
    if (e.RowIndex >= 0)

```

```

        {
            AlarmInfo ai = _alarmHistory[e.RowIndex];
            switch (e.ColumnIndex)
            {
                case 0: e.Value = ai.TimeOfAlarm.ToString("yyyy-MM-dd HH:mm:ss"); break;
                case 1: e.Value = ai.TagName; break;
                case 2: e.Value = ai.Threshold; break;
                case 3: e.Value = ai.MeasuredValue; break;
            }
        }
    }

    private void btnClear_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        dgvAlarm.RowCount = 0;
        _alarmHistory.Clear();
        dgvAlarm.Refresh();
    }

    private void notifyIcon_MouseDoubleClick(object sender,
    MouseEventArgs e)
    {
        // Activate the form.
        this.Show();
        // Show the form when the user double clicks on the
        notify icon.
        // Set the WindowState to normal if the form is
        minimized.
        if (this.WindowState == FormWindowState.Minimized)
            this.WindowState = FormWindowState.Normal;
    }

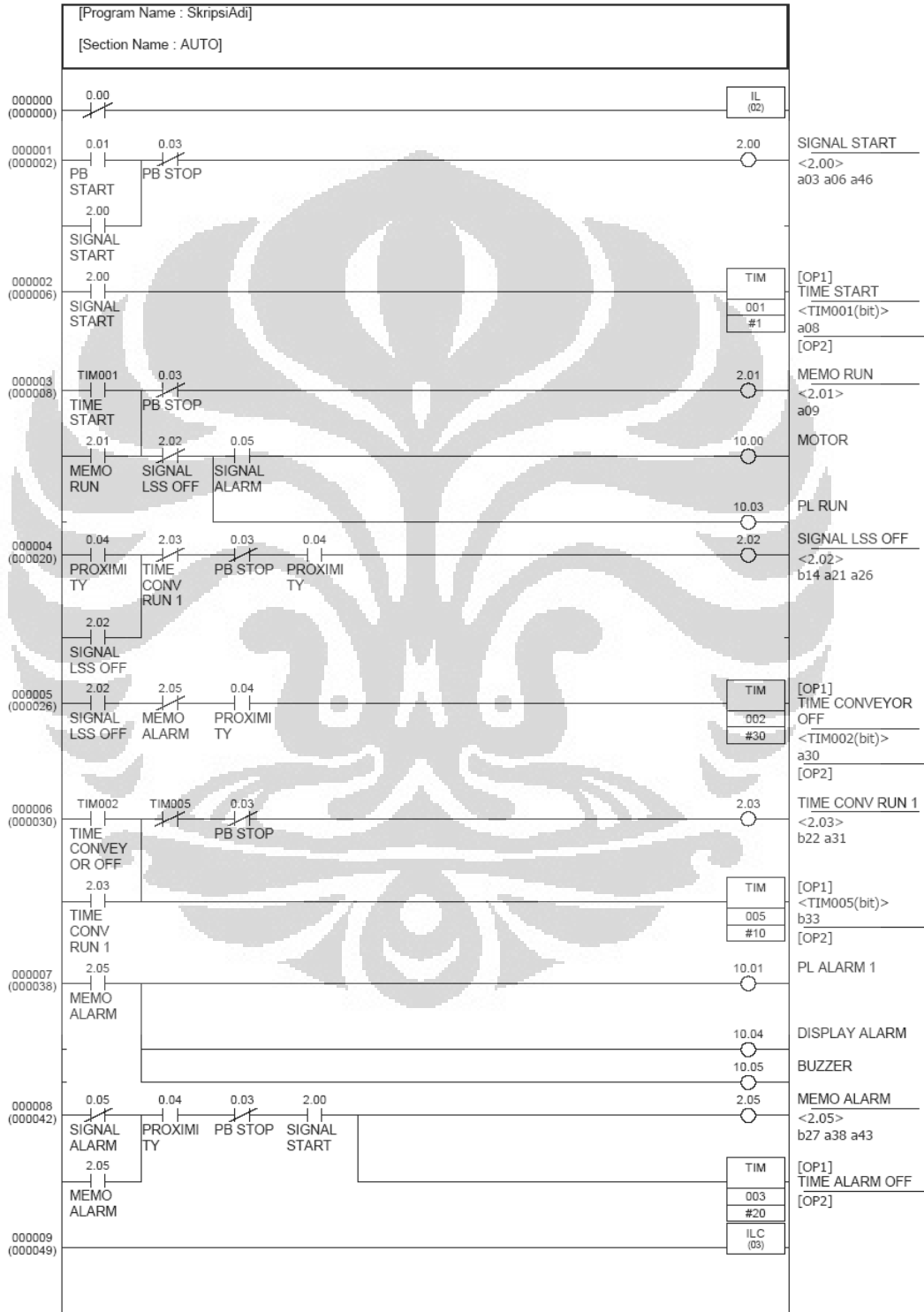
    private void notifyIcon_BalloonTipShown(object sender,
    EventArgs e)
    {
        //notifyIcon.
    }

    private void FormMain_Resize(object sender, EventArgs e)
    {
        if (this.WindowState == FormWindowState.Minimized)
            Hide();
    }
}
}

```

## Lampiran 2.

### Ladder Diagram Program PLC



### Lampiran 3.

#### Listing Program Mikrokontroler AT89C2051

```
/*display dot matriks 8x8 4pcs*/
/*
 * number of data
 */
// 8x26 + 5x4 + 3x2
__code unsigned char DM_NAME_CHAR_COUNT = 234;

__code char DM_ROOM_NAME [] =
{
    /* ----- begin of display ----- */
    0x08,0x1c,0x3e,0x7f,0x3e,0x1c,0x08,0x00,
    /* 8 byte */

    /* start */
    3, 65, 127, 127, 65, 3, 0, /* 'T' */ 0x00,
    65, 127, 127, 73, 93, 65, 99, /* 'E' */ 0x00,
    65, 127, 127, 9, 25, 127, 102, /* 'R' */ 0x00,
    65, 127, 127, 8, 28, 119, 99, /* 'K' */ 0x00,
    28, 62, 99, 65, 99, 62, 28, /* 'O' */ 0x00,
    127, 127, 6, 12, 24, 127, 127, /* 'N' */ 0x00,
    3, 65, 127, 127, 65, 3, 0, /* 'T' */ 0x00,
    124, 126, 19, 19, 126, 124, 0, /* 'A' */ 0x00,
    127, 127, 14, 28, 14, 127, 127, /* 'M' */ 0x00,
    65, 127, 127, 65, 0, /* 'I' */
    127, 127, 6, 12, 24, 127, 127, /* 'N' */ 0x00,
    124, 126, 19, 19, 126, 124, 0, /* 'A' */ 0x00,
    38, 111, 77, 89, 115, 50, 0, /* 'S' */ 0x00,
    65, 127, 127, 65, 0, /* 'I' */
    0x00,0x00, 0x00,
    71, 99, 113, 89, 77, 103, 115, /* 'Z' */ 0x00,
    124, 126, 19, 19, 126, 124, 0, /* 'A' */ 0x00,
    3, 65, 127, 127, 65, L-3, /* 'T' */ 0x00,
    0x00,0x00, 0x00,
    65, 127, 127, 9, 25, 127, 102, /* 'R' */ 0x00,
    124, 126, 19, 19, 126, 124, 0, /* 'A' */ 0x00,
    65, 127, 127, 65, 99, 62, 28, /* 'D' */ 0x00,
    65, 127, 127, 65, 0, /* 'I' */
    28, 62, 99, 65, 99, 62, 28, /* 'O' */ 0x00,
    124, 126, 19, 19, 126, 124, 0, /* 'A' */ 0x00,
    65, 127, 127, 8, 28, 119, 99, /* 'K' */ 0x00,
    3, 65, 127, 127, 65, 3, 0, /* 'T' */ 0x00,
    65, 127, 127, 65, 0, /* 'I' */
    65, 127, 127, 73, 29, 1, 3, /* 'F' */ 0x00,
    /* end: 104 byte */

    /* 16 byte */
    0x08,0x1c,0x3e,0x7f,0x3e,0x1c,0x08,0x00,
    0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00
    /* -----end of display -----*/
}
```

```

};
#include <8051.h>

#define DM_DATA          P1
#define DM_CTRL          P3
#define DM_CLK           P3_7
#define DM_CTRL_OFF     0x0f
#define DM_DATA_OFF     L-3

/*
 * 0-7      : enable dotmatrix 1
 * 8-15     : enable dotmatrix 2
 * 16-23    : enable dotmatrix 3
 * 24-31    : enable dotmatrix 4
 */
__code char DM_ENABLE[] =
{
    0x0e, 0x0e, 0x0e, 0x0e, 0x0e, 0x0e, 0x0e, 0x0e,
    0x0d, 0x0d, 0x0d, 0x0d, 0x0d, 0x0d, 0x0d, 0x0d,
    0x0b, 0x0b, 0x0b, 0x0b, 0x0b, 0x0b, 0x0b, 0x0b,
    0x07, 0x07, 0x07, 0x07, 0x07, 0x07, 0x07, 0x07
};

__code char BIT_LOOKUP[] =
{
    0, 8, 4, 12,
    2, 10, 6, 14,
    1, 9, 5, 13,
    3, 11, 7, 15
};

/*
 * number of data, multiply by 2
 */
extern __code char DM_ROOM_NAME [];
extern __code DM_NAME_CHAR_COUNT;

/* pointer to data */
__code char * _pDM;
__code char * _pData;

/**
 * Delay for 2 * us + 2
 * Don't call delay2us(0)
 */
void delayus2(unsigned char us) __naked
{
    us; /* to suppress warning */
    __asm
        00001$:
            djnz dpl,00001$
            ret
    __endasm;
}

```

```

/**
 * This routine is for 12 Mhz crystals (X1)
 * When N is the parameter of the function,
 * this routine will execute for:
 *      3us + (1us + 2us * 249 + 1us + 2us * 249 + 2us) * N
 */
void delaysms(unsigned char ms) __naked
{
    ms;
    __asm
        mov dph,dpl
        00001$:
        mov    dpl,#0xF9
        00002$:
        djnz dpl,00002$
        mov dpl,#0xF9
        00003$:
        djnz dpl,00003$
        djnz dph,00001$
        ret
    __endasm;
}

void display_dm(unsigned char ms1_6)
{
    char idx, d;

    do {
        /* each cycle approx need 50 us, on:off=1:4
        * total ~ 1.6 ms
        */
        _pData = _pDM;
        for (idx = 0; idx < 32; idx++)
        {
            /*
            * select dot matrix (set RESET to 0 and 1)
            * and set clock to 0 (LOW)
            */
            DM_DATA = DM_DATA_OFF;
            DM_CTRL = DM_ENABLE[idx];
            DM_CLK = 1;

            /* fetch display data */
            /*
            DM_DATA = DM_DISPLAY_DATA[p++];
            delayus2(25);
            */
            d = *(_pData--);
            DM_DATA = (BIT_LOOKUP[d & 0x0F] << 4) |
(BIT_LOOKUP[ (d & 0xF0) >> 4]);
            delayus2(10);
        }
    } while ( (ms1_6-- ) != 0);
}

void main()

```



```

{
    unsigned char sec_5, offset;

    /* reset all pin */
    DM_CTRL = DM_CTRL_OFF;
    DM_DATA = DM_DATA_OFF;

    while (1) {
        /* display room code for 5 seconds */
        sec_5 = 25;
        _pDM = DM_ROOM_NAME;
        _pDM += 31;
        while (sec_5 != 0)
        {
            display_dm(125);
            sec_5--;
        }

        /* display room name */
        offset = 32;
        while (offset < DM_NAME_CHAR_COUNT)
        {
            _pDM = DM_ROOM_NAME;
            _pDM += offset;
            display_dm(80);

            offset++;
        }
    }
}

```