

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL DISERTASI .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN .....	ii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR SIMBOL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
INTISARI .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Unsur Kebaharuan Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah Penelitian .....	5
1.6 Hipotesis Penelitian .....	5
1.7 Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
BAB III LANDASAN TEORI .....	15
3.1 Interaksi Radiasi Foton dengan Materi .....	15
3.2 Dosis Radiasi .....	19
3.3 Pengaruh Radiasi Terhadap Manusia .....	21
3.4 Nilai Batas Dosis Radiasi (NBD) .....	25
3.5 Dosimeter Radiasi .....	26
3.5.1 Detektor Ionisasi .....	30
3.5.2 Detektor Proporsional .....	31
3.5.3 Detektor Geiger Muller .....	32
3.5.4 Detektor Sintilasi .....	34

3.5.5 Detektor Semikonduktor .....	35
3.6 Arduino .....	38
3.7 Modul Radio Frekuensi Xbee .....	39
BAB IV METODE PENELITIAN .....	42
4.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	42
4.2 Alat Penelitian dan Bahan Penelitian.....	42
4.2.1 Alat Penelitian .....	42
4.2.2 Komponen Bahan Penelitian .....	44
4.2.3 Perangkat lunak .....	48
4.3 Diagram Alir Penelitian .....	49
4.4 Prosedur Penelitian .....	50
4.4.1 Penentuan Spesifikasi <i>Perangkat Keras</i> dan <i>Lunak</i> .....	50
4.4.2 Pengujian Perangkat Keras dan Perangkat Lunak.....	53
4.4.3 Integrasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak.....	54
4.4.4 Integrasi Sistem .....	56
4.4.5 Pengujian Sistem .....	59
4.4.6 Prosedur Analisis Data .....	68
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	69
5.1 Hasil Implementasi Sistem .....	69
5.1.1 Hasil Implementasi Perangkat Keras .....	70
5.1.2 Hasil Implementasi Perangkat Lunak.....	72
5.1.3 Hasil Implementasi Perangkat Lunak Pada Koordinator .....	75
5.2 Hasil Pengujian Sistem .....	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	92
6.1 Kesimpulan.....	92
6.2 Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA .....	93
LAMPIRAN.....	100

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Spektrum gelombang elektromagnetik.....	15
Gambar 3. 2 Prinsip interaksi antara foton dengan materi.....	17
Gambar 3. 3 Skema hamburan Compton .....	18
Gambar 3. 4 Sel beserta bagiannya .....	22
Gambar 3. 5 Perkembangan eritema pada pasien kecelakaan difraksi sinar-x, 9 hari sampai 98 hari pasca pajanan .....	23
Gambar 3. 6 Kurva umum untuk efek stokastik terhadap nilai dosis (Gy).....	24
Gambar 3. 7 Karakteristik respon dua sistem dosimetri. ....	29
Gambar 3. 8 Skema Detektor Isian Gas .....	30
Gambar 3. 9 Daerah operasi detektor isian gas.....	33
Gambar 3. 10 Skema detektor sintilator.....	35
Gambar 3. 11 Perbandingan Energi gap pita konduksi dengan valensi dari bahan isolator dan semikonduktor .....	37
Gambar 3. 12 Pin Xbee dan Xbee Pro .....	40
Gambar 4. 1 Detektor radiasi “ <i>Radiation Alert Ranger</i> ”.....	43
Gambar 4. 2 Sumber radiasi gamma standar di dalam kotak pelindung.....	44
Gambar 4. 3 Mikrokontroler Mikrokontroler Arduino Uno .....	45
Gambar 4. 4 Radiomodul Xbee Pro S2C dengan <i>antenna wire</i> .....	46
Gambar 4. 5 Mikrokontroler Arduino Xbee Shield .....	47
Gambar 4. 6 Xbee adapter.....	47
Gambar 4. 7 Sensor radiasi X 100-7 <i>First Sensor</i> .....	48
Gambar 4. 8 Diagram alir penelitian.....	49
Gambar 4. 9 Diagram arsitektur sistem.....	51
Gambar 4. 10. Diagram sirkuit sensor radiasi yang digunakan dengan nama Pocket Geiger Radiation Sensor Type 5.....	51
Gambar 4. 11 Diagram Blok PCB Mikrokontroler Arduino terhubung ke sensor radiasi.....	52
Gambar 4. 12 Perangkat lunak dari <i>router</i> menuju <i>node</i> koordinator sampai ke akuisisi data .....	53
Gambar 4. 13 (a) Program setting awal Xbee (b) Tampilan X-CTU.....	54
Gambar 4. 14 Diagram alir program sensor radiasi pada Arduino IDE.....	55
Gambar 4. 15 Penjabaran diagram alir fungsi baca sensor radiasi .....	56
Gambar 4. 16 Diagram alir sistem akuisisi data menggunakan Visual Studio .....	57
Gambar 4. 17 Diagram alir prosedur baca data Xbee pada <i>node</i> koordinator menggunakan Visual studio.....	58
Gambar 4. 18 Diagram alir parsing data menggunakan visual studio .....	59
Gambar 4. 19. Set peralatan eksperimen pengujian karakteristik detektor dan kalibrasi detektor secara keseluruhan. ....	60
Gambar 4. 20. Sumber radiasi Cs-137 berada dalam box yang dikelilingi oleh timbangan, posisi dosimeter divariasikan 5, 10 sampai 40 mm terhadap sumber radiasi. <i>Node sensor</i> menangkap cacahan radiasi dan dikirim secara <i>nirkabel</i> pada <i>node</i> koordinator.....	62
Gambar 4. 21. Tampilan awal program X-CTU setelah dibuka .....	63
Gambar 4. 22. Tampilan port yang terhubung .....	63

Gambar 4. 23. Pengaturan parameter <i>port</i> .....	64
Gambar 4. 24. Tampilan radiomodul yang terhubung .....	64
Gambar 4. 25. Update parameter Radio modul Xbee .....	65
Gambar 4. 26. Konsul konfigurasi radiomodul Xbee .....	65
Gambar 4. 27. Tampilan konsul konfigurasi radiomodul untuk perubahan serial <i>interfacing modem</i> dalam format <i>API Enabled</i> . ....	66
Gambar 4. 28. Tampilan serial konsul untuk mengetahui perangkat yang terhubung. ....	66
Gambar 4. 29. Konsul X-CTU yang menampilkan lima <i>node</i> sensor, satu <i>node</i> koordinator yang terdeteksi atau terhubung dengan <i>node</i> koordinator. ....	67
Gambar 4. 30. <i>Remote module</i> yang berkomunikasi dengan <i>node</i> koordinator....	67
Gambar 4. 31. Tampilan <i>Range Test</i> konsul .....	68
Gambar 5. 1 PCB <i>node</i> sensor dosimeter personal <i>real-time</i> .....	70
Gambar 5. 2 Hasil implementasi perangkat keras menjadi lima <i>node</i> sensor (kode A, B, C, D dan E)) .....	71
Gambar 5. 3 Hasil implementasi perangkat keras untuk <i>node</i> koordinator yang terhubung secara serial (USB) pada komputer (PC). ....	72
Gambar 5. 4 Program awal Arduino untuk pengaturan awal Xbee .....	73
Gambar 5. 5 Tampilan awal program X-CTU .....	74
Gambar 5. 6 Konfigurasi awal Xbee menggunakan program X-CTU.....	74
Gambar 5. 7. Implementasi tampilan antar muka dari program ( <i>GUI</i> ).....	76
Gambar 5. 8. Pengujian karakteristik lima detektor (detektor A, B, C, D, dan E) terhadap waktu pengamatan 1050 detik. ....	78
Gambar 5. 9. Distribusi Poisson berdasarkan respon detektor <i>N</i> (cpm) terhadap variasi waktu penyimpanan data (a) 5, (b) 10, (c) 15, (d) 20, (e) 25, (f) 30, (g) 35, dan (h) 40 detik. ....	80
Gambar 5. 10. Respon detektor (cpm) terhadap perubahan jarak detektor dari sumber radiasi Cs-137 .....	81
Gambar 5. 11. Respon detektor (cpm) terhadap perubahan dosis radiasi menggunakan dosimeter yang sudah dikalibrasi ( $\mu\text{Sv/Jam}$ ) .....	83
Gambar 5. 12. Pengujian komunikasi <i>node</i> sensor terhadap <i>node</i> koordinator di ruangan terbuka dengan variasi jarak 10 m sampai 200 meter.....	85
Gambar 5. 13. <i>Packet error rate</i> (PER) pengiriman data antara <i>node</i> sensor menuju <i>node</i> koodinator pada ruangan terbuka sampai 200 m. ....	86
Gambar 5. 14. Ilustrasi secara menyeluruh penempatan perangkat yang diilustrasikan menggunakan titik berwarna kuning. ....	87
Gambar 5. 15. Jumlah paket data yang hilang pada saat <i>node</i> sensor terpapar radiasi gamma dari sumber Cs-137. <i>Node</i> koordinator ditempatkan disetiap lantai dengan waktu pengamatan 5200 detik setiap lantai. ....	88
Gambar 5. 16. <i>Packet error rate</i> (PER) pengiriman data antara <i>node</i> sensor menuju <i>node</i> koodinator pada ruangan tertutup sampai 90 m di lantai yang sama (lantai 2).....	89
Gambar 5. 17. Tampilan pengujian jangkauan sistem deteksi menggunakan perangkat lunak X-CTU .....	91

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>State of the Art</i> beberapa penelitian tentang jaringan sensor nirkabel.....	11
Tabel 3. 1 Interaksi radiasi gamma dengan materi.....	16
Tabel 3. 2 Faktor bobot radiasi dan jaringan.....	20
Tabel 3. 3 Karakteristik silikon intrinsik dan germanium.....	36
Tabel 3. 4 Karakteristik beberapa jenis Mikrokontroler Arduino.....	39
Tabel 3. 5 Keterangan dan fungsi pin Xbee dan Xbee pro.....	41
Tabel 5. 1 Konfigurasi modul Xbee.....	75

## DAFTAR SIMBOL

$A_t$	: Aktivitas unsur setelah waktu $t$
$A_o$	: Aktivitas unsur mula-mula
$h$	: Konstanta Planck
$D$	: Dosis serap
$c$	: Kecepatan cahaya
$W_R$	: Faktor pembobotan radiasi
$W_T$	: Faktor pembobotan jaringan
$H_T$	: Dosis ekivalen dalam jaringan
$F_i$	: Faktor koreksi atau konversi koefisien
$E_g$	: Energi gap
$T_{1/2}$	: Waktu paro
$d\bar{E}$	: Energi rata-rata
$E$	: Energi foton
$dm$	: massa
$\nu$	: Frekuensi
$\lambda$	: Panjang gelombang
$\bar{x}$	: Nilai rata-rata
$t$	: Waktu
$E_f$	: Dosis efektif
$\chi$	: <i>Chi-square</i>
$\sigma$	: Standar deviasi

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Izin Penelitian.....	100
Lampiran 2. <i>Data Sheet Sensor X 100-7</i> .....	101
Lampiran 3. Perangkat Lunak (Software) untuk <i>Node</i> Sensor .....	103
Lampiran 4 Perangkat Lunak (Software) GUI menggunakan Visual Studio .....	108
Lampiran 5 Langkah-Langkah Pengujian Jangkauan Xbee.....	109
Lampiran 6. Hasil Pengujian Jangkauan antara Node Sensor dengan Node Koordinator.....	115
Lampiran 7. Rancangan Rel Pengujian Detektor .....	123
Lampiran 8. Publikasi Ilmiah.....	127
Lampiran 9. Draft Artikel Untuk Publikasi (In Review) .....	142
Lampiran 10. Data Eksperimen.....	161