

**ASPEK KESELAMATAN TERHADAP BAHAYA  
RADIASI NUKLIR, LIMBAH RADIOAKTIF DAN  
BENCANA GEMPA PADA PLTN DI INDONESIA**

**SKRIPSI**

Oleh

**NAUSA NUGRAHA SP.**

**04 02 02 0471**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**

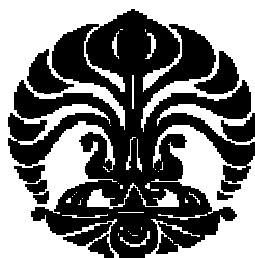
**ASPEK KESELAMATAN TERHADAP BAHAYA  
RADIASI NUKLIR, LIMBAH RADIOAKTIF DAN  
BENCANA GEMPA PADA PLTN DI INDONESIA**

**SKRIPSI**

Oleh

**NAUSA NUGRAHA SP.**

**04 02 02 0471**



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN  
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

### **ASPEK KESELAMATAN TERHADAP BAHAYA RADIASI NUKLIR, LIMBAH RADIOAKTIF DAN BENCANA GEMPA PADA PLTN DI INDONESIA**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Juni 2008

Nausa Nugraha SP

0402020471

## **PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul :

**ASPEK KESELAMATAN TERHADAP BAHAYA RADIASI NUKLIR,  
LIMBAH RADIOAKTIF DAN BENCANA GEMPA PADA PLTN DI  
INDONESIA**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 8 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat / sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, Juli 2008

Dosen Pembimbing

Ir. Wahyu Nirbito, MSME

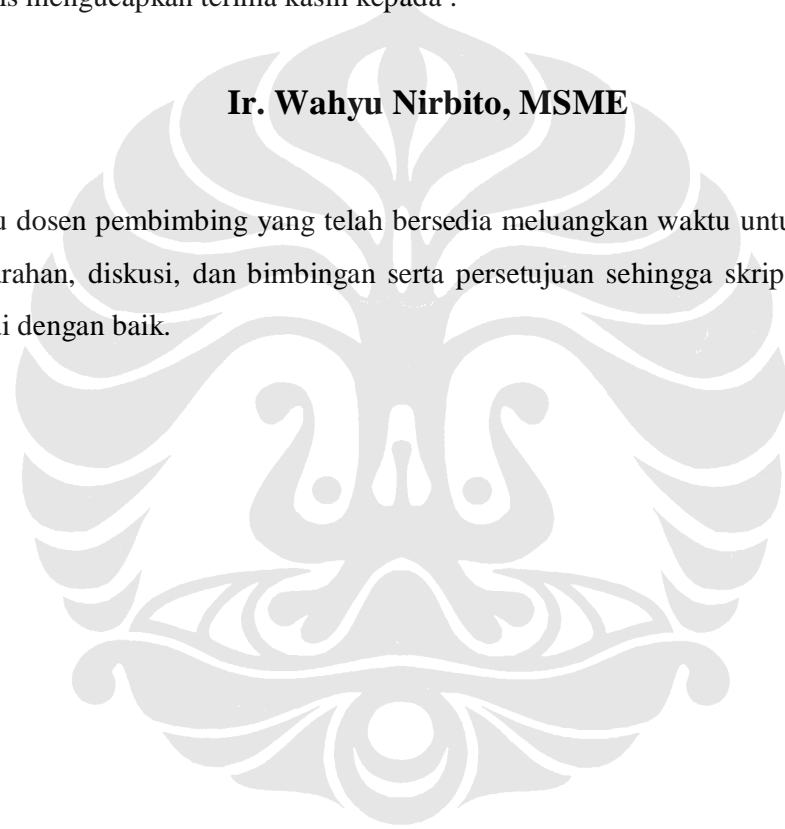
NIP. 131 472 308

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

**Ir. Wahyu Nirbito, MSME**

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.

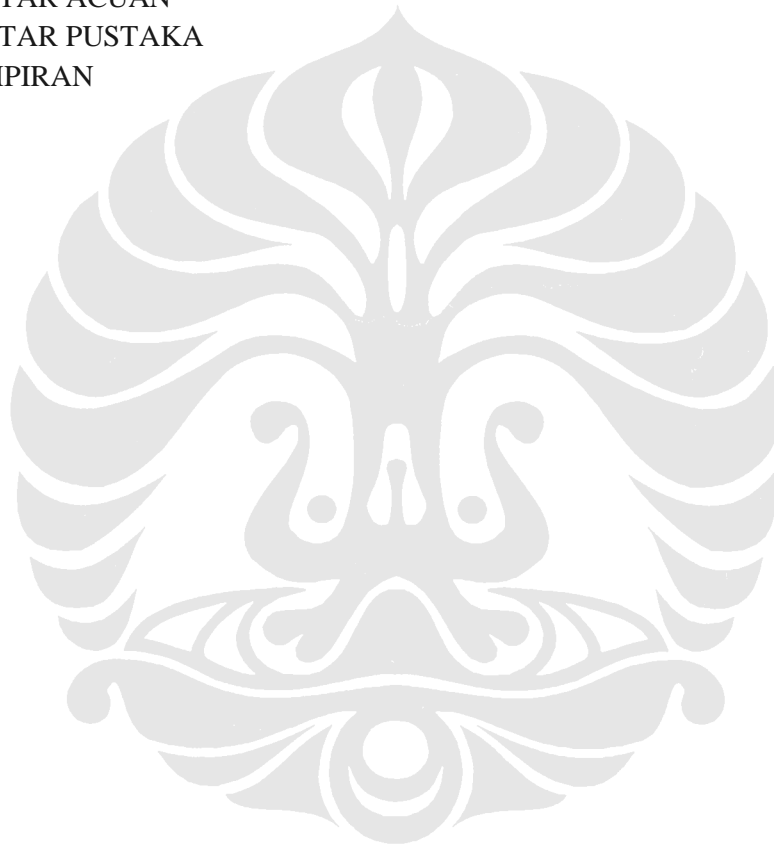


# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMAKASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. TUJUAN PENELITIAN	4
1.3. BATASAN DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN	4
1.4. METODOLOGI PENELITIAN	4
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN	6
BAB II STUDI LITERATUR	8
2.1. SEJARAH SINGKAT ENERGI NUKLIR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK	8
2.2. SUMBER DAN MANFAAT REAKSI NUKLIR SEBAGAI SUMBER ENERGI DAN RADIASI BUATAN	14
2.2.1. Reaktor Nuklir	14
2.2.1.1. <i>Reaksi Fisi</i>	14
2.2.1.2. <i>Reaksi Fusi</i>	18
2.2.2. Akselerator	20
2.2.3. Irradiator	25
2.2.4. Pesawat Rontgen	27
2.2.5. Radioisotop	28
2.3. APLIKASI TEKNOLOGI NUKLIR DALAM BIDANG ENERGI DI NEGARA-NEGARA YANG SUDAH MENERAPKAN PLTN	30
2.4. PROTEKSI RADIASI NUKLIR	38
2.4.1. Interaksi Radiasi dan Materi	39
2.4.1.1. <i>Interaksi zarah radiasi bermuatan (radiasi Alpha dan Beta) dengan materi</i>	39
2.4.1.2. <i>Interaksi zarah radiasi tak bermassa dan tak bermuatan (radiasi Gamma dan sinar-X)</i>	39

	<i>dengan materi</i>	
	2.4.1.3. <i>Interaksi zarah radiasi bermassa dan tak bermuatan (radiasi Neutron) dengan materi</i>	40
2.4.2.	Pengaruh Radiasi Nuklir Terhadap Manusia	41
	2.4.2.1. <i>Proses Kerusakan Akibat Radiasi</i>	41
	2.4.2.2. <i>Tahap Kerusakan Akibat Radiasi</i>	45
2.4.3.	Dosis Radiasi Aman	46
	2.4.3.1. <i>Batas Dosis Radiasi yang Diterima oleh Tubuh</i>	47
	2.4.3.2. <i>Batas Paparan Radiasi di Lingkungan</i>	52
2.5.	LIMBAH RADIOAKTIF	52
	2.5.1. Pengelolaan Limbah Radioaktif	53
	2.5.2. Penyimpanan Lestari Limbah Radioaktif	55
	2.5.3. Nilai Ekonomis Limbah Radioaktif	56
2.6.	KEAMANAN INSTALASI PLTN TERHADAP BAHAYA GEMPA	58
BAB III	DATA PERATURAN-PERATURAN TENTANG KEAMANAN PENGGUNAAN ENERGI NUKLIR	61
3.1.	PERATURAN INTERNASIONAL TENTANG KEAMANAN PENGGUNAAN ENERGI NUKLIR	61
	3.1.1. Peraturan Internasional Tentang Bahaya Radiasi Nuklir	62
	3.1.2. Peraturan Internasional Tentang Pengelolaan Limbah	63
	3.1.3. Peraturan Internasional Tentang Keamanan Instalasi Nuklir Terhadap Bahaya Gempa	65
3.2.	PERATURAN PEMERINTAH TENTANG KEAMANAN PENGGUNAAN ENERGI NUKLIR DI INDONESIA	70
	3.2.1. Peraturan Pemerintah Tentang K3 Ketenaga Nukliran di Indonesia	70
	3.2.2. Penyelenggaraan K3 Radiasi Nuklir	71
	3.2.2.1. <i>Filosofi Dasar Keselamatan Kerja Radiasi</i>	72
	3.2.2.2. <i>Sarana dan Prasarana Kerja</i>	73
	3.2.2.3. <i>Tata Tertib Bekerja dengan Zat Radioaktif atau Sumber Radiasi</i>	76
	3.2.2.4. <i>Petunjuk Pelaksanaan Kerja</i>	77
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	79
4.1.	ANALISIS ASPEK PENTING DALAM K3 KETENAGA NUKLIRAN DI INDONESIA	79
	4.1.1. Apek Proteksi Terhadap Bahaya Radiasi Nuklir	83
	4.1.2. Aspek Penanganan Limbah Nuklir	84
	4.1.3. Aspek Keselamatan Instalasi Nuklir Terhadap Bahaya Gempa	87
	4.1.4. Kesiapan Aspek Teknis Penerapan PLTN di Indonesia	88

4.2. KULTUR KESELAMATAN	89
4.2.1. Kultur Organisasi dan Kultur nasional	89
4.2.2. Kesiapan Aspek Kultur Nasional Indonesia	91
4.3. ORGANISASI PENYUSUNAN PERATURAN KESELAMATAN TENAGA NUKLIR DI INDONESIA	96
4.4. SOSIALISASI MASYARAKAT TENTANG PENGUNAAN NUKLIR PADA PLTN	96
4.4.1. Peran Pendidikan Formal	97
4.4.2. Peran Pendidikan Non-Formal	98
BAB V KESIMPULAN	99
DAFTAR ACUAN	101
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN	105





## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.1</b> Diagram alir penelitian	5
<b>Gambar 2.1</b> Bahan bakar fosil dan <i>global warming</i>	8
<b>Gambar 2.2</b> Produksi listrik tenaga nuklir dan proporsinya terhadap total produksi listrik	11
<b>Gambar 2.3</b> % Produksi listrik nuklir di berbagai negara	12
<b>Gambar 2.4</b> Perbandingan bahan sumber energi pembangkit listrik	13
<b>Gambar 2.5</b> Negara dan sumber energi pembangkit listrik	13
<b>Gambar 2.6</b> Reaksi fisi (a)terkendali dan (b)tak terkendali	16
<b>Gambar 2.7</b> Ilustrasi reaksi fusi	18
<b>Gambar 2.8</b> Rangkaian akselerator	20
<b>Gambar 2.9</b> Irradiator tak menetap permanen <i>Gammacell</i>	27
<b>Gambar 2.10</b> Irradiator menetap permanen <i>Cavetype</i>	27
<b>Gambar 2.11</b> Reaktor air mendidih	33
<b>Gambar 2.12</b> Reaktor air tekan	33
<b>Gambar 2.13</b> Reaktor air berat tekan	34
<b>Gambar 2.14</b> Reaktor termal berpendingin gas	34
<b>Gambar 2.15</b> Reaktor pengembang biak	35
<b>Gambar 2.16</b> Turbin PLTN dalam perawatan	36
<b>Gambar 2.17</b> Peta sabuk lempeng tektonik bumi	60
<b>Gambar 3.1</b> Restrukturisasi organisasi JNES	69
<b>Gambar 4.1</b> Proses penyusunan peraturan Internasional	81
<b>Gambar 4.2</b> Cakupan standar keselamatan IAEA	82
<b>Gambar 4.3</b> Contoh penyimpanan limbah radioaktif kadar tinggi	85
<b>Gambar 4.4</b> Penurunan radioaktifitas limbah kadar tinggi terhadap waktu penyimpanan	86
<b>Gambar 4.5</b> Contoh poster sosialisasi di sekolah-sekolah	94

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 2.1</b> Data Reaktor Nuklir Dunia dan Kebutuhan Uranium	9
<b>Tabel 2.2</b> Tabel deret Np atau deret $4n + 1$	17
<b>Tabel 2.3</b> Radioisotop Yang Banyak Dipakai Sebagai Sumber Radiasi	29
<b>Tabel 2.4</b> Proses Pembentukan dan Peluruhan Radioisotop	29
<b>Tabel 2.5</b> Energi Fisi $U^{235}$	31
<b>Tabel 2.6</b> Nilai Batas Dosis Tertinggi Untuk Organ Tubuh Tertentu	50
<b>Tabel 2.7</b> Penggolongan Limbah Radioaktif	54
<b>Tabel 2.8</b> Negara-Negara Yang Memiliki Program Daur Ulang Limbah Radioaktif	57
<b>Tabel 3.1</b> Peraturan dan Laporan Internasional dari IAEA Tentang Keselamatan Terhadap Radiasi Nuklir.	64
<b>Tabel 3.2</b> Peraturan dan Laporan Internasional dari IAEA Mengenai Pengelolaan Limbah Radioaktif	66
<b>Tabel 3.3</b> Peraturan dan Laporan Internasional dari IAEA dan JNES Tentang Keselamatan Terhadap Gempa	67
<b>Tabel 4.1</b> Tingkat Resistensi Aspek Kultur Nasional Indonesia terhadap Standar Peraturan Internasional	93
<b>Tabel 4.2</b> Pemanfaatan Radiosotop Reaktor Nuklir Indonesia	96

## DAFTAR SINGKATAN

SINGKATAN	KEPANJANGAN
ANSN	<i>Asian Nuclear Safety Network</i>
BATAN	Badan Tenaga Atom Nasional
BAPETEN	Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nasional
BWR / RAM	<i>Boiled Water Reactor</i> / Reaktor Air Mendidih
CNRA	<i>Committee on Nuclear Regulatory Activities</i>
CSNI	<i>Committee on the Safety on Nuclear Instalations</i>
FBR / RPB	<i>Fast Breeder Reactor</i> / Reaktor Pengembang Biak
HTGR / RTBG	<i>High Thermal Gas Cooled Reactor</i> / Reaktor Termal Berpendingin Gas
ICRP	<i>International Commission on Radiological Projection</i>
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i>
JNES	<i>Japan Nuclear Energy Safety</i>
NBD	Nilai Batas Dosis
NEA	<i>Nuclear Energy Agency</i>
NMMS	<i>Nuclear Material Management and Safeguard System</i>
NRC	<i>Nuclear Regulatory Commission</i>
PHWR / RABT	<i>Pressurized Heavy Water Reactor</i> / Reaktor Air Berat Tekan
PWR / RAT	<i>Pressurized Water Reactor</i> / Reaktor Air Tekan
WASSC	<i>Waste Safety Standards Committee</i>
WNA	<i>World Nuclear Association</i>