

PERAN STRATEGIS DAN OPTIMALISASI PEMANFAATAN ENERGI REAKTOR NUKLIR

Andang Widi Harto



GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 PROBLEM ENERGI DUNIA.....	1
1.1.1 Deskripsi Umum	1
1.1.2 Peningkatan Konsumsi Energi Dunia Keseluruhan	1
1.1.3 Ketersediaan Sumber Daya Energi Fosil Dunia.....	6
1.1.4 Proyeksi Kebutuhan Energi dan Ketersediaan Sumber daya Indonesia	9
1.1.5 Dampak Lingkungan akibat Penggunaan Sumber Daya Energi Konvensional.....	11
1.2 SUMBER DAYA ENERGI TERBARUKAN DAN BATAS PENGGUNAANNYA.....	15
1.2.1 Pengertian Sumber Daya Energi Terbarukan	15
1.2.2 Sumber Daya Energi Kelautan.....	15
1.2.3 Sumber Daya Energi Danau.....	17
1.2.4 Sumber Daya Energi Angin	17
1.2.5 Sumber Daya Energi Aliran Air di Daratan (Hidro).....	18
1.2.6 Sumber Daya Energi Surya.....	18
1.2.7 Sumber Daya Energi Biomassa.....	19
1.2.8 Sumber Daya Energi Geotermal	20

1.2.9	Ketersediaan Sumber Daya Energi Terbarukan	21
1.2.10	Rentang Ketersediaan Sumber Daya Energi Terbarukan dan Sifat Penggunaannya.....	25
1.2.11	Kendala-Kendala dalam Penggunaan Sumber Daya Energi Terbarukan	26
BAB 2	PERAN SISTEM ENERGI NUKLIR	27
2.1	SUMBER DAYA ENERGI NUKLIR DAN PENGGUNAANNYA	27
2.1.1	Pengertian Sumber Daya Energi Nuklir.....	27
2.1.2	Ketersediaan Sumber Daya Nuklir di Seluruh Dunia	29
2.1.3	Ketersediaan Sumber Daya Nuklir di Indonesia	32
2.2	PERKEMBANGAN REAKTOR NUKLIR DAN PERMASALAHANNYA.....	33
2.2.1	Perkembangan Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).....	33
2.2.2	Keunggulan Teknologi Nuklir yang Tercapai hingga Generasi 3+	39
2.2.3.	Rentang Ketersediaan Sumber Daya Energi Nuklir Tanpa Reaktor Maju	40
2.2.4	Problem Lainnya dari Teknologi PLTN hingga Generasi 3+	45
2.3	URGENSI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI REAKTOR NUKLIR GENERASI MAJU (GENERASI 4)	47
2.3.5	Dasar Pemikiran.....	47
2.3.6.	Memberikan Solusi Problem Ketersediaan Bahan Bakar Nuklir	48
2.3.7.	Memberikan Solusi dalam Problem Penanganan Limbah Nuklir	49
2.3.8	Meningkatkan Aspek Keselamatan.....	50
2.3.9	Meningkatkan Aspek Keamanan	51

2.3.10	Meningkatkan Efisiensi Konversi Energi ..	52
2.3.11	Diversifikasi <i>Output</i> Energi	52
2.3.12	Peran Reaktor Nuklir sebagai Penghasil Daya Listrik dan Termal	53
2.4	KRITERIA DESAIN REAKTOR NUKLIR GENERASI MAJU	54
2.5.	RENTANG KETERSEDIAAN SUMBER DAYA ENERGI NUKLIR DENGAN TEKNOLOGI REAKTOR NUKLIR MAJU (<i>ADVANCED NUCLEAR REACTOR</i>)	54
BAB 3 PERAN TEKNOLOGI ENERGI NUKLIR DALAM SISTEM INDUSTRI DAN INDUSTRI ENERGI MASA DEPAN		
3.1	SISTEM INDUSTRI ENERGI	64
3.1.1	Pengertian Industri	64
3.1.2	Sumber Daya Energi Berdasarkan Pengadaannya	65
3.1.3	Pengertian Umum Industri Energi	66
3.1.4	Mata Rantai Industri Energi.....	71
3.1.5	Peran Energi Nuklir Untuk Sistem Industri Energi Masa Depan.....	72
3.2	PENGUNAAN ENERGI MASA DEPAN PADA BERBAGAI SEKTOR	74
3.2.1	Konsumsi Energi Sektoral	74
3.2.2	Suplai Energi untuk Sektor Domestik dan Publik	76
3.2.3	Sektor Transportasi Sipil.....	79
3.2.4	Pengembangan Sistem Transportasi Masa Depan	82
3.2.5	Penggunaan Energi Pada Sektor Transportasi Sipil	89
3.2.6.	Penggunaan Energi Untuk Kepentingan Militer	98

3.2.7	Penggunaan Energi untuk Sektor Pembangkit Listrik Dan Pengolahan Bahan Bakar	107
3.2.8	Penggunaan Energi untuk Sektor Industri .	108
3.3	PERAN SISTEM ENERGI NUKLIR UNTUK MENGEMBANGKAN SISTEM INDUSTRI YANG TIDAK MENGEMISIKAN CO ₂	109
3.3.1	Industri Reduksi Logam.....	109
3.3.2	Konsep Industri yang Bersifat Menyerap CO ₂ Neto	111
3.3.3	Sistem Penangkapan CO ₂ Atmosferik.....	112
BAB 4	PENGETERIAN SIKLUS KOMBINASI (<i>COMBINE CYCLE</i>) DAN KOGENERASI	116
4.1	PENGETERIAN UMUM	116
4.1.1	Sumber Kalor	116
4.1.2	Mesin Termal	117
4.1.3	Pompa Kalor/Refrigerator.....	117
4.1.4	Proses Termal.....	118
4.2.	PENGETERIAN SIKLUS KOMBINASI	120
4.3	CONTOH SIKLUS KOMBINASI.....	122
4.3.1	Aplikasi Siklus Kombinasi untuk Sistem Pengolahan Sampah.....	123
4.3.6	Aplikasi Siklus Kombinasi untuk Sistem Sel Bahan Bakar Hidrogen.....	130
4.4	PENGETERIAN KOGENERASI	138
BAB 5	SISTEM KOGENERASI NUKLIR DAN PEMANFAATANNYA.....	139
5.1	PENGETERIAN SISTEM KOGENERASI NUKLIR.....	139
5.2	SINERGI PENGEMBANGAN SISTEM KOGENERASI NUKLIR DAN PENGEMBANGAN REAKTOR NUKLIR MAJU	140

5.3	JENIS-JENIS APLIKASI KOGENERASI NUKLIR BERDASARKAN SUHU SUMBER KALOR.....	141
5.4	MSR (<i>MOLTEN SALT REACTOR</i>) SEBAGAI SALAH SATU REAKTOR NUKLIR MAJU BERSUHU TINGGI.....	143
5.4.1	Deskripsi Umum	143
5.4.2	Variasi Desain MSR.....	145
5.4.3	MSR (<i>Molten Salt Reactor</i>) Standar	145
5.4.4	PCMSR (<i>Passive Compact Molten Salt Reactor</i>).....	147
5.4.5	Sistem Turbin untuk PCMSR.....	149
5.5.	BERBAGAI KEMUNGKINAN APLIKASI KOGENERASI UNTUK PCMSR.....	153
BAB 6	SISTEM KOGENERASI NUKLIR UNTUK PROSES TERMAL SUHU RENDAH	155
6.1	KOGENERASI NUKLIR SUHU RENDAH UNTUK DESALINASI AIR LAUT	155
6.1.1	Latar Belakang Pemikiran.....	155
6.1.2	Berbagai Jenis Proses Desalinasi	158
6.1.3	Proses Desalinasi dengan Metode MSF (<i>Multistage Flash</i>).....	158
6.1.4	Proses Desalinasi dengan Metode MED (<i>Multi Effect Distillation</i>).....	161
6.1.5	Proses Desalinasi dengan Metode MVC (<i>Mechanical Vapor Compression</i>)	163
6.1.6	Proses Desalinasi dengan Metode TVC (<i>Thermal Vapor Compression</i>).....	166
6.1.7	Kombinasi Proses TVC dengan Proses Desalinasi Termal Lainnya.....	168
6.1.8	Desalinasi dengan Proses <i>Reverse Osmosis</i> (RO)	169
6.1.9	Desalinasi dengan Proses <i>Electro Dialysis</i> (ED).....	170
6.1.10	Sistem Desalinasi Nano Filtrasi	173

6.1.11	Desalinasi dengan Pembekuan Vakum (<i>Vacuum Freezing Desalination = VFD</i>) ...	174
6.1.12	Proses Desalinasi Lainnya	177
6.1.13	Sistem Kogenerasi Nuklir Suhu Rendah Untuk Proses Desalinasi	177
6.2	KOGENERASI NUKLIR SUHU RENDAH UNTUK REFRIGERASI, PEMBEKUAN (<i>FREEZING</i>), DAN PENDINGINAN (<i>CHILLING</i>).....	179
6.2.1	Latar Belakang Pemikiran.....	179
6.2.2	Berbagai Tipe Sistem Refrigerasi	181
6.2.3	Refrigerator Kompresi Uap.....	182
6.2.4	Refrigerator Kompresi Gas	183
6.2.5	Refrigerator Siklus Brayton	183
6.2.6	Refrigerator Siklus Stirling	184
6.2.7	Refrigerator Tabung Vorteks	185
6.2.8	Prinsip Dasar Sistem Refrigerasi Absorpsi Standar secara Umum	186
6.2.9	Sistem Refrigerasi Absorpsi Menggunakan Larutan NH_3 dan Air	188
6.3.1	Sistem Pendingin Absorpsi Menggunakan Larutan LiBr dan Air.....	189
6.3.3	Refrigerator Hidrid.....	191
6.3.4	Sistem Refrigerasi Lainnya.....	192
6.3.5	Aplikasi Sistem Kogenerasi Nuklir Suhu Rendah untuk Proses Refrigerasi atau Pendinginan.....	193
6.4	KOGENERASI NUKLIR SUHU RENDAH UNTUK PENGERINGAN (<i>DRYING</i>)	194
6.4.1	Latar Belakang Pemikiran.....	194
6.4.2	Berbagai Jenis Sistem Pengeringan	196
6.4.3	Sistem Pengeringan Mekanik	196
6.4.4	Sistem Pengeringan Termal	197
6.4.5	Sistem Pengeringan Termal Terbuka	198

6.4.6	Sistem Pengeringan Termal Tertutup dengan Siklus Aliran Udara Terbuka.....	199
6.4.7	Sistem Pengeringan Termal Tertutup Dengan Siklus Aliran Udara Tertutup.....	200
6.4.8	Sistem Pengeringan Vakum	202
6.4.9	Sistem Pengeringan Absorpsi /Adsorpsi....	204
6.4.10	Aplikasi Kogenerasi Nuklir Suhu Rendah untuk Proses Pengeringan.....	205
6.5	APLIKASI KOGENERASI NUKLIR SUHU RENDAH UNTUK PEMANASAN RUANG	208
BAB 7	SISTEM KOGENERASI NUKLIR	209
	UNTUK PROSES TERMAL SUHU MENENGAH	209
7.1	<i>HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR (HRSG)</i>	209
7.1.1	Pengertian dan Fungsi HRSG pada Sistem Kogenerasi Nuklir Suhu Medium	209
7.1.2	Jenis-Jenis HRSG.....	211
7.1.3	HRSG Satu Tingkat Tekanan	213
7.1.4	HRSG Banyak Tingkat Tekanan	215
7.1.5	HRSG Kalina	219
7.2	APLIKASI SIKLUS KOMBINASI PADA PCMSR.....	220
7.3.	BERBAGAI APLIKASI KOGENERASI NUKLIR SUHU MEDIUM MENGGUNAKAN UAP.....	225
7.3.1	Kogenerasi Nuklir Suhu Medium untuk Aplikasi <i>Enhanced Oil Recovery</i>	225
7.3.2	Kogenerasi Nuklir Suhu Medium untuk Aplikasi Gasifikasi Batu Bara.....	228
7.3.3	Kogenerasi Nuklir Suhu Medium untuk Aplikasi Gasifikasi Batu Bara dalam Tanah.....	232
7.3.4	Kogenerasi Nuklir Suhu Medium untuk Aplikasi Proses Pemisahan dengan Distilasi Bertingkat.....	235

7.4. BERBAGAI APLIKASI KOGENERASI NUKLIR SUHU MEDIUM TANPA MENGGUNAKAN UAP	237
BAB 8 SISTEM KOGENERASI NUKLIR UNTUK PROSES TERMAL SUHU TINGGI	240
8.1 APLIKASI KOGENERASI NUKLIR SUHU TINGGI PADA PCMSR.....	240
8.2. APLIKASI KOGENERASI NUKLIR UNTUK GASIFIKASI BATU BARA DENGAN MASUKAN KALOR PADA SUHU TINGGI	242
8.3 APLIKASI KOGENERASI NUKLIR UNTUK PENCAIRAN BATU BARA SECARA LANGSUNG	245
8.4 PRODUKSI HIDROGEN	247
8.4.1 Peran Hidrogen dalam Sistem Energi dan Industri Masa Depan	247
8.4.2 Produksi Hidrogen dengan Bahan Baku Bahan Bakar Fosil.....	248
8.4.3 Produksi Hidrogen dengan Bahan Baku Biomassa	251
8.4.4 Produksi Hidrogen dengan Bahan Baku Air	253
8.5 PROSES PRODUKSI HIDROGEN DENGAN BAHAN BAKU AIR.....	255
8.5.1 Penjelasan Umum Proses.....	255
8.5.2 Produksi Hidrogen dengan Elektrolisis Air	259
8.5.3 Berbagai Jenis Proses Elektrolisis Air	263
8.5.4 Produksi Hidrogen dari Air dengan Proses Termokimia	268
8.6 APLIKASI KOGENERASI NUKLIR UNTUK PROSES PRODUKSI HIDROGEN DENGAN BAHAN BAKU AIR.....	272

BAB 9 SISTEM KOGENERASI NUKLIR GABUNGAN	279
9.1. KOGENERASI NUKLIR UNTUK PRODUKSI HIDROGEN DENGAN BAHAN BAKU AIR LAUT	279
9.2 KOGENERASI NUKLIR UNTUK PRODUKSI HIDROKARBON SINTETIS JENIS PERTAMA.	282
9.2.1 Kogenerasi Nuklir untuk Produksi Hidrokarbon Sintetis dengan Proses Pencairan Batu Bara secara Langsung.....	283
9.2.2 Kogenerasi Nuklir untuk Produksi Hidrokarbon Sintetis dengan Proses Pencairan Batu Bara Secara Tidak Langsung.....	286
9.3 KOGENERASI NUKLIR UNTUK PRODUKSI HIDROKARBON SINTETIS JENIS KEDUA.....	290
REFERENSI	295
GLOSARIUM.....	302
INDEKS	304
TENTANG PENULIS.....	306