

SKRIPSI

**OPTIMASI SISTEM PENDINGIN (*CHILLER*) UNTUK GEDUNG
INSTALASI PENYIMPANAN SEMENTARA BAHAN BAKAR NUKLIR
BEKAS DI BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**



*Mencerdaskan &
Memartabatkan Bangsa*

NURUL HANIFAH

5315162835

**PROGRAM STUDI
PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2021**

ABSTRAK

NURUL HANIFAH. *Optimasi Sistem Pendingin (Chiller) untuk Gedung Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas Di Badan Tenaga Nuklir Nasional.* Skripsi, Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Januari 2021.

Bahan Bakar Nuklir Bekas (BBNB) yang dihasilkan oleh Reaktor G.A. Siwabessy di Serpong merupakan limbah radioaktif yang berbahaya. Sesuai *International Atomic Energy Agency (IAEA) – Safety Standards*, BBNB harus disimpan sedemikian rupa sehingga tidak membahayakan manusia serta lingkungan. Metode penyimpanan BBNB yang banyak digunakan adalah dengan disimpan pada kolam penyimpanan basah (*wet storage*) yang berfungsi memproteksi radiasi yang ditimbulkan oleh BBNB serta untuk mendinginkan panas peluruhan (*decay heat*) yang dipancarkan oleh BBNB. Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas (IPSB3) merupakan *wet storage* yang dimiliki BATAN untuk menyimpan BBNB. Salah satu komponen penting dan utama di IPSB3 adalah sistem pendingin (*chiller*) yang diperlukan untuk mendinginkan air kolam BBNB dan mendinginkan ruangan IPSB3. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai *decision variables* (beberapa variabel yang paling mempengaruhi kondisi optimum yang diinginkan/*objective function*) pada *chiller* di IPSB3 sehingga dapat diperoleh *objective functions* (*safety* dan *cost*) yang optimum. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini dengan melakukan pengambilan data berupa pengukuran pada panel *chiller* menggunakan alat PQA HIOKI 3197; menggambar desain gedung IPSB3 menggunakan program *drawing 3D Google SketchUp* dan melakukan perhitungan dengan *software matlab*. Hasil yang diperoleh dari analisis konsumsi daya kompresor setelah optimasi sebesar 34,84 kW. Dan hasil akhir optimasi didapatkan nilai tengah dimana untuk *safety* sebesar 618,82 Bq/m³ dan *cost* sebesar Rp.872.197.000. Dari hasil optimasi *multi-objective* dengan *genetic algorithm* yang dilakukan di penelitian ini didapatkan hasil yang memenuhi kriteria fungsi *safety* namun dengan *cost* yang lebih rendah.

Kata kunci : Optimasi *multi-objective*, *chiller*, IPSB3

ABSTRACT

NURUL HANIFAH. *Optimization Of Cooling System at Interim Storage for Spent Nuclear Fuel in National Nuclear Energy Agency.* Skripsi, Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Januari 2021.

Spent Nuclear Fuel (SNF) produced by the G.A. Siwabessy in Serpong is the dangerous radioactive waste. According to the International Atomic Energy Agency (IAEA) - Safety Standards, SNF must be stored in a way that does not endanger humans and the environment. The method of storing SNF that is widely used is by storing it in a wet storage pool. The water media in the wet storage functions to protect the radiation generated by SNF and to cool the decay heat emitted by SNF. Interim Storage for Spent nuclear Fuel (ISSF) is a wet storage owned by BATAN for storing SNF. One of the important and main components in ISSF is the cooling system (chiller) which is required to cool the SNF pool water and cool the ISSF room. The purpose of this study was to obtain the value of the decision variables (several variables that most influence the desired optimum condition / objective function) in the chiller in ISSF so that optimum objective functions (safety and cost) can be obtained. The method used in this study by conducting experiments in the form of measurements on the chiller panel using the HIOKI 3197 Power Quality Analyzer; draw an ISSF building design using Google SketchUp 3D drawing program and perform calculations with matlab software. The results obtained from the analysis of compressor power consumption after optimization are 34.84 kW. And the final result of the optimization, the mean value for safety is 618.82 Bq / m³ and the cost is Rp.872,197,000. The conclusion obtained shows that the multiobjective optimization method using the Genetic Algorithm meets the criteria for the safety and cost functions.

Keywords : Multi-objective optimization, chiller, ISSF

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Optimasi Sistem Pendingin (*Chiller*) untuk Gedung
Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir
Bekas Di Badan Tenaga Nuklir Nasional

Penyusun : Nurul Hanifah

NIM : 5315162835

Pembimbing I : I Wayan Sugita, S.T., M.T.

Pembimbing II : Ragil Sukarno, M.T.

Tanggal Ujian : 04 Februari 2021

Disetujui oleh

Pembimbing I,



I Wayan Sugita, S.T., M.T.
NIP. 197911142012121001

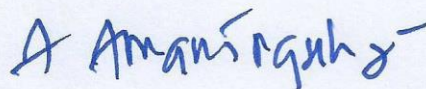
Pembimbing II,



Ragil Sukarno, M.T.
NIP. 197911022012121001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Aam Amaningsih Jumbuh, Ph.D.
NIP. 197110162008122001



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI (II)

Judul : Optimasi Sistem Pendingin (*Chiller*) untuk Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas di Badan Tenaga Nuklir Nasional

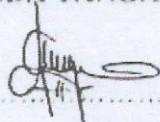
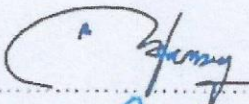
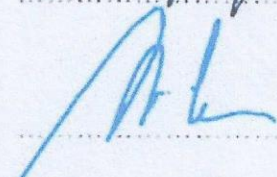
Nama Mahasiswa : Nurul Hanifah

NIM : 5315162835

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

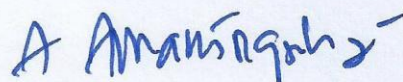
NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>I Wayan Sugita, S.T., M.T.</u> NIP. 197911142012121001 (Dosen Pembimbing 1)		07/02/2021
<u>Ragil Sukarno, M.T.</u> NIP. 197911022012121001 (Dosen Pembimbing 2)		07/02/2021

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Drs. Svaripuddin, M.Pd.</u> NIP. 196703211999031001 (Ketua)		09/02-'21
<u>Imam Mahir, M.Pd.</u> NIP. 198404182009121001 (Sekretaris)		08-02-2021
<u>Drs. Adi Tri Tyassmadi, M.Pd.</u> NIP. 196105211986021001 (Dosen Ahli)		10/02/2021

Tanggal Lulus : 04 Februari 2021

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Universitas Negeri Jakarta



Aam Amaningsih Jumlur, Ph.D.
NIP. 197110162008122001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI (III)

OPTIMASI SISTEM PENDINGIN (*CHILLER*) UNTUK INSTALASI
PENYIMPANAN SEMENTARA BAHAN BAKAR NUKLIR BEKAS
DI BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

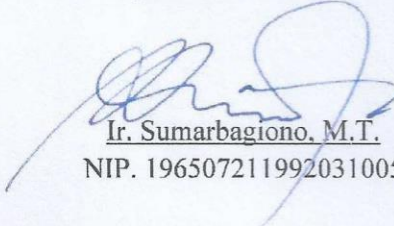
Oleh
NURUL HANIFAH
5315162835

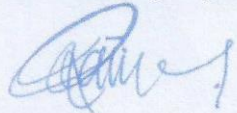
Telah disetujui dan disahkan oleh Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR)
Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) serta dinyatakan telah memenuhi syarat

Disetujui oleh :

Kepala PTLR - BATAN

Pembimbing Lapangan

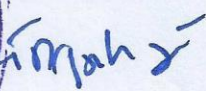

Ir. Sumarbagiono, M.T.
NIP. 196507211992031005


Dr. Dipl.-Ing. Ratiko, M.T.
NIP. 197209061992021002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Universitas Negeri Jakarta




Anwar Mahy, Ph.D.
NIP. 197110162008122001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 03 Februari 2021

Yang membuat pernyataan



Nurul Hanifah

No. Reg. 5315162835



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

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

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Nurul Hanifah
NIM : 5315162835
Fakultas/Prodi : Teknik / Pendidikan Teknik Mesin
Alamat email : hnflulul98@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Optimasi Sistem Pendingin (Chiller) untuk Instalasi Penyimpanan Sementara
Bahan Bakar Nuklir Bekas di Badan Tenaga Nuklir Nasional

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 23 Februari 2021

Penulis

(NURUL HANIFAH)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga saya berkesempatan untuk menyelesaikan penelitian yang diberi judul “Optimasi Sistem Pendingin (*Chiller*) untuk Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas di Badan Tenaga Nuklir Nasional” tepat pada waktunya. Penelitian skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Program Studi Pendidikan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Saya menyadari bahwa penelitian ini tidak akan selesai tanpa bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Wayan Sugita, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I atas segala waktu dan kesabarannya untuk memberikan bimbingan, saran serta motivasi kepada penulis dalam penelitian ini.
2. Bapak Ragil Sukarno, M.T. selaku Dosen Pembimbing II atas segala waktu dan kesabarannya yang telah membimbing dan memberi masukan untuk penelitian saya ini.
3. Ibu Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D., selaku Ketua Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
4. Bapak Triyono, S.T., M.Eng. selaku Penasehat Akademik yang telah membimbing dan memberikan nasehat selama perkuliahan.
5. Admin Teknik Mesin yang telah membantu dalam segala administrasi perkuliahan.
6. Bapak Dr. Ratiko, M.T. selaku Dosen Pembimbing Lapangan di PTLR – BATAN Puspipstek Serpong atas segala waktu dan kesabarannya untuk memberikan bimbingan serta arahan mulai dari awal penelitian hingga selesai.
7. Seluruh *staff* PTLR – BATAN Puspipstek Serpong yang telah memberikan informasi selama penelitian.

8. Bapak Parjono S.T. selaku Teknisi di Bidang Pengembangan Fasilitas Limbah di IPSB3 BATAN yang telah banyak membantu dan memberikan informasi serta arahan selama penelitian ini.
9. Ibu Dr. Uswatun Hasanah, M.Si., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
10. Kedua Orang Tua dan Adik yang selalu memberikan dukungan serta doa yang tiada henti sampai saat ini sehingga skripsi saya dapat selesai.
11. Teman-teman seperjuangan mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan dan motivasi.

Saya menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, baik dalam sistematika penulisan maupun isinya. Oleh karena itu, saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk penyempurnaan dalam penulisan di masa mendatang. Saya berharap kepada Allah SWT semoga membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Dan penulis berharap skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua orang.

Jakarta, 1 Januari 2021

Penyusun,

Nurul Hanifah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI (II).....	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI (III)	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Perumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORITIK.....	6
2.1 Sistem Pendingin	6
2.1.1 Definisi Sistem Pendingin.....	6
2.1.2 Siklus Sistem Pendingin.....	6
2.1.3 Komponen Sistem Pendingin	8
2.1.4 Media Pendingin	10
2.1.5 <i>Chiller</i>	12
2.1.6 <i>Coefficient of Performance (COP)</i>	12
2.2 Sistem Tata Udara	13
2.3 Gedung IPSB3.....	14

2.4	Multi-Objective Optimization.....	16
DAFTAR ISI		
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		24
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.2.1	Alat Penelitian	24
3.2.2	Perangkat Lunak (<i>software</i>).....	28
3.3	Diagram Alur Penelitian	31
3.4	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	32
3.5	Teknik Analisis Data.....	33
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Deskripsi Hasil Penelitian	35
4.2	Analisis Data Penelitian	35
4.2.1	Analisis Data Konsumsi Daya <i>Chiller</i>	35
4.2.2	Analisis Data <i>Cooling Load</i>	38
4.2.3	Analisis Optimasi dengan <i>Software</i>	41
4.3	Pembahasan.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN.....		61
RIWAYAT HIDUP		87

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Jenis dan sifat refrigeran	11
Tabel 2.2	Sifat-sifat kontaminan	18
Tabel 3.1	Spesifikasi teknis <i>chiller</i>	25
Tabel 4.1	Data konsumsi daya <i>chiller</i>	36
Tabel 4.2	Data maksimum dan rerata <i>cooling load</i>	41
Tabel 4.3	<i>Decision variables</i>	42
Tabel 4.4	Nilai fungsi objektif dan <i>decision variables</i> dari <i>pareto front</i>	48
Tabel 4.5	Nilai <i>decision variables</i> hasil dari optimasi	53
Tabel 4.6	Nilai analisis optimasi pada <i>safety function</i>	53
Tabel 4.7	Nilai analisis optimasi pada <i>cost function</i>	54



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Siklus sistem pendingin kompresi	6
Gambar 2.2	Diagram P-h sistem refrigerasi kompresi uap	7
Gambar 2.3	Kompresor	8
Gambar 2.4	Kondenser	9
Gambar 2.5	Evaporator	10
Gambar 2.6	<i>Chiller</i>	12
Gambar 2.7	Gedung IPSB3	15
Gambar 2.8	Skema sistem pendingin di IPSB3	16
Gambar 2.9	Laju perubahan udara vs konsentrasi <i>iodine-131</i>	20
Gambar 2.10	Tekanan udara negatif vs konsentrasi <i>iodine-131</i>	20
Gambar 2.11	Temperatur vs konsentrasi <i>iodine-131</i>	21
Gambar 3.1	<i>Chiller</i> IPSB3	24
Gambar 3.2	PQA HIOKI 3197	26
Gambar 3.3	Tombol <i>power</i> pada PQA HIOKI 3197	26
Gambar 3.4	<i>Setting</i> waktu pada PQA HIOKI 3197	27
Gambar 3.5	Rangkaian PQA HIOKI 3197 pada Panel	27
Gambar 3.6	<i>Key Pad</i> pada PQA HIOKI 3197	27
Gambar 3.7	Transfer data PQA HIOKI 3197	28
Gambar 3.8	Tampilan <i>software</i> matlab 2020A	29
Gambar 3.9	Tampilan <i>software</i> refprop	29
Gambar 3.10	Tampilan <i>software</i> sketch up pro 2019	30
Gambar 3.11	Diagram alur penelitian optimasi <i>Chiller</i>	31
Gambar 4.1	Desain IPSB3 menggunakan <i>sketch up</i>	38
Gambar 4.2	Grafik <i>cooling load</i> selama satu tahun	39
Gambar 4.3	Grafik <i>cooling load</i> selama satu bulan	40
Gambar 4.4	Grafik <i>cooling load</i> selama satu hari	40
Gambar 4.5	Kotak dialog <i>optimization tool</i>	46

Gambar 4.6	<i>Pareto front</i> pada keseluruhan optimasi	47
Gambar 4.7	<i>Pareto front</i> pada kondisi optimal	52
Gambar 4.8	Hasil analisis optimasi pada <i>safety function</i>	54
Gambar 4.9	Hasil analisis optimasi pada <i>cost function</i>	55



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran	Halaman
1	Permohonan Izin Mengadakan Penelitian untuk Penulisan Skripsi	62
2	Persetujuan Penelitian Skripsi dari PTLR - BATAN	63
3	Katalog kondisi desain <i>chiller</i>	64
4	Data spesifikasi PQA HIOKI 3197	67
5	Data konsumsi daya <i>chiller</i>	68
6	Desain gedung IPSB3 menggunakan <i>Sketch Up Pro 2019</i>	75
7	Pengukuran daya <i>blower</i>	76
8	Pengukuran debit udara masuk dan keluar pada <i>blower</i>	77
9	Perhitungan fungsi objektif hasil optimasi	78

