



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS DESAIN *REACTOR CAVITY COOLING*
SYSTEM PADA REAKTOR NUKLIR BERPENDINGIN
GAS (HTGR) MENGGUNAKAN *SOFTWARE*
TERMOHIDROLIK**

SKRIPSI
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh :
Rijag Putra
NIM. 2102421010

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS DESAIN *REACTOR CAVITY COOLING*
SYSTEM PADA REAKTOR NUKLIR BERPENDINGIN
GAS (HTGR) MENGGUNAKAN *SOFTWARE*
TERMOHIDROLIK**

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi,
Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Rijag Putra

NIM. 2102421010

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2025**



”Skripsi ini kupersembahkan untuk ibu, ayah, bangsa dan almamater tercinta”

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

**ANALISIS DESAIN REACTOR CAVITY COOLING SYSTEM PADA
REAKTOR NUKLIR BERPENDINGIN GAS (HTGR) MENGGUNAKAN
SOFTWARE TERMOHIDROLIK**

Oleh :
Rijag Putra
NIM. 2102421010

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr. Eng. Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si., M.Eng.
NIP. 198901312019031009

Pembimbing 2

Dr. Ir. Surip Widodo, M.IT.
NIP.196503061989031004

Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.
NIP. 196605191990031002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**ANALISIS DESAIN REACTOR CAVITY COOLING SYSTEM PADA
REAKTOR NUKLIR BERPENDINGIN GAS (HTGR) MENGGUNAKAN
SOFTWARE TERMOHIDROLIK**

Oleh :

Rijag Putra

NIM. 2102421010

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 17 Juli 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Eng. Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si., M.Eng. NIP. 198901312019031009	Ketua		24/7/2025
2.	Dr. Ir. Surip Widodo, M.IT. NIP. 196503061989031004	Anggota		23/07 2025
3.	Rahmat Subarkah, S.T., M.T. NIP. 197601202003121001	Anggota		29/7/25
4.	Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. NIP. 196605191990031002	Anggota		24/7/25

Depok, 24 Juli 2025

Disahkan Oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE.
NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rijag Putra

NIM : 2102421010

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam skripsi telah saya kutip, dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Depok, 17 Juli 2025



Rijag Putra

NIM. 2102421010



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS DESAIN *REACTOR CAVITY COOLING SYSTEM* PADA REAKTOR NUKLIR BERPENDINGIN GAS (HTGR) MENGGUNAKAN *SOFTWARE* TERMOHIDROLIK

Rijag Putra¹⁾, Pribadi Mumpuni Adhi¹⁾, Surip Widodo²⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16425, Indonesia

²⁾Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), PUSPIPTEK Serpong, 15314, Indonesia

Email : rijag.putra.tm21@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat masih didominasi oleh pembangkit berbasis fosil, yang menghasilkan emisi CO₂ dan berkontribusi terhadap pemanasan global. Sebagai bagian dari upaya mencapai target Net Zero Emission 2060, energi nuklir menjadi solusi transisi energi bersih, khususnya melalui pengembangan reaktor High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR) oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Reaktor ini dilengkapi dengan sistem keselamatan pasif bernama Reactor Cavity Cooling System (RCCS), yang beroperasi tanpa komponen aktif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain dan kinerja RCCS pada HTGR menggunakan perangkat lunak termohidrolis RELAP5. Permasalahan utama yang dikaji adalah kelayakan desain RCCS eksisting pada daya 10 MWt jika digunakan pada skenario daya yang ditingkatkan menjadi 30 MWt. Metodologi mencakup pemodelan sistem RCCS berdasarkan data literatur dan spesifikasi teknis, serta simulasi untuk dua skenario daya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada daya 10 MWt, suhu inlet dan outlet air masing-masing sebesar 323 K (50°C) dan 329,4 K (56,4°C) dengan laju aliran massa 3,9 kg/s. Pada daya 30 MWt, suhu meningkat menjadi 337,2 K (64,05°C) dan 349,2 K (76,05°C) dengan laju aliran 6,2 kg/s. Sistem RCCS mampu menjaga kestabilan suhu dan aliran tanpa adanya pembentukan dua fasa, dan pressure drop sebesar 355.1 Pa pada daya 10 MWt dan 765.1 Pa pada daya 30 MWt. Dengan demikian, desain RCCS eksisting dinilai masih layak digunakan untuk HTGR berdaya 30 MWt, meskipun optimasi lebih lanjut disarankan guna meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem.

Kata Kunci : *Reactor Cavity Cooling System*, HTGR, RELAP5, Termohidrolis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALYSIS OF REACTOR CAVITY COOLING SYSTEM DESIGN IN HIGH TEMPERATURE GAS-COOLED REACTOR (HTGR) USING THERMOHYDRAULIC SOFTWARE

Rijag Putra¹⁾, Pribadi Mumpuni Adhi¹⁾, Surip Widodo²⁾

¹⁾Study Program of Bachelor of Applied Energy Generation Engineering Technology, Department of Mechanical Engineering, State Polytechnic of Jakarta, Kampus UI Depok, 16425, Indonesia

²⁾ Research Center for Nuclear Reactor Technology, National Research and Innovation Agency of Indonesia, PUSPIPTEK Serpong, 15314, Indonesia

Email : rijag.putra.tm21@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRACT

The increasing demand for electricity remains predominantly supplied by fossil fuel-based power plants, contributing significantly to CO₂ emissions and global warming. In support of Indonesia's commitment to achieving Net Zero Emissions by 2060, nuclear energy is regarded as a viable clean energy transition pathway, particularly through the development of the High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR) by the National Research and Innovation Agency (BRIN). The HTGR incorporates a passive safety feature known as the Reactor Cavity Cooling System (RCCS), which operates without active components. This study aims to evaluate the design and performance of the RCCS under varying thermal power conditions using the RELAP5 thermal-hydraulic code. The primary objective is to assess the feasibility of the existing 10 MWt RCCS design when the reactor power is increased to 30 MWt. The methodology involves system modeling based on literature data and technical specifications, followed by simulations for both 10 MWt and 30 MWt scenarios. Results indicate that at 10 MWt, inlet and outlet water temperatures are 323 K (50°C) and 329.4 K (56.4°C), respectively, with a mass flow rate of 3.9 kg/s and a pressure drop of 355.1 Pa. At 30 MWt, temperatures rise to 337.2 K (64.05°C) and 349.2 K (76.05°C), with a mass flow rate of 6.2 kg/s and a pressure drop of 765.1 Pa. The RCCS demonstrates stable thermal and flow performance without two-phase flow formation, and pressure drops remain within safe limits. Thus, the existing RCCS design is deemed feasible for operation at 30 MWt, although further design optimization is recommended to enhance system reliability and efficiency.

Keywords: *Reactor Cavity Cooling System, HTGR, RELAP5, Thermal-hydraulic*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Desain Reactor Cavity Cooling System Pada Reaktor Nuklir Berpendingin Gas (HTGR) Menggunakan Software Termohidrolik.** Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi sarjana terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan semangat, kekuatan, dan inspirasi terbesar dalam kehidupan penulis.
2. Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir, Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan dan mengerjakan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Jakarta.
5. Bapak Dr. Eng. Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan arahan hingga skripsi ini selesai.
6. Bapak Dr. Ir. Surip Widodo, M.IT. selaku pembimbing kedua yang telah membantu, membimbing dan memberikan arahan mengenai simulasi *software* sehingga skripsi ini dapat selesai.
7. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu pengetahuan, dukungan dan bantuan lainnya.
8. Saudara-saudara penulis yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam setiap proses yang penulis lalui.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

9. Teman-teman seperjuangan di BRIN yang telah membantu memberikan informasi dan masukan mengenai penelitian.
10. Teman-teman Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Angkatan 2021, yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik ini. Terima kasih atas kebersamaan, semangat dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama 4 tahun terakhir.
11. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan inspirasi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan terbuka menerima segala masukan dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak terutama pada bidang Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 17 Juli 2025
Penulis

Rijag Putra



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan Skripsi.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 Kinerja dan Keandalan	6
2.1.2 Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir.....	7
2.1.3 <i>High Temperature Gas-Cooled Reactor</i>	9
2.1.4 Pembangkit Listrik dan Uap-panas Industri (PeLUIt-40).....	14
2.1.5 <i>Reactor Cavity Cooling System</i>	16
2.1.6 <i>Thermal-hydraulic</i>	20



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.7	<i>Thermal Property Parameter</i>	28
2.1.8	<i>Software RELAP5</i>	29
2.2	Kajian Literatur	30
2.3	Kerangka Pemikiran	36
2.4	Pengembangan Hipotesis	37
BAB III		39
METODE PENELITIAN		39
3.1	Jenis Penelitian	39
3.1.1	Diagram Alir Penelitian	40
3.1.2	Penjelasan Diagram Alir Penelitian	40
3.2	Objek Penelitian	42
3.3	Metode Pengambilan Sampel	45
3.4	Jenis dan Sumber Data Penelitian	45
3.5	Metode Pengumpulan Data Penelitian	46
3.6	Metode Analisis Data	46
3.6.1	Analisis data Menggunakan RELAP5	47
3.6.2	Analisis Data Menggunakan Perhitungan Analitikal	57
3.6.3	<i>Boundary Conditions</i> dan <i>Initial Conditions</i> pada <i>Water Cooler</i>	58
BAB IV		60
HASIL DAN PEMBAHASAN		60
4.1	Perhitungan Analitikal	60
4.1.1	Perhitungan Perpindahan Panas Radiasi	60
4.1.2	Perhitungan Perpindahan Panas Konveksi Eksternal	62
4.1.3	Perhitungan Perpindahan Panas Konveksi Internal	62
4.1.4	Perhitungan Panas Diserap <i>Water Cooler</i>	63
4.2	Hasil Simulasi	64
4.2.1	Validasi Keakuratan Simulasi	64
4.2.2	Hasil Simulasi RCCS 10 MWt	69
4.2.3	Hasil Simulasi RCCS 30 MWt	74
BAB V		81
PENUTUP		81



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.1	Kesimpulan	81
5.2	Saran	82
	DAFTAR PUSTAKA	83
	LAMPIRAN	88





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi HTR-10.....	13
Tabel 2. 2 Spesifikasi RDE 10MWt.....	13
Tabel 2. 3 Konduktivitas Material	29
Tabel 2. 4 Kapasitas <i>Heat Specific Material</i>	29
Tabel 2. 5 Emisivitas Material	29
Tabel 3. 1 Spesifikasi <i>Water Loop System</i> HTR-10.....	43
Tabel 3. 2 Spesifikasi <i>Regulation Tank</i> HTR-10	43
Tabel 3. 3 Spesifikasi <i>Water Cooler</i> HTR-10.....	43
Tabel 3. 4 Spesifikasi <i>Air Cooler</i> HTR-10.....	44
Tabel 3. 5 Keterangan Nomor <i>Node</i>	51
Tabel 3. 6 Data Parameter RCCS HTR-10	54
Tabel 3. 7 <i>Heat Trasnfer Rate</i> Kondisi Operasi RCCS	55
Tabel 3. 8 <i>Flow Rate</i> Fluida dan <i>Max Temp</i> Kondisi Operasi RCCS	56
Tabel 4. 1 Temperatur CV dan CW	60

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema PLTN HTGR	8
Gambar 2. 2 HTR-10 dengan <i>Steam Generator</i>	10
Gambar 2. 3 Lokasi HTGR di Dunia	11
Gambar 2. 4 Desain HTR-10	12
Gambar 2. 5 Perbandingan Reaktor RDE dengan PeLUIt-40.....	15
Gambar 2. 6 Skema PeLUIt-40	15
Gambar 2. 7 Konsep Desain RCCS	17
Gambar 2. 8 Skema RCCS pada HTR-10	18
Gambar 2. 9 Geometri <i>Water Cooler</i> RCCS.....	19
Gambar 2. 10 Kerangka Pemikiran Penelitian	37
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 3. 2 Skema RCCS <i>Water Loop System</i>	44
Gambar 3. 3 Input Deck Komponen <i>Water Cooler Pipe</i>	48
Gambar 3. 4 Variasi Nodalization RCCS <i>Node 2 dan 4 Water Cooler</i>	49
Gambar 3. 5 Variasi Nodalization RCCS <i>Node 8 dan 10 Water Cooler</i>	50
Gambar 3. 6 Variasi Nodalization RCCS <i>Node 16 dan 20 Water Cooler</i>	50
Gambar 3. 7 Variasi Nodalization RCCS <i>Node 32 dan 40 Water Cooler</i>	51
Gambar 3. 8 <i>Input Deck Heat Structure Water Cooler</i>	53
Gambar 3. 9 <i>Input Deck General Table Heat Structure Water Cooler</i>	54
Gambar 3. 10 Distribusi Temperatur Setelah 18 Jam	57
Gambar 3. 11 <i>Input Deck Boundary Conditions</i> pada Komponen <i>Water Cooler</i> . 58	
Gambar 3. 12 <i>Input Deck Initial Conditions</i> pada Komponen <i>Water Cooler</i>	58
Gambar 3. 13 Nodalisasi atau Skematik Pada RCCS <i>Loop</i>	59
Gambar 4. 1 Grafik Distribusi Temperatur <i>Core Vessel</i> dan <i>Water Cooling Wall</i> 61	
Gambar 4. 2 Grafik Laju Aliran Massa Terhadap Jumlah <i>Node Water Cooler</i>	65
Gambar 4. 3 Grafik Temperatur Air Terhadap Jumlah <i>Node</i>	66
Gambar 4. 4 Grafik Simulasi Distribusi Temperatur Tidak Merata	67
Gambar 4. 5 Grafik Laju Aliran Massa Air Distribusi Temperatur Tidak Merata 68	
Gambar 4. 6 Grafik Temperatur Air <i>Water Cooler</i> Terhadap Waktu Simulasi....	69



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 7 Grafik Laju Aliran Massa dan Kecepatan Air 10 MWt	70
Gambar 4. 8 Grafik <i>Void Fraction</i> Daya 10 MWt	71
Gambar 4. 9 Tekanan Air Pada RCCS <i>Loop</i> 10 MWt	72
Gambar 4. 10 Grafik <i>Pressure Drop</i> Pada RCCS <i>Loop</i>	73
Gambar 4. 11 Temperatur Air <i>Water Cooler</i> 30 MWt	74
Gambar 4. 12 Grafik Laju Aliran Massa dan Kecepatan Air 30 MWt	75
Gambar 4. 13 Grafik <i>Void Fraction</i> 30 MWt	76
Gambar 4. 14 Grafik <i>Pressure Drop</i> 30 MWt	77
Gambar 4. 15 Grafik Tekanan Air pada RCCS <i>Loop</i> 30 MWt	78
Gambar 4. 16 Grafik Distribusi Temperatur Air pada RCCS <i>Loop</i> 10 dan 30 MWt	79

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulir F1 Dosen Pembimbing - 1	88
Lampiran 2. Formulir F1 Dosen Pembimbing - 2	89
Lampiran 3. Formulir F2 (Lembar Bimbingan dengan Dosen Pembimbing) - 1 .	90
Lampiran 4. Formulir F2 (Lembar Bimbingan dengan Dosen Pembimbing) - 2 .	91
Lampiran 5. Input <i>Deck Heat Structure pada Komponen Water Cooler</i>	92
Lampiran 6. Perhitungan Analitikal	93





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Energi listrik memiliki peran yang penting dalam kehidupan manusia. Dengan sangat pentingnya energi listrik bagi kehidupan, penggunaan energi listrik akan terus bertambah seiring berjalannya waktu. Saat ini, produksi energi listrik didominasi oleh pembangkit listrik yang menggunakan energi fosil. Ketergantungan penggunaan energi fosil ini akan memiliki dampak yang buruk seperti limbah gas CO₂ yang dihasilkan dari suatu pembangkit listrik fosil. Gas CO₂ yang merupakan salah satu golongan gas rumah kaca. Efek gas rumah kaca ini akan menyebabkan radiasi sinar infra merah dari bumi akan kembali ke permukaan bumi karena tertahan oleh gas rumah kaca. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya pemanasan global pada bumi [1]. Permasalahan tersebut dapat diatasi jika berhasilnya komitmen Indonesia menuju *Net Zero Emission* pada tahun 2060 atau lebih cepat dengan penggunaan energi terbarukan. Salah satu cara untuk transisi menuju energi terbarukan adalah dengan memanfaatkan energi nuklir atau Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).

Salah satu jenis PLTN yang diusulkan adalah berjenis *High Temperature Gas-cooled Reactor* (HTGR). HTGR merupakan reaktor bertemperatur tinggi yang menggunakan pendingin gas dan dirancang dengan *Low Enriched Uranium* (LEU). Reaktor ini merupakan jenis reaktor skala *Small Medium Reactor* (SMR) atau reaktor skala kecil menengah, yang mempunyai fitur keselamatan melekat dan sistem keselamatan pasif dengan mekanisme perpindahan panas alami dari konduksi, konveksi alami, dan radiasi termal [2].

Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) atau sekarang menjadi Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) berencana membangun reaktor daya eksperimental (RDE) untuk dapat melakukan eksperimen terkait dengan temperatur tinggi dan pemenuhan sebagian energi listrik untuk lingkungan kawasan PUSPIPEK. Sehubungan dengan hal tersebut maka dipilih reaktor yang memiliki daya berkisar antara 10 MWt hingga 30 MWt bertipe reaktor



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

gas temperatur tinggi (*High Temperatur Gas Reactor/HTGR*) [3]. Reaktor HTGR yang rencana dibangun oleh BRIN, mengacu pada desain 10 MWt *High Temperature Gas-cooled Reactor – Test Module* (HTR-10) milik China. HTR-10 memiliki keunggulan utama yaitu memiliki efisiensi termal yang tinggi dengan keselamatan pasif dan melekat yang handal dengan struktur bahan bakar *tristructural-isotropic* (TRISO) jenis *Pebble Bed* dengan siklus tertutup [4].

Reactor Cavity Cooling System (RCCS) merupakan salah satu sistem keselamatan dengan sistem pendingin pasif atau sirkulasi alami karena akan beroperasi tanpa menggunakan pompa mekanik/listrik [5]. RCCS akan membuang panas dari bejana reaktor dengan sirkulasi alami dari perbedaan densitas air, RCCS ini selalu beroperasi pada kondisi normal dan kecelakaan dengan sistem pendingin pasif penuh, oleh karena sistem ini tidak memerlukan intervensi dari operator atau tindakan dari sinyal aktuator listrik [2]. Kinerja RCCS sangat bergantung pada kemampuan komponen-komponennya dalam mentransfer panas melalui mekanisme radiasi, konduksi, dan konveksi secara alami. Oleh karena itu, perpindahan panas menjadi indikator utama dalam menilai seberapa handal RCCS dalam menjaga suhu reaktor tetap aman.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk menganalisis desain dan kinerja dari RCCS HTGR 10 MWt, yang akan dinaikkan daya HTGR-nya menjadi 30 MWt dengan desain RCCS untuk 10 MWt, menggunakan *software* simulasi termohidrolik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang akan dirumuskan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kinerja dari *reactor cavity cooling system* HTGR pada komponen *water cooler* dan *water loop system* menggunakan simulasi *software* yang tersedia di BRIN belum dilakukan
2. Pemodelan diperlukan untuk melihat kinerja dari desain RCCS HTGR berdaya 10 MWt dan 30 MWt, hal tersebut dilakukan guna mengetahui

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

bagaimana desain dari RCCS HTGR 10 MWt jika daya reaktornya dinaikkan menjadi 30 MWt.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Adapun pertanyaan penelitian in sebagai berikut :

1. Bagaimana simulasi software dapat digunakan untuk menganalisis kinerja dari *reactor cavity cooling system* HTGR?
2. Bagaimana keandalan dari *reactor cavity cooling system* pada HTGR berdaya 10MWt?
3. Apakah desain *reactor cavity cooling system* HTGR berdaya 10 MWt dapat digunakan untuk HTGR berdaya 30 MWt?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis kinerja dari *reactor cavity cooling system* HTGR pada komponen *water cooler* dan *water loop system* menggunakan simulasi *software*.
2. Menganalisis keandalan desain *reactor cavity cooling system* HTGR pada komponen *water cooler* dan *water loop system* berdaya 10 MWt untuk digunakan pada HTGR berdaya 30 MWt.
3. Menganalisis apakah desain dari *reactor cavity cooling system* HTGR pada komponen *water cooler* dan *water loop system* berdaya 10 MWt dapat digunakan pada HTGR berdaya 30 MWt

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini tidak meluas jauh dalam segi pembahasan, maka Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada analisis desain dan kinerja *reactor cavity cooling system* untuk HTGR berdaya 10 MWt yang akan dinaikkan daya HTGR-nya menjadi 30 MWt pada komponen *water cooler* dan *water loop system*.
2. Penelitian ini hanya berfokus pada analisis termohidrolik pada *reactor cavity cooling system*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Reactor Excursion Leak Analysis Program* (RELAP5) untuk analisis termohidrolik.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat dihasilkan dari penelitian ini, yaitu :

1. Mengurangi biaya dan waktu eksperimen dalam penelitian *reactor cavity cooling system* HTGR.
2. Menambah wawasan bagi penulis dan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta mengenai *reactor cavity cooling system* pada reaktor nuklir berpendingin gas (HTGR)

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Berikut ini adalah sistematika dari penulisan skripsi, yaitu:

a. Bagian Awal

Halaman Sampul, Halaman Judul, Halaman Persembahan, Halaman Persetujuan, Halaman Pengesahan, Halaman Pernyataan Orisinalitas, Abstrak dalam Bahasa Indonesia, Abstrak dalam Bahasa Inggris, Kata Pengantar, Daftar Isi, Daftar Tabel, Daftar Gambar, Daftar Lampiran, Daftar Istilah, dan Daftar Notasi.

b. Bagian Isi

- BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

- BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang berhubungan dalam penelitian literatur yang dapat membantu berjalannya penelitian ini.

- BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang jenis penelitian, objek penelitian, metode pengambilan sampel, jenis dan sumber data penelitian, alur penelitian, pengumpulan data penelitian, pengolahan data, dan analisis data.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan uraian hasil rancangan, spesifikasi, dan konsep simulasi serta membahas secara terperinci tujuan dari tugas akhir.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil pengolahan data dan pembahasan serta saran bagian penelitian selanjutnya. Kesimpulan harus sesuai dengan tujuan penelitian dan bisa menyelesaikan rumusan masalah.

c. Bagian Akhir

- **DAFTAR PUSTAKA**
- **LAMPIRAN**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis termohidrolik pada desain Reactor Cavity Cooling System (RCCS) untuk reaktor HTGR dengan daya 10 MWt dan 30 MWt, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil simulasi menggunakan *software* menunjukkan bahwa pada daya 10 MWt temperatur *inlet* dan *outlet* pada komponen *water cooler* berada di angka 323 K dan 329,4 K dengan *mass flow* sebesar 3.9 kg/s serta pada daya 30 MWt, temperatur *inlet* dan *outlet* pada komponen *water cooler* berada di angka 337.2 K dan 349.2 K dengan *massflow* sebesar 6.2 kg/s. berdasarkan data dari hasil simulasi, sistem RCCS mampu menjaga kestabilan suhu dan aliran fluida di dalam water cooler dan water loop system. Proses perpindahan panas berlangsung efektif melalui mekanisme konveksi dan radiasi tanpa pembentukan dua fasa. Hal ini menandakan bahwa kinerja RCCS masih optimal meskipun daya reaktor meningkat.
2. Keandalan sistem RCCS tetap terjaga meskipun terjadi peningkatan daya hingga 30 MWt. Sistem tetap mampu beroperasi secara pasif tanpa komponen aktif, menjaga temperatur struktur reaktor di bawah batas aman, serta menunjukkan pressure drop sebesar 355.1 Pa pada daya 10 MWt dan 765.1 Pa pada daya 30 MWt, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem RCCS memiliki keandalan yang cukup baik untuk skala daya yang lebih tinggi.
3. Berdasarkan hasil analisis dan simulasi, desain dari RCCS HTGR berdaya 10 MWt masih layak dan dapat digunakan pada HTGR berdaya 30 MWt. Meski demikian, untuk menjamin keselamatan dan efisiensi jangka panjang, pengembangan lanjutan dan optimasi desain tetap disarankan, terutama pada aspek geometri sistem, kapasitas *heat exchanger* pada *air cooler*, dan material komponen agar dapat beradaptasi lebih baik terhadap peningkatan beban kerja termal.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

1. Peningkatan Akurasi Model Geometri

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar model geometri RCCS yang digunakan dalam simulasi lebih disesuaikan secara rinci dengan kondisi nyata, termasuk komponen minor seperti fitting, belokan pipa, dan variasi diameter, agar hasil simulasi *pressure drop* dan distribusi temperatur semakin mendekati kondisi operasional aktual.

2. Evaluasi Lebih Lanjut terhadap Asumsi *Heat Flux*

Dalam penelitian ini, asumsi bahwa nilai heat flux (Q) meningkat secara linear tiga kali lipat sebanding dengan peningkatan daya dari 10 MWt ke 30 MWt dapat memberikan pendekatan awal yang praktis, namun tidak sepenuhnya merepresentasikan kondisi nyata. Oleh karena itu, disarankan agar penelitian selanjutnya melakukan kajian sensitivitas terhadap variasi nilai *heat flux*.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. T. Harjanto, “Dampak lingkungan pusat listrik tenaga fosil dan prospek pltn sebagai sumber energi listrik nasional,” *PIN Pengelolaan Instal. Nukl.*, vol. 1, no. 01, 2016.
- [2] M. JUARSA, “DISTRIBUSI TEMPERATUR RISER PADA POSISI VERTIKAL SELAMA PROSES PEMANASAN MENGGUNAKAN HEATER TIPE-PLAT DI UNTAI UJI RCCS-HTGR”.
- [3] A. I. R. D. E. JENIS, “ANALISIS INVENTORI REAKTOR DAYA EKSPERIMENTAL JENIS REAKTOR GAS TEMPERATUR TINGGI”.
- [4] E. S. SEMBIRING, S. T. Alexander Agung, and M. Subekti, “Analisis Karakteristik Aliran Fluida Primer dan Perpindahan Panas pada Teras 10 MWt High Temperature Gas Cooled Reactor-Test Module (HTR-10) pada Kondisi Ajek dan Transien Menggunakan FLUENT 6.3 Model 3 Dimensi,” *Yogyakarta Dep. Tek. Nukl. dan Tek. Fis. Fak. Tek. Univ. Gadjah Mada*, 2018.
- [5] R. K. Kusumastuti *et al.*, “Rancang Bangun Heater Element Segment pada Rangkaian Sistem Reactor Cavity Cooling RDNK,” *J. Pengemb. Energi Nukl.*, vol. 23, no. 1, pp. 19–27, 2021.
- [6] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, and A. S. Lavine, *Fundamentals of heat and mass transfer*, vol. 6. Wiley New York, 1996.
- [7] C. E. Ebeling, *An introduction to reliability and maintainability engineering*. Waveland Press, 2019.
- [8] H. F. Niessen and S. Ball, *Heat transport and afterheat removal for gas cooled reactors under accident conditions*. IAEA, 2000.
- [9] W. Martin, “Nuclear Power,” 2025. <https://www.britannica.com/technology/nuclear-power> (accessed Jan. 24, 2025).
- [10] B. Zohuri and B. Zohuri, “Hydrogen Production Plant,” *Nucl. Energy Hydrog. Gener. through Intermed. Heat Exch. A Renew. Source Energy*, pp. 61–121, 2016.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [11] M. A. Widiawaty and M. Dede, “Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir di Indonesia (Upaya Berkelanjutan Menuju Net Zero Emission),” 2023.
- [12] “What is HTGR?,” *Japan Atomic Energy Agency*. <https://www.jaea.go.jp/04/o-arai/nhc/en/faq/> (accessed Jan. 24, 2025).
- [13] Z. Zhang *et al.*, “Current status and technical description of Chinese 2× 250 MWth HTR-PM demonstration plant,” *Nucl. Eng. Des.*, vol. 239, no. 7, pp. 1212–1219, 2009.
- [14] H. Goto, D. Cameron, and J. H. Keppler, “High-temperature gas-cooled reactors and industrial heat applications,” *Nucl. Technol. Dev. Econ. Nucl. Energy Agency*, pp. 2006–2022, 2022.
- [15] “Very High Temperature Reactor.” https://www-gen--4-org.translate.goog/generation-iv-criteria-and-technologies/very-high-temperature-reactor-vhtr?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=imgs
- [16] S. Sun, Y. Zhang, and Y. Zheng, “Research on Influence of Different Simulation Methods of Bypass Flow in Thermal Hydraulic Analysis on Temperature Distribution in HTR-10,” *Sci. Technol. Nucl. Install.*, vol. 2020, no. 1, p. 4754589, 2020.
- [17] IAEA, *SMALL MODULAR REACTOR TECHNOLOGY CATALOGUE*, First Edit. Austria, 2024.
- [18] H. Adrial and A. Hamzah, “Control Rod Reactivity Analysis of One Stuck Rod Condition in 10 MWth Experimental Reactor Conceptual Design (RDE-10 MWth) on First Full Core,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2019, p. 22032.
- [19] S. Hafish Ali, “PERANCANGAN STRUKTUR REAKTOR PRESSURE VESSEL (RPV) PADA REAKTOR NUKLIR 40 MWt (PeLUIt-40).” Politeknik Negeri Jakarta, 2023.
- [20] E. Sumarno, K. Santosa, K. Indrakoesoema, and K. Handono, “Electrical Design For Helium Purification and Supply System of RDE,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2019, p. 52001.
- [21] M. Susmikanti, M. Yunus, H. Tjahjono, R. Kusumastuti, and J. B. Sulistyono,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- “The analysis of air-cooled heat exchanger for Reactor Cavity Cooling System (RCCS) on Experimental Power Reactor (RDE) design,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2020, p. 12001.
- [22] R. Kusumastuti *et al.*, “Reactor cavity cooling system with passive safety features on RDE: Thermal analysis during accident,” *J. Teknol. Reakt. Nukl. TRI DASA MEGA*, vol. 21, no. 2, pp. 87–93, 2019.
- [23] P. A. Rasheed, S. K. Nayar, I. Barsoum, and A. Alfantazi, “Degradation of concrete structures in nuclear power plants: A review of the major causes and possible preventive measures,” *Energies*, vol. 15, no. 21, p. 8011, 2022.
- [24] B. Pomaro, “A review on radiation damage in concrete for nuclear facilities: from experiments to modeling,” *Model. Simul. Eng.*, vol. 2016, no. 1, p. 4165746, 2016.
- [25] O. Arioiz, “Effects of elevated temperatures on properties of concrete,” *Fire Saf. J.*, vol. 42, no. 8, pp. 516–522, 2007.
- [26] P. Reiterman, O. Holčapek, M. Jogl, and P. Konvalinka, “Physical and mechanical properties of composites made with aluminous cement and basalt fibers developed for high temperature application,” *Adv. Mater. Sci. Eng.*, vol. 2015, no. 1, p. 703029, 2015.
- [27] R. Kusumastuti, H. Tjahjono, T. Setiadipura, and M. Pancoko, “The RCCS thermal analysis during the station blackout accident of RDE,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2021, p. 12037.
- [28] H. Zhao, Y. Dong, Y. Zheng, T. Ma, and X. Chen, “Numerical simulation on heat transfer process in the reactor cavity of modular high temperature gas-cooled reactor,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 125, pp. 1015–1024, 2017.
- [29] Y. A. cengel and J. M. Cimbala, *Fluid Mechanics; Fundamental and Application*, no. Mi. 2014.
- [30] A. R. Antariksawan, S. Widodo, M. Juarsa, D. Haryanto, M. H. Kusuma, and N. Putra, “Numerical study on natural circulation characteristics in FASSIP-02 experimental facility using RELAP5 code,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 2018, p. 12090.
- [31] M. Yunus, R. Kusumastuti, and M. Subekti, “Heat transfer simulation in



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- reactor cavity cooling system for experimental power reactor (RDE),” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2021, p. 12034.
- [32] J. Kořátková, J. Zatloukal, P. Reiterman, J. Patera, Z. Hlaváč, and P. Brabec, “The effect of elevated temperatures and nuclear radiation on the properties of biological shielding concrete,” *Key Eng. Mater.*, vol. 677, pp. 8–16, 2016.
- [33] N. E. Todreas and M. S. Kazimi, *Nuclear systems volume I: Thermal hydraulic fundamentals*. CRC press, 2021.
- [34] Y. A. Cengel and A. J. Ghajar, *Heat and Mass Transfer (in SI units)*. McGraw-Hill Education-Europe, London, 2014.
- [35] L. Capone, C. E. Perez, and Y. Hassan, “Experimental Investigation of Reactor Cavity Cooling System (RCCS) for a Very High Temperature Reactor (VHTR),” in *International Conference on Nuclear Engineering*, 2010, pp. 729–738.
- [36] M. Basha, S. M. Shaahid, and L. M. Al-Hems, “Effect of water cut on pressure drop of oil (D130)-water flow in 4 "Horizontal Pipe,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, 2018, p. 12002.
- [37] Y. Cengel and J. Cimbala, *Ebook: Fluid mechanics fundamentals and applications (si units)*. McGraw Hill, 2013.
- [38] S. Dibyo, S. Widodo, I. Susyadi, and D. Irianto, “PENGEMBANGAN MODEL PRESSURIZER MENGGUNAKAN RELAP5”.
- [39] A. Nurmawan, S. Suroso, and H. Tanujaya, “Analisis Perbandingan Kinerja Perangkat Bahan Bakar Pltn Tipe Pwr Ap 1000 Dan Pwr 1000 Mwe Tipikal Dengan Menggunakan Program Komputer,” *POROS*, vol. 12, no. 1, pp. 1–9, 2014.
- [40] T. D. Roberto, A. Alvim, and C. M. F. Lapa, “Scale analysis of decay heat removal system between HTR-10 and HTR-PM reactors under accidental conditions,” 2017.
- [41] A. R. Antariksawan, S. Widodo, M. Juarsa, Giarno, M. H. Kusuma, and N. Putra, “Preliminary investigation of natural circulation stability in FASSIP-01 experimental facility using RELAP5 code,” in *AIP Conference*



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Proceedings, AIP Publishing LLC, 2018, p. 70003.

- [42] A. D. A. Putri *et al.*, “Modeling and thermal-hydraulic analysis of emergency cooldown tank (ECT) in passive residual heat removal system of the smart reactor using RELAP5 code,” *Prog. Nucl. Energy*, vol. 185, p. 105776, 2025.
- [43] P. P. Moniaga, I. I. Hakim, M. Juarsa, and P. H. Setiawan, “Reynolds and Grashof Numbers Analysis on Steady State Natural Circulation Flow using FASSIP-02 Large Scale Test Loop,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2025, p. 12022.
- [44] C. D. Fletcher and R. R. Schultz, “RELAP5/MOD3 code manual,” Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (United States). Div. of ..., 1992.
- [45] Y. Cengel, *Thermodynamic an Engineering Approach*, 5th ed.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulir F1 Dosen Pembimbing - 1

FORMULIR F1a

LEMBAR KESEDIAAN MEMBIMBING TUGAS AKHIR / SKRIPSI

Dengan ini saya nama : Dr. Eng. Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si., M.Eng.
menyatakan bersedia membimbing pembuatan Tugas Akhir/Skripsi dan membimbing revisi
Tugas Akhir / Skripsi (jika ada) Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri
Jakarta, berikut :

JUDUL TUGAS AKHIR / SKRIPSI	NAMA	PROGRAM STUDI
ANALISIS DESAIN REACTOR CAVITY COOLING SYSTEM PADA REAKTOR NUKLIR BERPENDINGIN GAS (HTGR) MENGGUNAKAN SOFTWARE TERMOHIDROLIK	RIJAG PUTRA	SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI

Demikian, atas perhatian dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Depok, 11 Juli 2025

Yang Menyatakan

Dr. Eng. Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si., M.Eng.
NIP. 198901312019031009



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2. Formulir F1 Dosen Pembimbing - 2

FORMULIR F1b

LEMBAR KESEDIAAN MEMBIMBING TUGAS AKHIR / SKRIPSI

Dengan ini saya nama : Dr. Ir. Surip Widodo, M.IT.

menyatakan bersedia membimbing pembuatan Tugas Akhir /Skripsi dan membimbing revisi Tugas Akhir / Skripsi (jika ada) Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, berikut :

JUDUL TUGAS AKHIR / SKRIPSI	NAMA	PROGRAM STUDI
ANALISIS DESAIN REACTOR CAVITY COOLING SYSTEM PADA REAKTOR NUKLIR BERPENDINGIN GAS (HTGR) MENGGUNAKAN SOFTWARE TERMOHIDROLIK	RIJAG PUTRA	SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI

Demikian, atas perhatian dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Tangerang Selatan, 10 Juli 2025

Yang Menyatakan

Dr. Ir. Surip Widodo, M.IT.
NIP. 196503061989031004



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3. Formulir F2 (Lembar Bimbingan dengan Dosen Pembimbing) - 1

FORMULIR F2a

**LEMBAR KONSULTASI BIMBINGAN TA / SKRIPSI
DAN KESIAPAN MENGIKUTI UJIAN**

JUDUL TUGAS AKHIR / SKRIPSI

ANALISIS DESAIN REACTOR CAVITY COOLING SYSTEM PADA
REAKTOR NUKLIR BERPENDINGIN GAS (HTGR)
MENGUNAKAN SOFTWARE TERMOHIDROLIK

NAMA MAHASISWA BIMBINGAN/NIM :

RIJAG PUTRA / 2102421010

PROGRAM STUDI : D4 Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

PEMBIMBING : Dr. Eng. Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si., M.Eng.

No	Tanggal	Bahasan	Pembimbing	Panitia
1.	16 April 2025	Memaparkan Penelitian yang dilakukan di BRIN		
2.	23 April 2025	Menghitung massflow max untuk daya 30 mwt		
3.	7 Mei 2025	Memaparkan Inputan untuk Software RELAP5		
4.	14 Mei 2025	Membahas hasil Simulasi RELAP5		
5.	21 Mei 2025	Membahas hasil Simulasi RELAP5		
6.	4 Juni 2025	Membahas hasil Simulasi dan menentukan nilai $\frac{G}{G_{cr}}$		
7.	11 Juni 2025	Membahas hasil Simulasi RELAP5		
8.	30 Juni 2025	Memaparkan Hasil Simulasi 30 mwt		
9.	7 Juli 2025	Revisi Bab 1, 2, 4		

Berdasarkan hasil pembimbingan mahasiswa diatas dinyatakan siap mengikuti ujian Tugas Akhir/ Skripsi.

Yang menyatakan,
Pembimbing

Dr. Eng. Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si., M.Eng.
NIP. 198901312019031009



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4. Formulir F2 (Lembar Bimbingan dengan Dosen Pembimbing) - 2

FORMULIR F2b

**LEMBAR KONSULTASI BIMBINGAN TA / SKRIPSI
DAN KESIAPAN MENGIKUTI UJIAN**

JUDUL TUGAS AKHIR / SKRIPSI

ANALISIS DESAIN REACTOR CAVITY COOLING SYSTEM PADA
REAKTOR NUKLIR BERPENDINGIN GAS (HTGR)
MENGUNAKAN SOFTWARE TERMOHIDROLIK

NAMA MAHASISWA BIMBINGAN/NIM :

RIJAG PUTRA / 2102421010

PROGRAM STUDI : D4 Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

PEMBIMBING : Dr. Ir. Surip Widodo, M.IT.

No	Tanggal	Bahasan	Pembimbing	Panitia
1.	21-01-2025	Pembahasan Topik Penelitian		
2.	4-02-2025	Bimbingan terkait software		
3.	10-02-2025	Pembahasan terkait simulasi		
4.	20-02-2025	Pembahasan terkait simulasi		
5.	26-02-2025	Pembahasan terkait simulasi		
6.	27-02-2025	Pembahasan terkait simulasi		
7.	13-03-2025	Pembahasan terkait simulasi		
8.	20-03-2025	Pembahasan terkait simulasi		
9.	17-04-2025	Pembahasan terkait simulasi		
10.	23-04-2025	Pembahasan terkait simulasi		
11.	24-04-2025	Pembahasan terkait simulasi		
12.	30-04-2025	Pembahasan terkait simulasi		
13.	08-05-2025	Pembahasan terkait simulasi		
14.	27-05-2025	Pembahasan terkait simulasi		
15.	12-06-2025	Penyelesaian simulasi		

Berdasarkan hasil pembimbingan mahasiswa diatas dinyatakan siap mengikuti ujian
Tugas Akhir/ Skripsi.

Yang menyatakan,
Pembimbing

Dr. Ir. Surip Widodo, M.IT.
NIP. 196503061989031004



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5. *Input Deck Heat Structure* pada Komponen *Water Cooler*

```

*-----Heat Structure 11-----*
*      num axial HS  num mesh geom type steady state con  left bound cond(m)
10011000 20          12      2      1          0.016      0
*      mesh loc mesh flag
10011100 0          1
*      intervals radius
10011101 11          0.021
*      compos. intervals
10011201 1          11
*      source intervals
10011301 0.0        11
*      temp  mesh point num
10011401 331.0      12
*      vol      inc      type code      factor      hs
10011501 110010000 10000 1      1      28.0        20
*      vol      inc      type code      factor      hs
10011601 0          0      2666 1      28.0        20
*      type mult D-lt D-rt hs
10011701 0      0.0  0.0  0.0  20
10011800 1
*      HT Dhydr LHEf LHEr LGSf LGSr Kfwd Krev Fboil nclf povd ff  hs
10011801 0.032    10.0 10.0 10.0 10.0 0.0  0.0  1.0  0.032  0.0  1.0 20
10011900 1
*      HT Dhydr LHEf LHEr LGSf LGSr Kfwd Krev Fboil nclf povd ff  hs
10011901 1.5      10.0 10.0 10.0 10.0 0.0  0.0  1.0  0.032  0.0  1.0 20

```

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6. Perhitungan Analitikal

Perhitungan Radiasi:

- 1) Menghitung *view factor* pada perpindahan panas secara radiasi menggunakan persamaan 2.12

$$F_{R \rightarrow C} = \frac{\varepsilon_R \cdot \varepsilon_C}{(\varepsilon_C - \frac{R_R}{R_C}(\varepsilon_R - \varepsilon_R \cdot \varepsilon_C))}$$

$$F_{R \rightarrow C} = \frac{0.8 \cdot 0.8}{(0.8 - \frac{2.17}{3.045}(0.8 - 0.8 \cdot 0.8))}$$

$$F_{R \rightarrow C} = 0.933$$

- 2) Menghitung luas permukaan RPV

$$A_{RPV} = \pi \cdot D_{RPV} \cdot H_{RPV}$$

$$A_{RPV} = \pi \cdot 4.34 \text{ m} \cdot 7.67 \text{ m}$$

$$A_{RPV} = 104.5767 \text{ m}^2$$

- 3) Menghitung luas permukaan CW

$$A_{CW} = \pi \cdot D_{CW} \cdot H_{CW} \cdot \text{Jumlah Pipa}$$

$$A_{CW} = \pi \cdot 0.042 \text{ m} \cdot 11.2 \text{ m} \cdot 100$$

$$A_{CW} = 147.7805 \text{ m}^2$$

- 4) Menghitung Perpindahan Panas Secara Radiasi Menggunakan Persamaan 2.11

$$Q = \sigma \cdot F_{R \rightarrow C} (T_{RPV}^4 - T_{CW}^4) \cdot A_{RPV} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_{RPV}} + \frac{A_{RPV}}{A_{CW}} \left(\frac{1}{\varepsilon_{CW}} - 1 \right)}$$

$$Q = 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 0.933 (492.08^4 - 327.65^4) \cdot 104.5767 \cdot$$

$$\frac{1}{\frac{1}{0.8} + \frac{104.5767}{147.7805} \left(\frac{1}{0.8} - 1 \right)}$$

$$Q = 182637.26 \text{ W}$$

Berdasarkan referensi [8], perpindahan panas secara radiasi pada annulus sebesar 80%, maka:

$$Q = 182637.26 \text{ W} \cdot 0.8$$

$$Q = 146109.8 \text{ W} \text{ atau } 146.11 \text{ kW}$$

Perhitungan Konveksi Eksternal:

- 1) Menghitung temperatur film sebagai berikut:

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$T_{Film} = \frac{T_{CV} + T_{CW}}{2}$$

$$T_{Film} = \frac{218.93 + 54.5}{2} = 136.715 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Karena pada ruang annulus berisi rongga udara, maka dilakukan perhitungan nilai properti udara pada temperatur 136.715 °C sebagai berikut [45]:

- 2) Menghitung nilai densitas udara menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

$$\rho = \rho_1 + \frac{T_1 - T}{T_1 - T_2} (\rho_2 - \rho_1)$$

$$\rho = 0.8977 + \frac{120 - 136.715}{120 - 140} (0.8542 - 0.8977)$$

$$\rho = 0.861345 \text{ kg/m}^3$$

- 3) Menghitung nilai viskositas dinamik udara menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

$$\mu = \mu_1 + \frac{T_1 - T}{T_1 - T_2} (\mu_2 - \mu_1)$$

$$\mu = 2.264 \cdot 10^{-5} + \frac{120 - 136.715}{120 - 140} (2.345 \cdot 10^{-5} - 2.264 \cdot 10^{-5})$$

$$\mu = 2.3317 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

- 4) Menghitung nilai viskositas kinematik udara menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

$$\nu = \nu_1 + \frac{T_1 - T}{T_1 - T_2} (\nu_2 - \nu_1)$$

$$\nu = 2.522 \cdot 10^{-5} + \frac{120 - 136.715}{120 - 140} (2.745 \cdot 10^{-5} - 2.522 \cdot 10^{-5})$$

$$\nu = 2.7084 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

- 5) Menghitung nilai konduktivitas termal udara menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

$$k = k_1 + \frac{T_1 - T}{T_1 - T_2} (k_2 - k_1)$$

$$k = 0.03235 + \frac{120 - 136.715}{120 - 140} (0.03374 - 0.03235)$$

$$k = 0.033512 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

- 6) Menghitung nilai *specific heat capacity* udara menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Cp = Cp_1 + \frac{T_1 - T}{T_1 - T_2} (Cp_2 - Cp_1)$$

$$Cp = 1.011 + \frac{120 - 136.715}{120 - 140} (1.013 - 1.011)$$

$$Cp = 1.0127 \text{ kJ/kg} \cdot K$$

- 7) Menghitung nilai koefisien ekspansi volume menggunakan rumus interpolasi dengan asumsi gas ideal sebagai berikut:

$$\beta = \frac{1}{T + 273.15}$$

$$\beta = \frac{1}{136.715 + 273.15} = \frac{1}{409.865} K^{-1}$$

Setelah mendapatkan nilai property udara pada temperatur 136.715 °C, selanjutnya menghitung nilai bilangan Grashof sebagai berikut:

- 8) Menghitung bilangan Grashof

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot L^3}{\nu^2}$$

$$Gr = \frac{9.81 \cdot \frac{1}{409.865} (218.93 - 54.5) \cdot 7.67^3}{(2.7084 \cdot 10^{-5})^2}$$

$$Gr = 2.4209 \cdot 10^{12}$$

- 9) Menghitung nilai bilangan Prandtl menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Pr = \frac{\mu Cp}{k}$$

$$Pr = \frac{2.3317 \cdot 10^{-5} \cdot 1012.7}{0.033512}$$

$$Pr = 0.7046$$

- 10) Menghitung bilangan Rayleigh menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Ra = Gr \cdot Pr$$

$$Ra = 2.4209 \cdot 10^{12} \cdot 0.7046$$

$$Ra = 1.7057 \cdot 10^{12}$$

- 11) Menghitung bilangan Nusselt menggunakan korelasi sebagai berikut[34]:

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2$$

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 \cdot (1.7057 \cdot 10^{12})^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{0.7046} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2$$

$$Nu = 1315.257$$

Setelah mendapatkan nilai pada bilangan Nusselt, selanjutnya menghitung nilai koefisien perpindahan panas secara konveksi (h).

12) Menghitung koefisien perpindahan panas konveksi sebagai berikut:

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k}$$

$$h = Nu \cdot \frac{k}{L}$$

$$h = 1315.257 \cdot \frac{0.033512}{7.67}$$

$$h = 5.7467 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Sehingga, laju perpindahan panas secara konveksi dari *core vessel* menuju *cooling water wall* adalah sebagai berikut:

$$Q = h \cdot A(\Delta T)$$

$$Q = 5.7467 \cdot 104.5767 (218.93 - 54.5)$$

$$Q = 98816.97 \text{ W}$$

Berdasarkan referensi[8], perpindahan panas secara konveksi pada annulus sebesar 20%, maka:

$$Q = 98816.97 \text{ W} \cdot 0.2$$

$$Q = 19763.4 \text{ W} \approx 19.7634 \text{ kW}$$

Pehitungan Konveksi Internal:

1) Menghitung temperatur film sebagai berikut:

$$T_{Film} = \frac{T_{CW} + T_{Air}}{2}$$

$$T_{Film} = \frac{54 + 53.2}{2} = 53.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Karena pada pipa *water cooler* berisi rongga air, maka dilakukan perhitungan nilai properti air pada temperatur 53.6 °C sebagai berikut [45]:

- 2) Menghitung nilai densitas air menggunakan rumus sebagai berikut[8]:

$$\rho = \rho_1 + \frac{T_1 - T}{T_1 - T_2} (\rho_2 - \rho_1)$$

$$\rho = 988.05 + \frac{50 - 53.6}{50 - 60} (983.2 - 988.05)$$

$$\rho = 984 \text{ kg/m}^3$$

- 3) Menghitung nilai viskositas dinamik air menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

$$\mu = \mu_1 + \frac{T_1 - T}{T_1 - T_2} (\mu_2 - \mu_1)$$

$$\mu = 0.547 \cdot 10^{-3} + \frac{50 - 53.6}{50 - 60} (0.466 \cdot 10^{-3} - 0.547 \cdot 10^{-3})$$

$$\mu = 0.000518 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

- 4) Menghitung nilai viskositas kinematik air menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

$$\nu = \nu_1 + \frac{T_1 - T}{T_1 - T_2} (\nu_2 - \nu_1)$$

$$\nu = 0.554 \cdot 10^{-6} + \frac{50 - 53.6}{50 - 60} (0.474 \cdot 10^{-6} - 0.554 \cdot 10^{-6})$$

$$\nu = 5.252 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

- 5) Menghitung nilai konduktivitas termal air menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

$$k = k_1 + \frac{T_1 - T}{T_1 - T_2} (k_2 - k_1)$$

$$k = 0.6305 + \frac{50 - 53.6}{50 - 55} (0.636 - 0.6305)$$

$$k = 0.63446 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

- 6) Menghitung nilai *specific heat capacity* udara menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

$$Cp = Cp_1 + \frac{T_1 - T}{T_1 - T_2} (Cp_2 - Cp_1)$$

$$Cp = 4.181 + \frac{50 - 53.6}{50 - 55} (4.182 - 4.181)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$C_p = 4.18172 \text{ kJ/kg} \cdot K$$

- 7) Menghitung nilai koefisien ekspansi volume menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

$$\beta = \frac{1}{T + 273.15}$$

$$\beta = \frac{1}{53.6 + 273.15} = \frac{1}{326.75} K^{-1}$$

Setelah mendapatkan nilai property air pada temperatur 53.6 °C, selanjutnya menghitung nilai bilangan Grashof sebagai berikut:

- 8) Menghitung bilangan Grashof

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot L^3}{\nu^2}$$

$$Gr = \frac{9.81 \cdot \frac{1}{326.75} \cdot (54 - 53.2) \cdot 11.2^3}{(5.252 \cdot 10^{-7})^2}$$

$$Gr = 1.2233 \cdot 10^{14}$$

- 9) Menghitung nilai bilangan Prandtl menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Pr = \frac{\mu C_p}{k}$$

$$Pr = \frac{0.000518 \cdot 4181.72}{0.63446}$$

$$Pr = 3.41$$

- 10) Menghitung bilangan Reynolds untuk mengetahui jenis aliran yang terdapat di dalam pipa RCCS menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Re = \frac{v \cdot l \cdot \rho}{\mu} = \frac{v \cdot l}{\nu}$$

Berdasarkan data pada publikasi [8] atau pada tabel 3.6 diatas, laju aliran massa fluida pada komponen *water cooler* dengan 1 loop adalah 3.9 kg/s. untuk menentukan kecepatan fluida yang terdapat pada *komponen water cooler* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$A = \pi \cdot r^2 \cdot \text{Jumlah pipa}$$

$$A = \pi \cdot 0.016^2 \cdot 50 = 0.0402 \text{ m}^2$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$v = \frac{3.9}{984 \cdot 0.0402} = 0.0986 \text{ m/s}$$

Selanjutnya, masukkan nilai v yang didapat ke dalam rumus bilangan reynolds, sehingga:

$$Re = \frac{0.0986 \cdot 0.032 \cdot 984}{0.000518}$$

$$Re = 5993.66$$

- 11) Menghitung bilangan Rayleigh menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Ra = Gr \cdot Pr$$

$$Ra = 1.2233 \cdot 10^{14} \cdot 3.41$$

$$Ra = 4.172 \cdot 10^{14}$$

- 12) Menghitung bilangan Nusselt dengan korelasi sebagai berikut[34]:

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2$$

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 \cdot (4.172 \cdot 10^{14})^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{3.41} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2$$

$$Nu = 9584.33$$

Setelah mendapatkan nilai pada bilangan Nusselt, selanjutnya menghitung nilai koefisien perpindahan panas secara konveksi (h).

- 13) Menghitung koefisien perpindahan panas konveksi sebagai berikut:

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k}$$

$$h = Nu \cdot \frac{k}{L}$$

$$h = 9584.33 \cdot \frac{0.63446}{11.2}$$

$$h = 542.94 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Sehingga, laju perpindahan panas secara konveksi dari *core vessel* menuju *cooling water wall* adalah sebagai berikut:

$$Q = h \cdot A(\Delta T)$$

$$Q = 542.92 \cdot 112.5947 \cdot (54 - 53.2)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Q = 48905.3 \text{ W} = 48.905 \text{ kW}$$

Setelah mendapatkan nilai Q pada perpindahan panas secara konveksi dalam, selanjutnya memvalidasi apakah perpindahan panas terjadi secara konveksi alami, konveksi paksa atau *mixed convection*.

- 14) Menentukan jenis perpindahan panas yang terjadi di dalam pipa *water cooler*, apakah *forced convection*, *mixed convection* atau *natural convection* dengan persamaan sebagai berikut[34]:

$$\text{Jenis Konveksi} = \frac{Gr}{Re^2}$$

$$\text{Jenis Konveksi} = \frac{1.2233 \cdot 10^{14}}{5993.66^2} = 3.4054 \cdot 10^6$$

Sehingga, $\frac{Gr}{Re^2} > 1$ mengindikasikan bahwa konveksi alami sangat dominan terjadi pada air di dalam pipa *water cooler*

Perhitungan panas yang di serap *water cooler*:

Untuk menghitung panas yang diserap oleh *water cooler* pada sistem RCCS, digunakan data dari tabel 3.6 diatas, sehingga:

$$\dot{Q}_{Air} = \dot{m} \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q}_{Air} = 7.8 \cdot 4.18172 \cdot (56.4 - 50)$$

$$\dot{Q}_{Air} = 208.75 \text{ kW}$$

Didapat bahwa panas yang diserap oleh air di dalam pipa-pipa *water cooler* sebesar 208.75 Kw. Selanjutnya, jumlah panas yang yang ditransfer dari reaktor secara ideal harus sama dengan jumlah panas yang diserap oleh air pada pipa *water cooler*. Sehingga, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Q_{Reaktor} = Q_{Air}$$

Di mana,

$$Q_{Reaktor} = Q_{Radiasi} + Q_{KonvLuar} + +Q_{KonvDalam}$$

$$Q_{Reaktor} = 146.11 \text{ kW} + 19.7634 \text{ kW} + 48.905 \text{ kW}$$

$$Q_{Reaktor} = 214.77 \text{ kW}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pressure Drop 10 MWt

Perhitungan *Pressure loss Mayor* Pipa Penghubung:

- 1) Menghitung Kecepatan air di pipa penghubung

$$A_{PipaPenghubung} = \pi \cdot r^2$$

$$A_{PipaPenghubung} = \pi \cdot 0.071^2$$

$$A_{PipaPenghubung} = 0.0158 \text{ m}^2$$

$$\dot{m}_{\text{air water cooler}} = 3.9 \text{ kg/s}$$

$$\rho_{\text{Pipa Penghubung}} = 987 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{\text{Pipa Penghubung}} = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$v_{\text{Pipa Penghubung}} = \frac{3.9}{987 \cdot 0.0158}$$

$$v_{\text{Pipa Penghubung}} = 0.2495 \text{ m/s}$$

- 2) Menghitung viskositas dinamik air pada pipa penghubung

$$\mu_{\text{Pipapenghubung}} = 0.547 \cdot 10^{-3} + \frac{50+56}{50-60} \cdot (0.466 \cdot 10^{-3} - 0.547 \cdot 10^{-3}) = 0.0005 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

- 3) Menghitung Reynolds *number* pada pipa penghubung

$$Re_{\text{Pipapenghubung}} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$Re_{\text{Pipapenghubung}} = \frac{987 \cdot 0.2495 \cdot 0.142}{0.0005} = 69938.5$$

- 4) Perhitungan *friction factor* menggunakan korelasi Blasius pada pipa penghubung

$$f = 0.3164 \cdot (Re)^{-0.25}$$

$$f = 0.3164 \cdot (69938.5)^{-0.25}$$

$$f = 0.0195$$

- 5) Perhitungan *Pressure loss mayor* pipa penghubung

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho v^2$$

$$H_f = 0.0195 \cdot \frac{43.8}{0.142} \cdot \frac{1}{2} \cdot 987 \cdot (0.2495)^2$$

$$H_f = 184.7 \text{ Pa}$$

Perhitungan *Pressure loss Mayor water cooler*:

- 1) Menghitung Kecepatan air di *water cooler*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$A_{Watercooler} = \pi \cdot r^2 \cdot \text{Jumlah pipa}$$

$$A_{Watercooler} = \pi \cdot 0.016^2 \cdot 50$$

$$A_{Watercooler} = 0.0402 \text{ m}^2$$

$$\dot{m}_{\text{air water cooler}} = 3.9 \text{ kg/s}$$

$$\rho_{\text{Water cooler}} = 988 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{\text{Water cooler}} = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$v_{\text{Water cooler}} = \frac{3.9}{988 \cdot 0.0402}$$

$$v_{\text{water cooler}} = 0.0982 \text{ m/s}$$

- 2) Menghitung viskositas dinamik air pada *water cooler*

$$\mu_{\text{watercooler}} = 0.547 \cdot 10^{-3} + \frac{50+56}{50-60} \cdot (0.466 \cdot 10^{-3} - 0.547 \cdot 10^{-3}) = 0.0005 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

- 3) Menghitung Reynolds number pada *water cooler*

$$Re_{\text{watercooler}} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$Re_{\text{watercooler}} = \frac{988 \cdot 0.0982 \cdot 0.032}{0.0005} = 6209$$

- 4) Perhitungan *friction factor* menggunakan korelasi Blasius pada *water cooler*

$$f = 0.3164 \cdot (Re)^{-0.25}$$

$$f = 0.3164 \cdot (6209)^{-0.25}$$

$$f = 0.0356$$

- 5) Perhitungan *Pressure loss* mayor *water cooler*

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho v^2$$

$$H_f = 0.0356 \cdot \frac{11.2}{0.032} \cdot \frac{1}{2} \cdot 988 \cdot (0.0982)^2$$

$$H_f = 59,36 \text{ Pa}$$

Perhitungan *Pressure loss* Mayor *air cooler*:

- 1) Menghitung Kecepatan air di *air cooler*

$$A_{\text{aircooler}} = \pi \cdot r^2 \cdot \text{Jumlah pipa}$$

$$A_{\text{aircooler}} = \pi \cdot 0.01^2 \cdot 60$$

$$A_{\text{aircooler}} = 0.0188 \text{ m}^2$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\dot{m}_{\text{air air cooler}} = 3.9 \text{ kg/s}$$

$$\rho_{\text{air cooler}} = 987 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{\text{air cooler}} = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$v_{\text{air cooler}} = \frac{3.9}{987 \cdot 0.0188}$$

$$v_{\text{air cooler}} = 0.2094 \text{ m/s}$$

- 2) Menghitung viskositas dinamik air pada *air cooler*

$$\mu_{\text{aircooler}} = 0.547 \cdot 10^{-3} + \frac{50+56}{50-60} \cdot (0.466 \cdot 10^{-3} - 0.547 \cdot 10^{-3}) = 0.0005 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

- 3) Menghitung Reynolds number pada *air cooler*

$$Re_{\text{aircooler}} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$Re_{\text{aircooler}} = \frac{988 \cdot 0.2094 \cdot 0.02}{0.0005} = 8275.5$$

- 4) Perhitungan *friction factor* menggunakan korelasi Blasius pada *air cooler*

$$f = 0.3164 \cdot (Re)^{-0.25}$$

$$f = 0.3164 \cdot (8275.5)^{-0.25}$$

$$f = 0.0331$$

- 5) Perhitungan *Pressure loss* mayor pipa *air cooler*

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho v^2$$

$$H_f = 0.0331 \cdot \frac{3}{0.02} \cdot \frac{1}{2} \cdot 987 \cdot (0.2094)^2$$

$$H_f = 107.71 \text{ Pa}$$

Perhitungan *Pressure loss* minor *water cooler*

- 1) Menghitung *sudden contraction* pada *water cooler*

$$K = 0.5 \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2$$

$$K = 0.5 \left(1 - \frac{0.0158}{0.0402}\right)^2$$

$$K = 0.1812$$

- 2) Menghitung *sudden expansion* pada *water cooler*

$$K = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$K = \left(1 - \frac{0.0158}{0.0402}\right)^2$$

$$K = 0.3624$$

- 3) Menghitung *Pressure loss* karena *sudden contraction*

$$H_m = k \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$H_m = 0.1812 \cdot \frac{1}{2} \cdot 988 \cdot 0.0982^2$$

$$H_m = 0.86 \text{ Pa}$$

- 4) Menghitung *Pressure loss* karena *sudden expansion*

$$H_m = k \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$H_m = 0.3624 \cdot \frac{1}{2} \cdot 988 \cdot 0.0982^2$$

$$H_m = 1.72 \text{ Pa}$$

Perhitungan *Pressure loss minor air cooler*

- 1) Menghitung *sudden contraction* pada *air cooler*

$$K = 0.5 \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2$$

$$K = 0.5 \left(1 - \frac{0.0158}{0.0188}\right)^2$$

$$K = 0.0127$$

- 2) Menghitung *sudden expansion* pada *air cooler*

$$K = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2$$

$$K = \left(1 - \frac{0.0158}{0.0188}\right)^2$$

$$K = 0.0254$$

- 3) Menghitung *Pressure loss* karena *sudden contraction*

$$H_m = k \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$H_m = 0.0127 \cdot \frac{1}{2} \cdot 988 \cdot 0.2094^2$$

$$H_m = 0.275 \text{ Pa}$$

- 4) Menghitung *Pressure loss* karena *sudden expansion*

$$H_m = k \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$H_m = 0.0254 \cdot \frac{1}{2} \cdot 988 \cdot 0.2094^2$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$5) H_m = 0.55 \text{ Pa}$$

- 6) Menghitung *pressure drop* total

$$\text{Pressure drop total} = \text{Head loss mayor} + \text{head loss minor}$$

$$\text{Pressure drop total} = 184.7 + 59.36 + 107.71 + 0.86 + 1.72 + 0.275 + 0.55$$

$$\text{Pressure drop total} = 355.1 \text{ Pa}$$

Pressure Drop 30 MWt

Perhitungan *Pressure loss Mayor* Pipa Penghubung:

- 1) Menghitung Kecepatan air di pipa penghubung

$$A_{\text{PipaPenghubung}} = \pi \cdot r^2$$

$$A_{\text{PipaPenghubung}} = \pi \cdot 0.071^2$$

$$A_{\text{PipaPenghubung}} = 0.0158 \text{ m}^2$$

$$\dot{m}_{\text{air water cooler}} = 6.2 \text{ kg/s}$$

$$\rho_{\text{Pipa Penghubung}} = 977.8 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{\text{Pipa Penghubung}} = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$v_{\text{Pipa Penghubung}} = \frac{3.9}{977.8 \cdot 0.0158}$$

$$v_{\text{Pipa Penghubung}} = 0.4004 \text{ m/s}$$

- 2) Menghitung viskositas dinamik air pada pipa penghubung

$$\mu_{\text{Pipapenghubung}} = 0.403 \cdot 10^{-3} + \frac{70+76}{70-70} \cdot (0.354 \cdot 10^{-3} - 0.403 \cdot 10^{-3}) = 0.0004 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

- 3) Menghitung Reynolds *number* pada pipa penghubung

$$Re_{\text{Pipapenghubung}} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$Re_{\text{Pipapenghubung}} = \frac{977.8 \cdot 0.4004 \cdot 0.142}{0.0004} = 138986.45$$

- 4) Perhitungan *friction factor* menggunakan korelasi Blasius pada pipa penghubung

$$f = 0.3164 \cdot (Re)^{-0.25}$$

$$f = 0.3164 \cdot (138986.45)^{-0.25}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$f = 0.0164$$

- 5) Perhitungan *Pressure loss* mayor pipa penghubung

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho v^2$$

$$H_f = 0.0164 \cdot \frac{43.8}{0.142} \cdot \frac{1}{2} \cdot 977.8 \cdot (0.4004)^2$$

$$H_f = 396,5 \text{ Pa}$$

Perhitungan *Pressure loss* Mayor water cooler:

- 1) Menghitung Kecepatan air di *water cooler*

$$A_{\text{Watercooler}} = \pi \cdot r^2 \cdot \text{Jumlah pipa}$$

$$A_{\text{Watercooler}} = \pi \cdot 0.016^2 \cdot 50$$

$$A_{\text{Watercooler}} = 0.0402 \text{ m}^2$$

$$\dot{m}_{\text{air water cooler}} = 6.2 \text{ kg/s}$$

$$\rho_{\text{Water cooler}} = 977.8 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{\text{Water cooler}} = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$v_{\text{Water cooler}} = \frac{3.9}{977.8 \cdot 0.0402}$$

$$v_{\text{water cooler}} = 0.1577 \text{ m/s}$$

- 2) Menghitung viskositas dinamik air pada *water cooler*

$$\mu_{\text{watercooler}} = 0.403 \cdot 10^{-3} + \frac{70+76}{70-70} \cdot (0.354 \cdot 10^{-3} - 0.403 \cdot 10^{-3}) = 0.0004 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

- 3) Menghitung Reynolds *number* pada *water cooler*

$$Re_{\text{watercooler}} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$Re_{\text{watercooler}} = \frac{977.8 \cdot 0.1577 \cdot 0.032}{0.0004} = 12335.92$$

- 4) Perhitungan *friction factor* menggunakan korelasi Blasius pada *water cooler*

$$f = 0.3164 \cdot (Re)^{-0.25}$$

$$f = 0.3164 \cdot (12335.92)^{-0.25}$$

$$f = 0.03$$

- 5) Perhitungan *Pressure loss* mayor *water cooler*

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho v^2$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$H_f = 0.03 \cdot \frac{11.2}{0.032} \cdot \frac{1}{2} \cdot 977.8 \cdot (0.1577)^2$$

$$H_f = 127,66 \text{ Pa}$$

Perhitungan *Pressure loss Mayor air cooler*:

- 1) Menghitung Kecepatan air di *air cooler*

$$A_{aircooler} = \pi \cdot r^2 \cdot \text{Jumlah pipa}$$

$$A_{aircooler} = \pi \cdot 0.01^2 \cdot 60$$

$$A_{aircooler} = 0.0188 \text{ m}^2$$

$$\dot{m}_{air \text{ air cooler}} = 6.2 \text{ kg/s}$$

$$\rho_{air \text{ cooler}} = 977.8 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{air \text{ cooler}} = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$v_{air \text{ cooler}} = \frac{3.9}{977.8 \cdot 0.0188}$$

$$v_{air \text{ cooler}} = 0.3364 \text{ m/s}$$

- 2) Menghitung viskositas dinamik air pada *air cooler*

$$\mu_{aircooler} = 0.403 \cdot 10^{-3} + \frac{70+76}{70-70} \cdot (0.354 \cdot 10^{-3} - 0.403 \cdot 10^{-3}) = 0.0004 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

- 3) Menghitung Reynolds number pada *air cooler*

$$Re_{aircooler} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$Re_{aircooler} = \frac{977.8 \cdot 0.3364 \cdot 0.02}{0.0004} = 16446.6$$

- 4) Perhitungan *friction factor* menggunakan korelasi Blasius pada *air cooler*

$$f = 0.3164 \cdot (Re)^{-0.25}$$

$$f = 0.3164 \cdot (16446.6)^{-0.25}$$

$$f = 0.028$$

- 5) Perhitungan *Pressure loss mayor air cooler*

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho v^2$$

$$H_f = 0.028 \cdot \frac{3}{0.02} \cdot \frac{1}{2} \cdot 977.8 \cdot (0.3364)^2$$

$$H_f = 232.3 \text{ Pa}$$

Perhitungan *Pressure loss minor water cooler*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 1) Menghitung *sudden contraction* pada *water cooler*

$$K = 0.5 \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2$$

$$K = 0.5 \left(1 - \frac{0.0158}{0.0402}\right)^2$$

$$K = 0.1812$$

- 2) Menghitung *sudden expansion* pada *water cooler*

$$K = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2$$

$$K = \left(1 - \frac{0.0158}{0.0402}\right)^2$$

$$K = 0.3624$$

- 3) Menghitung *Pressure loss* karena *sudden contraction*

$$H_m = k \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$H_m = 0.1812 \cdot \frac{1}{2} \cdot 977.8 \cdot 0.1577^2$$

$$H_m = 2.2 \text{ Pa}$$

- 4) Menghitung *Pressure loss* karena *sudden expansion*

$$H_m = k \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$H_m = 0.3624 \cdot \frac{1}{2} \cdot 977.8 \cdot 0.1577^2$$

$$H_m = 4.4 \text{ Pa}$$

Perhitungan *Pressure loss minor air cooler*

- 1) Menghitung *sudden contraction* pada *air cooler*

$$K = 0.5 \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2$$

$$K = 0.5 \left(1 - \frac{0.0158}{0.0188}\right)^2$$

$$K = 0.0127$$

- 2) Menghitung *sudden expansion* pada *air cooler*

$$K = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2$$

$$K = \left(1 - \frac{0.0158}{0.0188}\right)^2$$

$$K = 0.0254$$

- 3) Menghitung *Pressure loss* karena *sudden contraction*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$H_m = k \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$H_m = 0.0127 \cdot \frac{1}{2} \cdot 977.8 \cdot 0.3364^2$$

$$H_m = 0.7 \text{ Pa}$$

- 4) Menghitung *Pressure loss* karena *sudden expansion*

$$H_m = k \cdot \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$H_m = 0.0254 \cdot \frac{1}{2} \cdot 988 \cdot 0.2094^2$$

- 5) $H_m = 1.4 \text{ Pa}$

$$\text{Pressure drop total} = \text{Head loss mayor} + \text{head loss minor}$$

$$\text{Pressure drop total} = 396,5 + 127,66 + 232.3 + 2.2 + 4.4 + 0.7 + 1.4$$

$$\text{Pressure drop total} = 765.1 \text{ Pa}$$

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**