



© 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 TERMOHIDROLIKA KOMPONEN *AIR COOLER* DAN *CHIMNEY* RCCS PADA
PENINGKATAN DAYA REAKTOR HTGR**

SKRIPSI

Oleh:
Abrar Nabhan Hasbi
NIM. 2102321038

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI 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 TERMOHIDROLIKA KOMPONEN *AIR COOLER* DAN *CHIMNEY* RCCS PADA PENINGKATAN DAYA REAKTOR HTGR

SKRIPSI

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

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Abrar Nabhan Hasbi

NIM. 2102321038

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYA KONVERSI 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 TERMOHIDROLIKA KOMPONEN *AIR COOLER* DAN
CHIMNEY RCCS PADA PENINGKATAN DAYA REAKTOR HTGR**

Oleh :

Abrar Nabhan Hasbi

NIM. 2102321038

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi 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 Konversi Energi

Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T.

NIP. 199403092019031013



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 TERMOHIDROLIKA KOMPONEN *AIR COOLER* DAN
CHIMNEY RCCS PADA PENINGKATAN DAYA REAKTOR HTGR**

Oleh :

Abrar Nabhan Hasbi

NIM. 2102321038

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 21 Juli 2025 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konversi 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		20/7/2025
2.	Dr. Ir. Surip Widodo, M.IT. NIP. 196503061989031004	Anggota		20/7/2025
3.	P. Jannus, S.T., M.T. NIP. 196304261988031004	Anggota		20/7/2025
4.	Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T. NIP. 196605191990031002	Anggota		20/7/2025

Depok, 21 Juli 2025

Disahkan Oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

NIP. 197707142008121005



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abrar Nabhan Hasbi

NIM : 2102321038

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Mendapat, 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, 21 Juli 2025



Abrar Nabhan Hasbi

NIM. 2102321038

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

ANALISIS TERMOHIDROLIKA KOMPONEN *AIR COOLER* DAN *CHIMNEY* RCCS PADA PENINGKATAN DAYA REAKTOR HTGR

Abrar Nabhan Hasbi¹⁾, Pribadi Mumpuni Adhi²⁾, Surip Widodo³⁾

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

²⁾Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Program Pascasarjana, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³⁾Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), PUSPITEK Serpong, 15314, Indonesia.

Email : abrar.nabhan.hasbi.tm21@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRAK

Reactor Cavity Cooling System (RCCS) merupakan sistem keselamatan pasif yang digunakan pada reaktor suhu tinggi HTGR-10 untuk membuang panas sisa (decay heat) pasca shutdown reaktor. Sistem ini mengandalkan mekanisme konveksi alami udara melalui komponen utama seperti air cooler dan chimney. Dalam penelitian ini, dilakukan pemodelan dan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak RELAP5 untuk mengevaluasi kinerja RCCS HTGR-10 pada kondisi daya 10 MW dan skenario uprating daya hingga 30 MW. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi daya 10 MW terhadap data eksperimen kondisi heat-up dan depressurization accident yang diperoleh dari INET. Hasil menunjukkan bahwa model numerik mampu merepresentasikan kondisi operasi dengan akurasi yang baik. Untuk skenario 30 MW, sistem RCCS masih mampu membuang panas sebesar 322.49 kW melalui chimney, namun kapasitas perpindahan panas pada sisi udara air cooler menjadi faktor pembatas utama. Dengan demikian, sistem RCCS eksisting masih layak digunakan untuk skenario uprating daya, namun diperlukan peningkatan performa air cooler untuk memastikan keselamatan jangka panjang.

Kata Kunci: HTGR-10, RCCS, RELAP5, heat flux, konveksi alami, uprating daya



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

Thermohydraulic Analysis of Air Cooler and Chimney Components of RCCS under Power Upgrading of HTGR Reactor

Abrar Nabhan Hasbi¹⁾, Pribadi Mumpuni Adhi²⁾, Surip Widodo³⁾

¹⁾ Undergraduate Program in Applied Energy Conversion Engineering Technology, Department of Mechanical Engineering, Politeknik Negeri Jakarta, UI Campus, Depok 16425, Indonesia

²⁾ Master's Program in Applied Manufacturing Technology Engineering, Graduate Program, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, UI Campus, Depok 16425, Indonesia

³⁾ Research Center for Nuclear Reactor Technology, National Research and Innovation Agency (BRIN), PUSPITEK Serpong, 15314, Indonesia

Email: abrar.nabhan.hasbi.tm21@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

The Reactor Cavity Cooling System (RCCS) is a passive safety system used in the high-temperature gas-cooled reactor HTGR-10 to remove residual heat after reactor shutdown. This system relies on natural air convection through key components such as the air cooler and chimney. This study presents a numerical modeling and simulation using RELAP5 software to evaluate the RCCS performance at a 10 MW reactor power level and under a power uprating scenario to 30 MW. Validation was conducted by comparing the 10 MW simulation results with experimental data from heat-up and depressurization accident scenarios provided by INET. The results confirm that the numerical model accurately represents the operational conditions. For the 30 MW scenario, the RCCS was able to dissipate 322.49 kW of heat through the chimney; however, the air-side heat transfer capacity of the air cooler was identified as the limiting factor. Therefore, while the existing RCCS design is considered feasible for power uprating, improvements to the air cooler performance are recommended to ensure long-term safety.

keywords: HTGR-10, RCCS, RELAP5, heat flux, natural convection, power uprating



KATA PENGANTAR

uji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Termohidrolika Komponen *Air Cooler* dan *Chimney* RCCS pada Peningkatan Daya Reaktor HTGR" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Skripsi ini membahas tentang evaluasi performa sistem *Reactor Cavity Cooling System* (RCCS) pada HTGR-10 dalam kondisi eksisting dan potensi pengoperasian pada peningkatan daya hingga 30 MW. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan perpindahan panas komponen *air cooler* dan *chimney* melalui pendekatan analitik dan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak RELAP5.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah banyak menerima bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya 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 Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Konversi 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 *RELAP5* sehingga skripsi ini dapat selesai.
7. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu pengetahuan, dukungan dan bantuan lainnya.
8. Teman-teman seperjuangan di BRIN yang telah membantu memberikan informasi dan masukan mengenai penelitian.

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 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 Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi 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.
10. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan semangat 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





© 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

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
EMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi.....	3
BAB V.....	42
Kesimpulan dan Saran.....	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	43



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 HTGR-10	6
Tabel 2. 2 Hasil Analitik Performa RCCS HTGR-10 pada 18 Jam Pasca-kecelakaan JAERI.....	7
Tabel 2. 3 Hasil Analitik Performa RCCS HTGR-10 pada 18 jam Pasca-kecelakaan INET	7
Tabel 2. 4 perpindahan panas pada RCCS berdasarkan JAERI dan INET	10
Tabel 2. 5 laju aliran massa dan temperature maksimum berdasarkan JAERI dan INET.	10
Tabel 2. 6 spesifikasi air cooler	11
Tabel 2. 7 jenis material air cooler	12
Tabel 2. 8 spesifikasi chimney	12
Tabel 4. 1 perbandingan hasil simulasi dengan nilai acuan kondisi heat-up experiment.	37
Tabel 4. 2 perbandingan hasil simulasi dengan nilai acuan kondisi depressurization accident	38

**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 skematik reaktor HTGR-10	5
Gambar 2. 2 performa RCCS terhadap waktu.....	8
Gambar 2. 3 schematic diagram RCCS.....	9
Gambar 3. 1 nodalisasi air cooler	17
Gambar 3. 2 proses perhitungan ho	20
Gambar 3. 3 nodalisasi chimney	23
Gambar 4. 1 grafik Suhu fluida terhadap waktu kondisi heat-up experiment	31
Gambar 4. 2 grafik laju aliran massa fluida terhadap waktu kondisi heat-up experiment	32
Gambar 4. 3 grafik panas yang dibuang oleh chimney terhadap waktu kondisi heat-up experiment.....	33
Gambar 4. 4 grafik Suhu fluida terhadap waktu kondisi depressurization accident	34
Gambar 4. 5 grafik laju aliran massa fluida terhadap waktu kondisi depressurization accident	35
Gambar 4. 6 grafik panas yang dibuang oleh chimney terhadap waktu kondisi depressurization accident	36
Gambar 4. 7 grafik suhu udara terhadap waktu kondisi 30 MW.....	39
Gambar 4. 8 grafik laju aliran massa fluida terhadap waktu kondisi 30 MW	40
Gambar 4. 9 grafik panas yang dibuang oleh chimney terhadap waktu kondisi 30 MW	41

**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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Sebagai bagian dari upaya mengembangkan teknologi reaktor generasi IV di Indonesia, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) menginisiasi program PeLUIt-40, yaitu Pembangkit Listrik dan Uap-panas Industri. Program ini bertujuan untuk meningkatkan kemandirian nasional dalam penguasaan desain, rekayasa, dan operasional reaktor berdaya menengah dengan tingkat keselamatan tinggi. Salah satu tipe reaktor yang dijadikan referensi dalam program ini adalah *High Temperature Gas-cooled Reactor* (HTGR), khususnya prototipe HTGR-10[1].

HTGR-10 atau HTR-10 merupakan reaktor modular suhu tinggi berdaya termal 10 MW yang dikembangkan di Tiongkok. Reaktor ini menggunakan helium sebagai fluida pendingin dan grafit sebagai moderator, dengan desain keselamatan pasif sebagai ciri utamanya. Untuk mendukung pelepasan panas sisa (*decay heat*) pasca *shutdown*, HTGR-10 dilengkapi dengan *Reactor Cavity Cooling System* (RCCS), yaitu sistem pendinginan pasif yang memanfaatkan perpindahan panas melalui konduksi, radiasi, dan konveksi alami udara, tanpa bantuan komponen aktif seperti pompa, kipas, atau komponen-komponen yang menggunakan daya listrik eksternal untuk menggerakkan fluida pendingin[2].

Dalam desain RCCS HTGR-10, panas sisa sebesar 107.5 kW per *loop* harus dibuang secara pasif dari *cavity* ke *air cooler*, dan selanjutnya dilepaskan ke lingkungan melalui *chimney*. Komponen *air cooler* dan *chimney* inilah yang berperan langsung dalam mengubah panas sisa menjadi aliran termal ke udara bebas. Seiring dengan rencana peningkatan daya dari 10 MW menjadi 30 MW dalam konteks program PeLUIt-40, muncul kebutuhan untuk mengevaluasi ulang apakah RCCS eksisting, khususnya komponen *air cooler* dan *chimney*, masih mampu mengakomodasi pelepasan panas sisa yang meningkat.

Penelitian ini memiliki fokus evaluasi perpindahan panas dua komponen kunci — *air cooler* dan *chimney* — dalam desain RCCS HTGR-10, baik dari sisi hasil perhitungan empiris maupun hasil simulasi numerik menggunakan *RELAP5*. Selain itu, evaluasi dilakukan sebagai bagian dari pra-kajian kelayakan sistem RCCS untuk pengembangan daya reaktor 30 MW dalam program PeLUIt-40. Sebelum simulasi daya tinggi dilakukan, perlu dipastikan terlebih dahulu bahwa sistem RCCS eksisting memang mampu membuang panas sisa sebesar 107.5 kW pada kondisi desain awal (10 MW).

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi dan mengevaluasi kemampuan *air cooler* dan *chimney* dalam sistem RCCS HTGR-10



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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

terhadap kondisi daya 10 MW menggunakan pemodelan termohidrolika di RELAP5. Jika sistem terbukti tidak mampu menampung beban panas pada kondisi yang lebih tinggi, maka dilakukan kajian awal terhadap opsi modifikasi desain, seperti peninggian *chimney* atau penambahan jumlah tabung penukar panas.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Apakah komponen *air cooler* dan *chimney* pada sistem RCCS eksisting di HTGR-10 mampu membuang panas sisa sebesar 107.5 kW pada daya reaktor 10 MW?
2. Jika mampu, apakah konfigurasi yang sama tetap efektif untuk membuang panas sisa dari reaktor setelah peningkatan daya menjadi 30 MW?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Memverifikasi hasil simulasi komponen *air cooler* dan *chimney* pada system RCCS eksisting HTGR-10 dalam membuang panas sisa pada daya reaktor 10 MW.
2. Menganalisis system RCCS eksisting pada kondisi peningkatan daya reaktor ke 30 MW.

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian difokuskan pada dua komponen utama dalam sistem RCCS, yaitu *air cooler* dan *chimney* sebagai media utama perpindahan dan pelepasan panas sisa
2. Komponen selain *air cooler* dan *chimney* dianggap sebagai kondisi batas tetap dalam simulasi dan tidak dianalisis secara individual.
3. Simulasi hanya dilakukan untuk kondisi *shutdown* pasif (tanpa pendinginan aktif) dengan asumsi daya awal reaktor 10 MW dan *scenario* peningkatan daya ke 30 MW
4. Simulasi dilakukan menggunakan RELAP5, dengan model geometri dan parameter termal yang disesuaikan dengan desain RCCS HTGR-10 berdasarkan data sekunder.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat dihasilkan dari penelitian ini, yaitu :

1. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang termohidrolika reaktor nuklir, khususnya terkait evaluasi dan optimasi sistem keselamatan pasif RCCS.
2. Mendukung pengembangan teknologi reaktor nuklir yang lebih aman dan efisien, sehingga dapat diimplementasikan dalam skala komersial dengan



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

risiko minimal.

6. Sistematika Penulisan Skripsi

BAB I: Pendahuluan, berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

Bab II: Tinjauan Pustaka, membahas dasar teori tentang HTGR, RCCS, mekanisme perpindahan panas, *air cooler*, dan *chimney*.

Bab III: Metodologi Penelitian, berisi tahapan penelitian, pemodelan sistem RCCS di *RELAP5*, asumsi-asumsi simulasi, serta skenario simulasi yang dilakukan.

Bab IV: Hasil dan Pembahasan, menyajikan hasil simulasi kinerja *air cooler* dan *chimney* pada daya 10 MW dan 30 MW, serta analisis kebutuhan modifikasi.

Bab V: Kesimpulan dan Saran, berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan lebih lanjut

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan dan simulasi yang dilakukan terhadap *Reactor Cavity Cooling System* (RCCS) pada HTGR-10 menggunakan perangkat lunak RELAP5, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem *Reactor Cavity Cooling System* (RCCS) pada reaktor HTGR-10 berhasil dimodelkan menggunakan perangkat lunak RELAP5 untuk kondisi daya 10 MW. Validasi terhadap data referensi menunjukkan bahwa model simulasi mampu merepresentasikan perilaku perpindahan panas secara akurat, dengan hasil simulasi menunjukkan panas yang dibuang per loop sebesar 108.6 kW, hanya 1.02% lebih tinggi dari nilai acuan sebesar 107.5 kW pada kondisi *heat-up experiment*. Suhu udara masuk *chimney* adalah 303.13 K (30.13 °C), sangat dekat dengan nilai referensi 303.15 K (30.00 °C), sedangkan suhu udara keluar mencapai 318.78 K (45.63 °C). Di sisi *air cooler*, suhu air masuk adalah 347.55 K (74.40 °C) dan suhu keluar 337.62 K (64.47 °C), mendekati nilai acuan 337.65 K (64.50 °C), yang menunjukkan bahwa perpindahan panas dari air ke udara berlangsung efektif dan sistem mencapai kondisi tunak. Pada skenario *depressurization accident*, hasil simulasi menghasilkan panas yang dibuang per loop sebesar 51.49 kW, hanya 1.86% lebih tinggi dari nilai acuan sebesar 50.53 kW. Suhu udara masuk *chimney* adalah 303.14 K (29.98 °C), sangat dekat dengan nilai referensi 303.15 K (30.00 °C), sedangkan suhu udara keluar mencapai 314.54 K (41.39 °C). Di sisi *air cooler*, suhu air masuk adalah 329.55 K (56.4 °C) dan suhu keluar 323.23 K (50.08 °C), mendekati nilai acuan 324.35 K (51.2 °C). Dengan demikian, model numerik RCCS dapat dianggap tervalidasi untuk kedua skenario dan mampu merepresentasikan proses perpindahan panas secara akurat.
2. Hasil simulasi untuk skenario daya 30 MW menunjukkan bahwa sistem RCCS eksisting masih dapat mengakomodasi peningkatan beban panas. *Chimney* mampu menghasilkan aliran konveksi alami dengan laju massa udara sebesar 11.09 kg/s, sementara *air cooler* dapat mentransfer panas sebesar 319.51 kW, mendekati target pelepasan panas sebesar 322.49 kW. Meskipun terdapat sedikit selisih, desain saat ini masih tergolong layak, namun sisi udara *air cooler* tetap menjadi titik kritis dalam sistem dan perlu dipertimbangkan untuk modifikasi, seperti penambahan jumlah tabung penukar panas atau peningkatan efisiensi sirip.



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

2.2 Saran

Untuk menjaga performa sistem RCCS pada daya yang lebih tinggi, disarankan agar dilakukan peningkatan pada kapasitas perpindahan panas *air cooler*. Opsi yang dapat dipertimbangkan meliputi peningkatan luas permukaan perpindahan panas dengan menambah jumlah pipa atau panjang sirip, serta optimasi konfigurasi geometri *air cooler* untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas konveksi alami. Selain itu, studi eksperimental atau validasi lebih lanjut terhadap simulasi daya 30 MW juga perlu dilakukan agar perancangan sistem RCCS masa depan lebih akurat dan andal.

