

**ANALISIS *COMPUTER FLUID DINAMIC* (CFD) *NANOBUBBLE* UNTUK
KINERJA PENDINGIN DARURAT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA NUKLIR
(PLTN) NUSCALE DENGAN TIPE *PRESSURIZED WATER REACTOR* (PWR)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh

Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Fisika



Disusun Oleh :

TIVA PRIMAISELLA

NIM. 08021281722062

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS *COMPUTER FLUID DINAMIC (CFD) NANO BUBBLE* UNTUK KINERJA
PENDINGIN DARURAT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA NUKLIR (PLTN) NUSCALE
DENGAN TIPE *PRESSURIZED WATER REACTOR (PWR)***

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh

Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Fisika

Diajukan Oleh :

TIVA PRIMAISELLA

NIM. 08021281722062

Indralaya, September 2021

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



Dr. R. Muh. Subekti, M.Eng

NIP : 197307181999011001

Dosen Pembimbing I



Dr. Fiber Monado, S.Si., M.Si.

NIP : 197002231995121002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Erinsyah Virgo, S.Si., M.T.
NIP : 197009101994121001

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh..

Segala puji bagi Allah SWT yang telah senantiasa memberikan segala nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai salah satu tugas akhir program sarjana Jurusan Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya dengan judul **“Analisis *Computer Fluid Dinamic (CFD) Nanobubble* Untuk Kinerja Pendingin Darurat Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) Nuscale Dengan Tipe *Pressurized Water Reactor (PWR)*“**.

Penulis berharap agar tulisan ini dapat menjadi sumbangsih penulis bagi perkembangan pengetahuan tentang reaktor khususnya pada analisis *computer fluid dinamic (CFD) nanobubble* untuk kinerja pendingin darurat pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) nuscale dengan tipe *pressurized water reactor (PWR)*. Namun penulis sadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan pada tugas akhir ini. Untuk itu penulis berharap ada kritik dan saran yang bersifat membangun.

Pada kesempatan kali ini izinkanlah penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dalam pembuatan tugas akhir ini baik secara moril maupun materil. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memerikan kemudahan dan kelancaran dalam memberikan nikmat hidup dan kesehatan yang tak terhitung nilainya.
2. Orang Tua dan Keluarga, Ibunda Irnawati yang tanpa jemu dengan sabar memberikan doa dan dukungan, semangat, keyakinan, nasehat dan cinta kasinya.
3. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T., selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
4. Bapak Dr. Fiber Monado, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing I tugas akhir, atas bimbingan, nasehat, kepercayaan dan ilmu pengetahuan yang di ajarkan.
5. Bapak Dr. R. Muh. Subekti, M.Eng., selaku Pembimbing II tugas akhir dan pembimbing penelitian di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Serpong, Tangerang yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan nasehat.

6. Bapak Sutopo, S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing Akademik yang selalu menuntun, memberi saran dan mengarahkan dengan baik.
7. Ibu Dr. Menik Ariani M.Si., Ibu Dr. Assaidah M.Si., dan Bapak Dr. Azhar K. Affandi M.S selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran, ilmu, dan kritikan yang membangun terkait penyusunan skripsi ini.
8. Mas Yunus selaku pembimbing penelitian di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Serpong, Tangerang, yang selalu memberikan arahan, motivasi, saran, dan kritikan dari awal penelitian skripsi hingga selesai.
9. Seluruh dosen dan pegawai administrasi di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya Indralaya.
10. Pihak Keselamatan Reaktor Nuklir (PTKRN), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Gedung 80 kompleks PUSPITEK, Serpong, Tangerang Selatan, Banten, yang sudah menerima permohonan untuk melaksanakan penelitian tugas akhir dan memberikan penginapan selama penelitian tugas akhir berlangsung.
11. Dian Adelita Zakiatri dan Indah Sari selaku teman seperjuangan tugas akhir.
12. Teman seperjuangan Fisika angkatan 2017 terkhususnya teman-teman KBI Elin yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
13. Sanak saudara perantauan mahasiswa kedaerahan Sumatera Barat di Sumatera Selatan “PERMATO (Persatuan Mahasiswa Tuah Sakato)”.
14. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung terlaksana hingga terselesaikannya skripsi ini yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun skripsi masih terdapat kekeliruan dan jauh dari kata sempurna. Karena itu penulis memohon maaf dan menerima segala kritik dan saran yang bersifat membantu dan membangun dalam menyelesaikan skripsi. Akhir kata penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dalam menyelesaikan skripsi tanpa terkecuali, semoga amal baik tersebut akan mendapatkan imbalan yang setimpal dari Allah SWT.Amiin.

Indralaya, September 2021

Tiva Primaisella

08021281722062

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	2
KATA PENGANTAR	3
DAFTAR ISI	6
DAFTAR GAMBAR.....	8
DAFTAR TABEL.....	9
ABSTRAK.....	10
ABSTRACT	11
BAB I PENDAHULUAN.....	12
1.1 Latar Belakang.....	12
1.2 Perumusan Masalah	13
1.3 Batasan Masalah	13
1.5 Tujuan Penelitian	14
1.6 Manfaat Penelitian	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Teknologi PLTN NuScale	4
2.1.1. Karakteristik NuScale	4
2.1.2. Prinsip Kerja NuScale.....	7
2.1.3. Sistem Keselamatan NuScale	8
3.2 Pressurized Water Reactor (PWR).....	10
3.3 Emergency Cooling System.....	11
2.4 Kecelakaan Kerja Reaktor Nuklir	13
2.5 Nanobubble.....	14
2.6 Perpindahan Panas	15
2.6.1 Konduksi.....	15
2.6.2 Konveksi	16
2.6.3 Radiasi	16
2.7 Computational Fluid Dynamics (CFD).....	17
2.8 FLUENT	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20

3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.3 Tahapan Penelitian.....	20
3.4 Diagram Alir Penelitian	21
3.5 Metode Pemodelan.....	22
3.5.2 Design Geometri dan Variasi Ketinggian	22
3.5.3 Meshing.....	24
3.6 Metode Simulasi	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
BAB V PENUTUP	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Tampang lintang PLTN NuScale	5
Gambar 2. 2. Tampang lintang prinsip kerja NuScale (Lumbanraja dkk, 2012).....	8
Gambar 2. 3. Pressurized Water Reactor (PWR) (Subkhi dkk, 2015).....	11
Gambar 2. 4 <i>Emergency Core Cooling System Operation</i> ...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3. 3 <i>Meshing</i>	25
Gambar 3.1.1 Geometri Aliran Pendingin Darurat dengan ketinggian 74 cm.....	22
Gambar 3.1.2 Geometri Aliran Pendingin Darurat dengan ketinggian 222 cm.....	23
Gambar 3.1.3 Geometri Aliran Pendingin Darurat dengan ketinggian 370 cm.....	24
Gambar 4. 1 Perbandingan <i>Contour</i> Temperatur Variasi Ketinggian : (a) 75 ; (b) 222 ; (c) 370.....	27
Gambar 4. 2 Perbandingan Vektor.....	30
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Velocity Out Heater terhadap Posisi.....	32
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan <i>Density</i> Air dengan Nanobubble dengan <i>Density Air without</i> Nanobubble	34
Gambar 4. 5 Ilustrasi Pergerakan Nanobubble pada Air di dalam Pipa Pendingin	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Karakteristik umum PLTN NuScale (Lumbanraja dkk., 2012).....	5
Tabel 3. 1 Physical properties untuk tekanan rendah.....	26
Tabel 4. 1 Perbedaan Laju Aliran	30

**ANALISIS *COMPUTER FLUID DINAMIC (CFD) NANOBUDDLE* UNTUK
KINERJA PENDINGIN DARURAT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA NUKLIR
(PLTN) NUSCALE DENGAN TIPE *PRESSURIZED WATER REACTOR (PWR)***

Oleh :

TIVA PRIMASELLA

NIM : 08021281722062

ABSTRAK

Pembangunan PLTN daya besar di Indonesia terkendala akibat pembiayaan pembangunan yang cukup besar sehingga PLTN daya kecil NuScale merupakan salah satu alternatif yang dapat diimplementasikan di Indonesia karena biaya modal kecil, pembangunan unit mudah disesuaikan dengan kebutuhan dan sudah menggunakan sistem keselamatan yang bersifat pasif dan sirkulasi alam. Disamping itu faktor kecelakaan sangat di perhitungkan baik itu PLTN daya besar maupun PLTN daya kecil. Kecelakaan reaktor nuklir Fukushima Daichii menjadikan pembelajaran baru dan penting pada semua desain keselamatan reaktor nuklir. Aspek keselamatan dalam desain sebuah reaktor nuklir menjadi syarat mutlak yang harus diperhatikan. Salah satu langkah untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukanlah analisis Computer Fluid Dinamic (CFD) nanobubble untuk kinerja pendingin darurat Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir NuScale dengan tipe Pressurized Water Reaktor (PWR) di mana dalam penelitian ini menggunakan model geometri 3 variasi ketinggian. Dari 3 model variasi ketinggian yang didesain di dapat bahwa semakin tinggi geometri pipa yang digunakan untuk pendingin darurat reaktor maka semakin besar kecepatan dan laju alir air untuk melakukan proses pendingin. Dari 3 geometri ketinggian 74 cm, 222 cm dan 370 cm didapatkan bahwa geometri dengan ketinggian 360 cm lebih baik dalam perpindahan panasnya dan dapat menunjukkan pula bahwa penggunaan nanobubble sangat baik digunakan sebagai media pendingin. Melalui simulasi yang dikerjakan, hasil kecepatan dan laju alir menunjukkan nanobubble di dalam air memiliki kecepatan untuk mendinginkan air lebih cepat di bandingkan air biasa.

Kata Kunci : Pendingin Darurat, Reaktor, CFD, Nanobubble

**ANALYSIS OF *COMPUTERFLUID DYNAMICS (CFD) NANOBUBBLE*
PERFORMANCE FOR EMERGENCY COOLING NUCLEAR POWER PLANT
(NPP) NUSCALE TYPE WITH *PRESSURIZED WATER REACTOR (PWR)***

By:

TIVA PRIMAISELLA

NIM: 08021281722062

ABSTRACT

The development of large power plants in Indonesia is constrained due to the development of large enough development, but nuScale small power plant is one of the alternatives that can be implemented in Indonesia because of small capital costs, unit construction is easily adjusted to the needs and already uses a passive error system and natural circulation. In addition, the accident factor is very calculated both large power nuclear power and small power plant. The Fukushima Daichii nuclear reactor accident makes a new and important lesson in all nuclear reactor safety designs. The safety aspect of the design of a nuclear reactor becomes an absolute requirement that must be considered. One of the steps to overcome this was the analysis of Computer Fluid Dinamic (CFD) nanobubble for the emergency cooling performance of NuScale Nuclear Power Plant with the type pressurized water reactor (PWR) where in this study used a geometric model of 3 variations in altitude. From the 3 models of altitude variations designed can be that the higher the geometry of the pipe used for emergency cooling of the reactor, the greater the speed and rate of water flow to carry out the cooling process. From 3 geometry heights of 74 cm, 222 cm and 370 cm found that geometry with a height of 360 cm is better in heat transfer and can also show that the use of nanobubble is very good used as a cooling medium. Through simulations, the results of the speed and flow rate showed that nanobubble in the water has the speed to cool the water faster than ordinary water.

Keywords: Emergency Cooling, Reactor, CFD, Nanobubble

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dari yang diketahui pembangkit tenaga listrik dapat di bedakan dan di pelajari dari berbagai macam segi, diantaranya mulai dari latar ekonomi, tersedianya alat dan bahan, keamanan kerja dan alat, pembiayaan pembangunan, keselamatan kerja dan alat, pencemaran lingkungan yang terjadi akibat pembangunan pembangkit listrik, dan juga di nilai dari segi perawatan, dan lainnya sehingga dari beberapa segi diatas dapat memenuhi kriteria yang ditentukan dalam membangun sebuah Pembangkit Listrik. Dari Kriteria di atas di dapat bahwa adanya kendala dalam pembangunan Pembangkit Listrik terutama pembangunan Pembangkit Listrik yang memiliki daya yang besar sehingga alternatifnya menggunakan teknologi Pembangkit Listrik berdaya yang disesuaikan dengan kebutuhan, dan memiliki karakteristik yang lebih bagus dan bertolak belakang dengan pembangkit listrik berdaya besar yang sangat membutuhkan biaya yang sangat besar dalam pembangunannya dan belum menggunakan sirkulasi alami atau hanya menggunakan teknologi pompa (Lumbanraja dkk, 2012).

Dapat dilihat dari setelah terjadinya kecelakaan reaktor nuklir di Fukushima-Daiichi pada tahun 2011, keselamatan dalam desain sebuah reaktor nuklir menjadi syarat mutlak dan penting yang harus diperhatikan dan di pertimbangkan. Apa yang terjadi pada kecelakaan reaktor tersebut menunjukkan bahwa sangat diperlukan sistem keselamatan yang sifatnya pasif (*passive safety*) dan melekat (*inherent safety*). Sistem keselamatan seperti ini dapat berjalan tanpa harus dioperasikan oleh operator. Hal ini dimungkinkan karena sistem ini memanfaatkan hukum alam yang terjadi berupa sirkulasi alamiah. (Riupassa dkk, 2020).

Akibat dari kecelakaan reaktor Fukushima Daiichi tahun 2011 menunjukkan bahwa keselamatan desain reaktor nuklir merupakan syarat mutlak dan penting yang harus diperhatikan dan diperhitungkan. Apa yang terjadi dalam kecelakaan reaktor menunjukkan bahwa sistem keselamatan pasif dan inheren sangat dibutuhkan. Sistem keamanan seperti itu dapat berfungsi tanpa harus dioperasikan oleh operator. Hal ini dimungkinkan karena

sistem ini menggunakan hukum alam yang terjadi dalam bentuk siklus alam. (Abdullah, 2012).

Berdasarkan hasil penelitian atau perancangan (disain) yang telah dilakukan oleh 3 mahasiswa Universitas Padjadjaran melakukan penelitian tersebut dilakukan bersama dan di pantau oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) melalui pengembangan sistem pendingin yang menggunakan bahan gelembung berisi gas berukuran nano. Bahan ini dikenal sebagai nanobubbles, tujuan untuk melihat karakteristik panas dari nanobubble di dalam alat sistem pendingin pasif. Karakteristik itu mulai dari kapasitas menahan panas, massa jenis, dan kecepatan alirannya. Penelitian tentang nanobubbles bermula dari penelitian yang dilakukan oleh ilmuwan India, G Senthilkumar, pada nanobubbles yang disimpan dalam air panas. Akibatnya, gelembung diyakini memiliki kapasitas dan konduktivitas panas yang tinggi, tetapi mampu mendinginkan air lebih cepat daripada air biasa tanpa gelembung nano (BATAN, 2021)

1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini membahas analisis *Computer Fluid Dynamic (CFD) Nanobubble* untuk kinerja pendingin darurat Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) NuScale dengan tipe *Pressurized Water Reactor (PWR)* pada kondisi terjadinya kecelakaan dengan tekanan yang rendah untuk memperoleh design reaktor yang memenuhi kriteria, mampu beroperasi dalam jangka waktu panjang dan menjaga keselamatan kerja reaktor nuklir tersebut.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya membahas desain aliran fluida pada pendingin darurat (*Emergency Cooling Sistem*) pada PLTN NuScale reaktor tipe *Pressurized Water Reactor (PWR)* dengan tekanan/*pressure* rendah pada saat terjadinya kecelakaan reaktor nuklir dengan analisis perhitungan variasi ketinggian tertentu yang di selesaikan dengan bantuan software Ansys Fluent 2021.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mempelajari karakteristik sistem pendingin darurat reaktor PLTN NuScale tipe PWR pada saat terjadinya kecelakaan.
2. Mempelajari karakteristik pendingin darurat reaktor dengan nanobubble dan tanpa nanobubble
3. Mensimulasikan aliran fluida pada saat berperannya *emergency cooling system*.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat antara lain dapat mengetahui pengaruh dari variasi ketinggian yang di berikan dan karakteristik pada desain sistem pendingin reaktor PLTN NuScale tipe PWR sehingga dapat memenuhi sistem keselamatan kerja reaktor nuklir sehingga hasilnya bisa di manfaatkan untuk analisa selanjutnya dan bermanfaat untuk pihak lain sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. G. 2012. *Analisis Kecelakaan Reaktor Akibat Kegagalan Sistem Pembuang Panas Pada Reaktor Nuklir Generasi IV*. Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, 8(1): 106–114.
- Ambarita, H., 2012. *Perpindahan Panas Konduksi dan Penyelesaian Analitik dan Numerik*. Medan: Departemen Teknik Mesin FT USU.
- Batan. 2021. *Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)*. Jakarta : Pusat
Diseminasi Iptek Nuklir- Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Fluent Inc. 2006. *User's Guide Version 6.3*. Fluent Inc.
- Incroperara, F.P. dan D. P. Dewitt. 1982. *Fundamental of Heat and Mass Transfer, Third Edition*. Singapore: John Wiley & Sons.
- Ilmar R, A., Dermawan, E., Diniardi, E., dan Arifangga, M. 2015. *Rancang Bangun Model Alat Uji Teras Reaktor Nuklir Small Modular Reactor (SMR) Dengan Fluida Pendingin H₂O Untuk Kondisi Konveksi Paksa*. Jurnal Rekayasa Mesin, 6(1): 9–18.
- Klammler, H. dkk., 2020. *Modeling Micro- and Nano-Bubble Stability and Treatment Mechanisms in Batch Reactors*. Journal of Environmental Engineering, 146 (8) : 3-5.
- Lumbanraja, S. M., Barat, J. K., dan Prapatan, M. 2012. *Studi Prospek Pltn Daya Kecil Nuscale Di Indonesia*. Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, 1(14): 57–64.
- Moniaga, P. P., dkk. 2018. *Analisis Karakterisasi Aliran Sirkulasi Alami Pada Untai Pre-Fassip 02 Berdasarkan Temperatur Air Di Tangki Pemanas Menggunakan CFD*. Jurnal Mesin dan Industri, 1(2): 26.
- Nursulistiyono, H. 2019. *Pemodelan Buka-an Angin Untuk Simulasi Computational*

Fluid Dynamic (CFD) Wind Opening Modeling For Computational Fluid Dynamic (CFD). Jurnal Pendidikan, 6(2), 5176–5182.

Riupassa, R. D., Basar, K., & Waris, A. (2020). *Pemodelan Sirkulasi Alamiah Bahan Pendingin pada Reaktor Nuklir dengan Variasi Perbedaan Temperatur Pemanas dan Pendingin*. Jurnal Fisika, ISBN:978-602-61045-6-4, 133-134.

Subkhi, M. N., Suud, Z., Waris, A., & Permana, S. (2015). *Studi Desain Reaktor Air Bertekanan (Pwr)*. Jurnal Science, 9(1) : 150.

Supit, R.G., dkk., 2014. *Simulasi Numerik Aliran Fluida Dalam Penstock Dengan Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Jurnal Online Poros Teknik Mesin, 2(3) : 79

Suwoto, dkk., 2016. *Analisis Perhitungan Distribusi Temperatur Teras dan Reflektor Reaktor Daya Eksperimental*. Sigma Epsilon, 2 (20) : 65.

Tuakia, F., 2008. *Dasar-dasar CFD Menggunakan FLUENT*. Bandung : Informatika.

Yunus, A.D., 2009. *Perpindahan Panas dan Massa*. Jakarta: Universitas Darma Persada.

Yusoff.,A,H,M. dan Salimi.,M.N., 2018. *Superparamagnetic Nanoparticles For Drug Delivery*. Jurnal Science, 2(1) : 90