# HALAMAN JUDUL

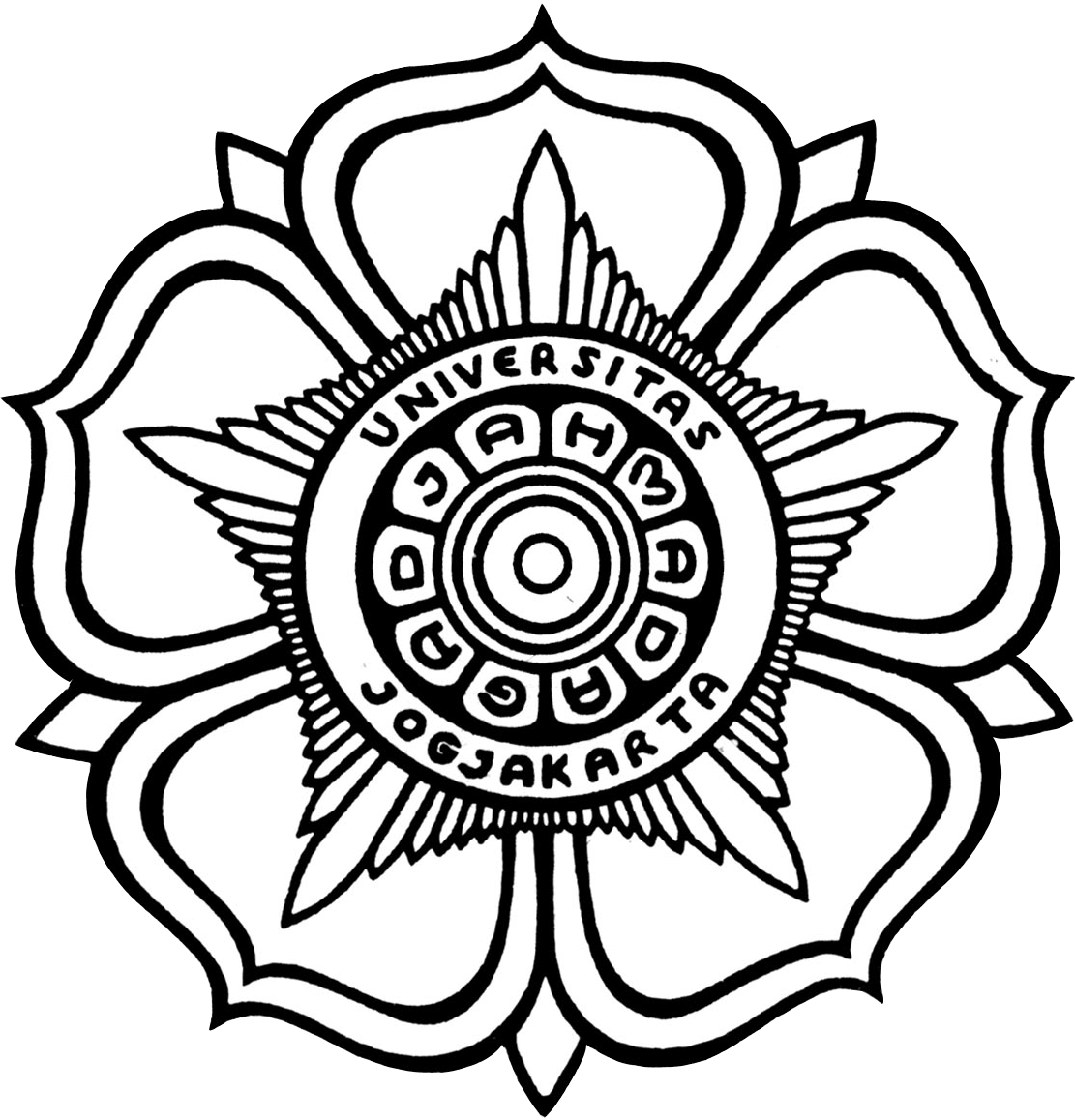
**JUDUL SKRIPSI DALAM BAHASA INDONESIA DIUSAHAKAN TIDAK MELEBIHI LIMA BELAS KATA**

**SKRIPSI**

untuk memenuhi sebagian persyaratan

untuk memperoleh derajat Sarjana S-1

Program Studi [Teknik Nuklir / Teknik Fisika]



Diajukan oleh

NAMA LENGKAP MAHASISWA

xx/yyyyyy/TK/zzzzz

Kepada

**DEPARTEMEN TEKNIK NUKLIR DAN TEKNIK FISIKA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**YOGYAKARTA**

**2021**

# PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

**PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nama Lengkap Mahasiswa

NIM : xx/yyyyyy/TK/zzzzz

Tahun terdaftar :

Program Studi :

Fakultas : Teknik

menyatakan bahwa dokumen ilmiah skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila dokumen ilmiah Skripsi ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Yogyakarta, tanggal-bulan-tahun

Materai ASLI

Rp. 10 000

Halaman ini (penuh) di-scan setelah ditempel meterai dan tand tangan.

Nama Lengkap Mahasiswa

NIM. xx/yyyyyy/TK/zzzzz

**HALAMAN PENGESAHAN**

SKRIPSI

**JUDUL SKRIPSI DALAM BAHASA INDONESIA DIUSAHAKAN TIDAK MELEBIHI LIMA BELAS KATA**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nama Mahasiswa | : | xxxx |  |
| Nomor Mahasiswa | : | yyyy |  |
| Pembimbing Utama | : | zzzz |  |
| Pembimbing Pendamping | : | wwww |  |

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji

pada tanggal *tanggal bulan tahun ujian*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ketua Sidang | : | aaa |  |
| Penguji Utama | : | bbb |  |
| Anggota Penguji | : | ccc |  |

Skripsi ini telah diterima dan dinyatakan memenuhi

syarat kelulusan pada tanggal DD BULAN TAHUN

Ketua Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika

Fakultas Teknik UGM

Dr. Ir. Alexander Agung, S.T., M.Sc.

NIP. 19720916 199803 1002

# HALAMHALAMAN

*… Karya ini kupersembahkan untuk diriku sendiri …*

… Motto hari ini adalah tanpa motto sama sekali …

# KATA PENGANTAR

**KATA PENGANTAR**

Kata Pengantar berisikan uraian yang mengantar pada para pembaca skripsi kepada permasalahan yang diteliti. Dalam Kata Pengantar dapat pula disertakan ucapan terima kasih dan apresiasi penulis kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhirnya. Ucapan terima kasih disampaikan secara singkat dan harus diungkapkan dengan serius dalam tata bahasa yang benar.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Yogyakarta, November 2021 |
|  |  |
|  | Penulis |

DAFTAR ISI

[HALAMAN JUDUL i](#_Toc72853499)

[PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME ii](#_Toc72853500)

[HALAMHALAMAN iv](#_Toc72853501)

[KATA PENGANTAR vi](#_Toc72853502)

[DAFTAR TABEL ix](#_Toc72853503)

[DAFTAR GAMBAR x](#_Toc72853504)

[DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN xi](#_Toc72853505)

[INTISARI xiii](#_Toc72853506)

[ABSTRACT xiv](#_Toc72853507)

[BAB I PENDAHULUAN 1](#_Toc72853508)

[I.1. Latar Belakang 1](#_Toc72853509)

[I.2. Perumusan Masalah 1](#_Toc72853510)

[I.2.1. Batasan Masalah 2](#_Toc72853511)

[I.3. Tujuan Penelitian 2](#_Toc72853512)

[I.4. Manfaat Penelitian 2](#_Toc72853513)

[BAB II TINJAUAN PUSTAKA 3](#_Toc72853514)

[II.1. Isi Tinjauan Pustaka 3](#_Toc72853515)

[II.2. Penulisan Acuan 3](#_Toc72853516)

[BAB III DASAR TEORI 5](#_Toc72853517)

[III.1. Isi Dasar Teori 5](#_Toc72853518)

[III.2. HIPOTESIS (*bila perlu*) 6](#_Toc72853519)

[BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN 7](#_Toc72853520)

[IV.1. Alat dan Bahan Penelitian 7](#_Toc72853521)

[IV.2. Tata Laksana Penelitian 7](#_Toc72853522)

[IV.3. Rencana Analisis Hasil Penelitian 7](#_Toc72853523)

[BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 9](#_Toc72853524)

[V.1. Hasil Penelitian 9](#_Toc72853525)

[V.2. Pembahasan 9](#_Toc72853526)

[V.3. Contoh Penulisan Persamaan 9](#_Toc72853527)

[V.4. Contoh Penulisan Gambar dan Acuannya 9](#_Toc72853528)

[V.5. Contoh Penulisan Tabel dan Acuannya 10](#_Toc72853529)

[V.6. Contoh Penulisan Acuan ke Pustaka yang Digunakan 10](#_Toc72853530)

[BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 11](#_Toc72853531)

[VI.1. Kesimpulan 11](#_Toc72853532)

[VI.2. Saran 11](#_Toc72853533)

[DAFTAR PUSTAKA 13](#_Toc72853534)

[LAMPIRAN 14](#_Toc72853535)

[LAMPIRAN A CONTOH LISTING PROGRAM *INPUT SERPENT* 15](#_Toc72853536)

[LAMPIRAN B TABEL DENSITAS MATERIAL 17](#_Toc72853537)

# DAFTAR TABEL

**DAFTAR TABEL**

[Tabel 5.1. Hasil simulasi teras reaktor KLT-40S desain pada analisis siklus hidup reaktor 9](#_Toc491125259)

Tabel B.1. Densitas ThO2 pada zona blanket aksial 15

# DAFTAR GAMBAR

**DAFTAR GAMBAR**

[Gambar 5.1. Perubahan kritikalitas efektif pada pengayaan 18,6 wt% dengan matriks silumin 9](#_Toc491125285)

# DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

**Lambang Romawi**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Lambang* | *Kuantitas* | *Satuan* |
| a | Luas | m2 |
| c | Kecepatan cahaya | 3 x 108 m/s |
| E | Energi | J |
| p | Probabilitas neutron lolos resonansi | - |
| P(t) | Laju produksi neutron | neutron/s |
| X | Ketebalan materi | m |
| **Lambang Yunani** | | |
| *Lambang* | *Kuantitas* | *Satuan* |
| ε | Faktor fisi cepat |  |
| σ | Tampang lintang mikroskopik | barn (10-24 cm2) |
| Σ | Tampang lintang makroskopik | cm-1 |
| σf | Tampang lintang mikroskopik reaksi fisi | barn (10-24 cm2) |
|  |  |  |
| **Subskrip** | | |
| *Lambang* | *Deskripsi* |  |
| ext | exkternal |  |
| in | inlet |  |
|  |  |  |
| **Superskrip** |  |  |
| *Lambang* | *Deskripsi* |  |
| F | fuel |  |
| j | Indeks koordinat |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **Singkatan** |  |
| ASEAN | *Association of Southeast Asian Nations* |
| BATAN | Badan Tenaga Nuklir Nasional |
| BWR | *Boiling Water Reactor* |
| CAAGR | Compound Average Annual Growth Rate |
| ET | Energi Terbarukan |
| VVER | *Vodo-Vodyanoi Energetichesky Reactor* |
| W | Watt |

# INTISARI

**JUDUL SKRIPSI DALAM BAHASA INDONESIA DIUSAHAKAN TIDAK MELEBIHI LIMA BELAS KATA**

Nama Lengkap Mahasiswa

xx/yyyyyy/TK/zzzzz

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada pada tanggal ……  
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat   
Sarjana Program Studi Teknik Nuklir

**INTISARI**

Abstrak ditulis dengan maksimum 200 kata yang disusun dalam tiga alinea. Alinea pertama berisi tentang latar belakang secara ringkas. Penggunaan *floating nuclear power plant* (FNPP) atau reaktor nuklir terapung berpotensi digunakan untuk pemenuhan listrik dengan mobilitas tinggi. Reaktor KLT-40S memiliki spesifikasi daya termal 150 MWt. Penelitian ini akan melakukan analisis terhadap performansi neutronik teras reaktor

Alinea kedua berisi tentang metodologi secara ringkas. Model desain KLT-40S dalam kode simulasi *Serpent* dibuat untuk pengamatan nilai *burnup* dan panjang siklus operasi teras reaktor. Variasi untuk analisis *burnup* dan panjang siklus dilakukan pada beragam pengayaan dan keberadaan konten silumin pada pin bahan bakar dan peracun dapat bakar. Dilakukan analisis *inherent safe* pada beberapa parameter termohidrolik. Pada analisis *burnup* diamati pula dinamika pembentukan inventaris isotop 239Pu sebagai profil hambatan proliferasi.

Alinea ketiga berisi tentang hasil dan kesimpulan secara ringkas. Panjang siklus yang mendekati data teknis dicapai pada pengayaan 15,7 wt% dengan matriks silumin dengan panjang siklus 846,37 hari. Pada penggunaan pengayaan 18,6 wt% dengan matriks silumin diperoleh koefisien reaktivitas suhu bahan bakar -2,68092 pcm/K, suhu pendingin sebesar -21,63755 pcm/K, tanpa penggunaan silumin diperoleh koefisien reaktivitas fraksi *void* -0,2154/K. Fraksi massa isotop 239Pu pada pengayaan 18,6 wt% dengan matriks silumin diperoleh pada nilai 54,219%.

***Kata kunci***: kata kunci 1, kata kunci 2, kata kunci 3, kata kunci 4

Pembimbing Utama : Nama Lengkap Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping : Nama Lengkap Pembimbing Pendamping

# ABSTRACT

**JUDUL SKRIPSI DALAM BAHASA INDONESIA DIUSAHAKAN TIDAK MELEBIHI LIMA BELAS KATA**

Nama Lengkap Mahasiswa

xx/yyyyyy/TK/zzzzz

Submitted to the Departement of Nuclear Engineering and Engineering Physics Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on *Month Date, year*  
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of   
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

**ABSTRACT**

Teks dalam bahasa Inggris sangat disarankan dicek tata bahasanya misalnya dengan grammarly.com dan cek similarity misalnya dengan aplikasi TURNITIN. The utility of floating nuclear power plant (FNPP) has a potential of fulfilling electricity load with high utility. KLT-40S reactor is a 150 MWt FNPP designed by OKBM Afrikantov, Russia.

A neutronic analysis of the KLT-40S reactor core has been conducted using Serpent simulation code. Analysis of burnup and cycle length utilize various fuel enrichment and silumin content appearance in fuel pin and burnable poison pin. Inherent safe analysis is conducted at various termalhydraulic parameters. Build up dynamics of 239Pu inventory was also investigated as proliferation resistance profile.

The result shows that the usage of 15.7 wt% fuel enrichment with silumin matrix appearance has the closest technical data cycle length of 846,37 days. Using 18.6 wt% fuel enrichment with silumin matriks will give -2.68092x10pcm/K of fuel temperature reactivity coefficient and -21.63755 pcm/K of coolant/moderator temperature reactivity coefficient, while without silumin matrix appeareance will give -0.2154/K of void fraction reactivity coefficient. 239Pu mass fraction of 18.6 wt% with silumin matrix appearance reached at 54.219%.

***Keywords***: Keyword 1, keyword 2, keyword 3, keyword 4

Supervisor : Nama Lengkap Pembimbing Utama

Co-supevisor : Nama Lengkap Pembimbing Pendamping

# PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Berisi uraian tentang gambaran permasalahan/kebutuhan dan hal-hal yang men- dasari pentingnya dilakukan penelitian ini, atau alasan mengapa penelitian ini penting untuk dilakukan.

## Perumusan Masalah

Berisi uraian tentang:

1. identifikasi akar permasalahan/kebutuhan, dan

2. pendekatan (*approach*) penyelesaiannya.

Identifikasi akar permasalahan/kebutuhan perlu dilakukan karena apa yang tampak di permukaan sebagai permasalahan/kebutuhan belum tentu merupakan akar permasalahan/kebutuhan yang sesungguhnya. Ia bisa jadi muncul sebagai efek dari sebab yang lebih mendasar. Padahal, penyelesaian terhadap masalah/kebutuhan yang dirumuskan secara tidak tepat tidak akan menyelesaikan masalah atau menjawab ke- butuhan. Oleh karena itu, agar diperoleh penyelesaian efektif, maka masalah/kebu- tuhan harus dirumuskan dengan tepat.

Pendekatan penyelesaian masalah menggambarkan secara singkat cara atau metode yang akan ditempuh untuk menyelesaikan akar permasalahan yang telah ber- hasil diidentifikasi. Cakupan permasalahan bisa sangat luas, karena ia bisa dilihat dari berbagai sudut pandang, dan boleh jadi tidak bisa dilakukan pelaksanaannya dalam kerangka Tugas Akhir. Oleh karena itu, pendekatan yang diusulkan perlu dibatasi menurut cara pandang tertentu yang dianggap memadai atau layak.

### Batasan Masalah

Berikut batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Analisis terbatas pada parameter neutronik.
2. Analisis terbatas pada lingkup teras reaktor.
3. Data teknis analisis terbatas pada data teknis resmi reaktor KLT-40S yang dilengkapi dengan penelitian-penelitian terkait.

## Tujuan Penelitian

Berisi uraian tentang tujuan yang akan dicapai dalam penelitian.

## Manfaat Penelitian

Berisi uraian tentang manfaat yang dapat diperoleh bila tujuan penelitian tercapai.

# TINJAUAN PUSTAKA

## Isi Tinjauan Pustaka

Ilmu pengetahuan merupakan produk budaya yang bersifat kumulatif, artinya ia merupakan karya dari banyak orang yang didokumentasikan dalam pustaka (misal buku teks, jurnal ilmiah, prosiding, laporan teknis/penelitian, majalah ilmiah dan dokumen paten). Sebelum melakukan penelitian sebaiknya dilakukan studi terhadap pustaka yang terkait dengan tema yang akan diteliti untuk memperoleh **data/fakta** tentang:

* apa-apa yang sudah dilakukan oleh ilmuwan atau peneliti sebelumnya dengan sudut pandang atau aspek penelitian yang beragam beserta hasil-hasil yang diperolehnya, dan
* apa-apa yang perlu diteliti lebih lanjut: (1) karena adanya pembatasan-pembatasan pada penelitian sebelumnya, atau (2) dengan sudut pandang atau aspek penelitian yang berbeda.

Dari hasil studi pustaka tersebut akan diperoleh gambaran mengenai langkah yang tepat untuk melaksanakan penelitian baik dari sisi sasaran/tujuan maupun metodologinya.

Perlu diperhatikan, pustaka yang diacu harus dipastikan berasal dari sumber yang terpercaya. Peneliti harus bisa membedakan antara **data/fakta** dan opini/pendapat.

Hanya sumber yang memberikan informasi/fakta/data sajalah yang boleh diacu, sedangkan sumber yang hanya menyampaikan opini/pendapat tidak boleh diacu. Dengan demikian informasi yang diperoleh dari sumber manapun, termasuk internet, harus dipilah-pilah dan diambil hanya yang menyajikan data/fakta dengan benar didukung oleh penelitian, bukan sekedar opini/pendapat.

## Penulisan Acuan

Sangat disarankan penulisan acuan (pustaka) dikelola menggunakan aplikasi manajemen pustaka, misalnya Zotero, Mendeley atau lainnya.

Kebaruan pustaka yang digunakan sebaiknya diperhatikan. Pustaka yang diacu sangat disarankan memiliki kebaruan, misalnya dengan memilih tahun penerbitan paling tua 20 tahun.

# DASAR TEORI

## Isi Dasar Teori

Bagian ini menjembatani permasalahan penelitian dan tujuan penelitian. Dengan kata lain di sini dijabarkan pendekatan teoretik penyelesaian permasalahan penelitian untuk mencapai tujuan penelitian.



**Gambar III.1.** Posisi Teori dalam kerangka penelitian

Pendekatan teoretik mengungkapkan rangkaian logis pemikiran untuk menyelesaikan masalah dengan berbekal teori-teori ilmiah yang relevan. Bekal teori tersebut meliputi:

1. hukum-hukum alam,
2. relasi-relasi empirik, dan
3. sarana berpikir deduktif (matematika) serta
4. sarana berpikir induktif (statistika).

Secara umum, rangkaian logis penyelesaian masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan obyek penelitian yang berkaitan dengan masalah yang diteliti. Deskripsi ini secara rinci menjelaskan: ruang lingkup penelitian, aspek-aspek yang dikaji, cara pandang terhadap masalah dan penyederhanaan cara pandang.
2. Menganalisis obyek penelitian secara teoritik dengan menerapkan hukum-hukum alam, relasi-relasi empirik, metode-metode matematik, atau metode-metode statistik. Analisis harus bisa menunjukkan bagaimana suatu permasalahan bisa diselesaikan secara sistematis sehingga tujuan penelitian dapat dicapai. Langkah-langkah yang ditempuh dalam analisis inilah yang kemudian dituangkan dalam bentuk langkah-langkah kerja atau algoritma penelitian.

Jika sifat penelitian yang dilakukan meliputi tahap sintesis (misal perancangan) atau evaluasi, maka langkah-langkah analisis ini bisa diteruskan lebih lanjut untuk tujuan sintesis maupun evaluasi.

## HIPOTESIS (*bila perlu*)

Dari uraian teoritik yang dilakukan dalam pasal Dasar Teori **boleh jadi** bisa diturunkan suatu **perkiraan** atau **prediksi** tentang hasil penelitian. Perkiraan ini disebut hipotesis. Hipotesis, karena sifatnya sebagai perkiraan, maka ia harus dibuktikan kebenarannya melalui observasi empirik.

Namun, tidak selalu suatu perkiraan diperoleh dari uraian teoritik. Oleh karena itu, hipotesis tidak selalu ada dalam penelitian.

# PELAKSANAAN PENELITIAN

## Alat dan Bahan Penelitian

Pada bagian ini:

* 1. Uraikan secara rinci spesifikasi dan jangkauan kemampuan alat yang digunakan. Alat bisa berupa perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*).
  2. Jika penelitian melibatkan penggunaan bahan-bahan (kimiawi, fisik, dll.), uraikan spesifikasi bahan yang digunakan.
  3. Jika penelitian bersifat empirik, gambarkan rancangan sistem alat untuk penelitian.

## Tata Laksana Penelitian

U raikan rangkaian logis penyelesaian masalah menurut tahap-tahap analisis yang dipaparkan dalam bagian **Dasar Teori**, yaitu berupa langkah-langkah kerja dan/atau algoritma penelitian.

## Rencana Analisis Hasil Penelitian

Kemukakan bagaimana, **menurut rencana**, hasil-hasil yang akan diperoleh dari penelitian akan diolah. Cara bagaimana pengolahan ini akan dilakukan sudah tentu disesuaikan/dikaitkan dengan tujuan penelitian. Secara umum, pengolahan bisa dilakukan melalui proses:

* 1. **Perangkuman** hasil penelitian dalam format tabel, gambar, statistik (rata-rata, koefisien korelasi, dlsb.), atau dalam bentuk besaran khusus tertentu sesuai dengan parameter atau variabel yang dilibatkan dalam penelitian.
  2. Pengujian **perbedaan** statistik (rata-rata, korelasi, dlsb) variabel penelitian.
  3. Pengujian **keterkaitan** (korelasi) statistik variabel penelitian.
  4. Pengolahan lain yang relevan dengan tujuan penelitian.

# HASIL DAN PEMBAHASAN

## Hasil Penelitian

Hasil-hasil yang disajikan bukan data mentah, melainkan data yang telah diolah dengan proses sebagaimana tercantum dalam pasal “Rencana analisis hasil” Bab IV tentang “Pelaksanaan Penelitian”.

## Pembahasan

Pembahasan mengungkapkan atau menjelaskan atau menguraikan dengan panjang-lebar bagaimana hasil penelitian akan mengarah kepada kesimpulan yang terkait dengan tujuan penelitian.

## Contoh Penulisan Persamaan

Persamaan ditulis rata tengah dan nomor persamaan ditulis rata kanan. Nomor persamaan diurutkan dengan format (nomor\_bab.nomor\_persamaan). Contoh dapat dilihat pada Persamaan (5.1).

 (5.1)

## Contoh Penulisan Gambar dan Acuannya

Gambar dan judul gambar diletakkan simetris kiri-kanan. Judul gambar ditulis di bawah gambar. Contoh dapat dilihat pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.1.** Contoh penulisan judul gambar dan peletakkan gambar. Gambar harus dilengkapi dengan informasi yang memadai sehingga mudah ditafsirkan tanpa harus membaca isi teks (*self-contained*). Tuliskan pula sumber gambar jika diambil dari sumber eksternal [6].

## Contoh Penulisan Tabel dan Acuannya

Tabel dan judul tabel diletakkan simetris kiri-kanan. Judul tabel ditulis di atas gambar. Contoh dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1**. Contoh penulisan tabel dan peletakkan tabel.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Header 1** | **Header 2** | **Header 3** |
| Isi | Isi | Isi |
| Isi | Isi | Isi |

Sumber: [5]

## Contoh Penulisan Acuan ke Pustaka yang Digunakan

Acuan ke pustaka yang terdapat pada Daftar Pustaka ditulis dengan angka di dalam kurung seperti ini [1]. Jika kalimat atau paragraf mengacu kepada lebih dari satu acuan, penulisannya adalah seperti ini [2-4, 6, 10].

# KESIMPULAN DAN SARAN

## Kesimpulan

Kesimpulan merupakan **rekapitulasi atau rangkuman** dari butir-butir pemikiran utama peneliti. Kesimpulan mencerminkan:

* nilai dari penelitian yang dilakukan (sebagai wujud sumbangan orisinal peneliti), dan
* pemahaman peneliti tentang apa yang ditulis.

## Saran

Dalam bagian ini juga bisa disampaikan **evaluasi** terhadap butir-butir pemikiran utama, misalnya terkait dengan kelemahan metode penelitian yang telah digunakan disertai dengan saran-saran untuk penyempurnaan.

# DAFTAR PUSTAKA

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | (IEA) International Energy Agency. *Southeast Asia Energy Outlook 2015*. Paris, International Energy Agency, 2015. |
| [2] | (OECD) Organisation for Economic Co-operation and Development. *Economic Outlook for Southeast Asia, China and India : Addressing Energy Challenge*. Paris, OECD Publishing, 2017. |
| [3] | Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. *Outlook Energi Indonesia 2016*. Jakarta, Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional, 2016. |
| [4] | M. Caballero-Anthony dan J. C. I. Trajano. "The State of Nuclear Energy in ASEAN : Regional Norms and Challenges" *Asian Perspective,* vol. 39, no. 4, pp. 695-723, 2015. |
| [5] | G. R. Sunaryo. *Development of Nuclear Power Programme in Indonesia.* Kuala Lumpur, 5th Nuclear Power Asia Summit, 2015. |
| [6] | I. N. Kessides dan V. Kuznetsov. "Small Modular Reactor fo Enhancing Energy Security in Developing Countries" *Sustainability,* vol. 4, no. 8, pp. 1806-1832, 2012. |
| [7] | W. M. Stacey. *Nuclear Reactor Physics*. Weinheim, WILEY-VCH Velrag GmbH & Co. KGaA, 2007. |
| [8] | J. Leppanen. *Serpent - A Continous-energy Monte Carlo Reactor Physics Burnup Calculation Code: User Manual*. VTT Technical Research Centre of Finland, 2015. |
| [9] | Y. A. Cengel. *Fluid Mechanics: Fundamental and Applications*. New York, McGraw Hill, 2006. |
| [10] | N. Tsoulfanidis. *Measurement and Detection of Radiation*. Washington, DC, Taylor & Francis, 1995. |
| [11] | World Nuclear Association. *Plutonium*. Diakses dari http://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/fuel-recycling/plutonium, 12 Agustus 2017. |

# LAMPIRAN

## LAMPIRAN A CONTOH LISTING PROGRAM *INPUT SERPENT*

% --- KLT-40S Assembly --------------------------------------

set title "KLT-40S"

% --- Fuel pin UO2 18.6wt% with Silumin Matrix:

surf 11 cyl 0.000 0.000 0.290 -60.00 60.00

surf 12 cyl 0.000 0.000 0.340 -60.00 60.00

cell 11 1 fuel -11 % fuel UO2 18.6wt% with Silumin Matrix

cell 12 1 clad 11 -12 % cladding zircaloy 0.5 mm

cell 13 1 water 12

% --- Large Burnable Poison UO2 18.6wt% with Silumin Matrix:

surf 51 cyl 0.000 0.000 0.290 -60.00 60.00

surf 52 cyl 0.000 0.000 0.340 -60.00 60.00

cell 51 5 lburnpo -51 % burnup pin Gd2O3 + UO2 18.6wt% + Silumin Matrix

cell 52 5 clad 51 -52 % cladding zircaloy 0.5 mm

cell 53 5 water 52

% --- Small Burnable Poison UO2 18.6wt% with Silumin Matrix:

surf 61 cyl 0.000 0.000 0.188 -60.00 60.00

% --- Small Burnable Poison UO2 18.6wt% with Silumin Matrix:

surf 61 cyl 0.000 0.000 0.188 -60.00 60.00

## LAMPIRAN B TABEL DENSITAS MATERIAL

**Tabel B.1.** Densitas ThO2 pada zona blanket aksial

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Unsur** | **A (g/mol)** | **N (1024/cm3)** |
| Th-232 | 232,038 | 0,021 |
| O-16 | 15,995 | 0,042 |