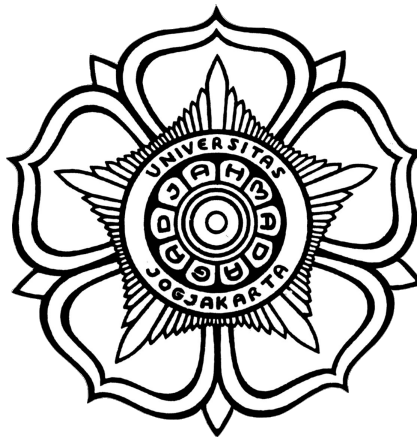


JUDUL SKRIPSI DALAM BAHASA INDONESIA

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

2018

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 Rp. 6000

Nama Lengkap Mahasiswa

NIM. xx/yyyyyy/TK/zzzzz

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI DALAM BAHASA INDONESIA

oleh

Nama Lengkap Mahasiswa

xx/yyyyyy/TK/zzzzz

telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal *tanggal bulan tahun ujian*

Susunan Tim Penguji

Ketua Sidang

Nama Lengkap Ketua Sidang

NIP. XXXXXXXXX XXXXXX X XXX

Penguji Utama

Anggota Penguji

Nama Lengkap Penguji Utama

NIP.

Nama Lengkap Anggota Penguji

NIP.

Diterima dan dinyatakan memenuhi
syarat kelulusan pada tanggal

Ketua Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Teknik Fisika
Fakultas Teknik UGM

Nopriadi, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19731119 200212 1 002

HALAMAN TUGAS
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK NUKLIR DAN TEKNIK FISIKA

Nama : Nama Lengkap Mahasiswa
NIM : xx/yyyyyy/TK/zzzzz
Pembimbing Utama : Nama Lengkap Pembimbing Utama
Pembimbing Pendamping : Nama Lengkap Pembimbing Pendamping
Judul Skripsi : Judul Skripsi dalam Bahasa Indonesia
Permasalahan : Permasalahan yang akan dimunculkan dalam Halaman Tugas. Mohon dirumuskan secara terperinci dan mudah dipahami.

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Nama Lengkap Pembimbing Utama
NIP.

Nama Lengkap Pembimbing Pendamping
NIP.

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika
Fakultas Teknik UGM

Nopriadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19731119 200212 1 002

... Karya ini kupersembahkan untuk diriku sendiri ...

... Motto hari ini adalah tanpa motto sama sekali ...

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 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	1
I.2.1. Batasan Masalah.....	2
I.3. Tujuan Penelitian.....	2
I.4. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1. Isi Tinjauan Pustaka	3
BAB III DASAR TEORI.....	4
III.1. Isi Dasar Teori	4
III.2. HIPOTESIS (<i>bila perlu</i>)	5
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN	6
IV.1. Alat dan Bahan Penelitian	6
IV.2. Tata Laksana Penelitian.....	6
IV.3. Rencana Analisis Hasil Penelitian.....	6
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	8
V.1. Hasil Penelitian	8
V.2. Pembahasan	8
V.3. Contoh Penulisan Persamaan.....	8

V.4. Contoh Penulisan Gambar dan Acuannya	8
V.5. Contoh Penulisan Tabel dan Acuannya	9
V.6. Contoh Penulisan Acuan ke Pustaka yang Digunakan	9
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	10
VI.1. Kesimpulan.....	10
VI.2. Saran	10
DAFTAR PUSTAKA.....	11
LAMPIRAN A CONTOH LISTING PROGRAM <i>INPUT SERPENT</i>	13
LAMPIRAN B TABEL DENSITAS MATERIAL	15

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1. Hasil simulasi teras reaktor KLT-40S desain pada analisis siklus hidup reaktor	9
Tabel B.1. Densitas ThO ₂ pada zona blanket aksial	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1. Perubahan kritikalitas efektif pada pengayaan 18,6 wt% dengan matriks silumin	9
-------------------------------------------------------------------------------------------------	---

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang Romawi

<i>Lambang</i>	<i>Kuantitas</i>	<i>Satuan</i>
a	Luas	m ²
c	Kecepatan cahaya	3 x 10 ⁸ m/s
E	Energi	J
p	Probabilitas neutron lolos resonansi	-
P(t)	Laju produksi neutron	neutron/s
X	Ketebalan materi	m

Lambang Yunani

<i>Lambang</i>	<i>Kuantitas</i>	<i>Satuan</i>
ϵ	Faktor fisi cepat	-
σ	Tampang lintang mikroskopik	barn (10 ⁻²⁴ cm ²)
Σ	Tampang lintang makroskopik	cm ⁻¹
σ_f	Tampang lintang mikroskopik reaksi fisi	barn (10 ⁻²⁴ cm ²)

Subskrip

<i>Lambang</i>	<i>Deskripsi</i>
ext	eksternal
in	inlet

Superskrip

<i>Lambang</i>	<i>Deskripsi</i>
F	fuel
j	Indeks koordinat

Singkatan

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

JUDUL SKRIPSI DALAM BAHASA INDONESIA

Oleh

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

Penggunaan *floating nuclear power plant* (FNPP) atau reaktor nuklir terapung berpotensi dapat memenuhi pemenuhan listrik regional dengan mobilitas tinggi di wilayah perairan serta memiliki muatan daya yang cukup untuk memenuhi *grid* listrik regional yang berukuran menengah ke bawah. Reaktor KLT-40S merupakan FNPP berdaya termal 150 MWt yang didesain oleh *OKBM Afrikantov* Rusia. Penelitian ini akan melakukan analisis terhadap performansi neutronik teras reaktor

KLT-40S desain dalam kode simulasi *Serpent* dengan melakukan pengamatan pada 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 ^{239}Pu sebagai profil hambatan proliferasi.

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/moderator sebesar -21,63755 pcm/K, tanpa penggunaan silumin diperoleh koefisien reaktivitas fraksi *void* -0,2154/K. Fraksi massa isotop ^{239}Pu 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

JUDUL SKRIPSI DALAM BAHASA INGGRIS

by

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

The utility of floating nuclear power plant (FNPP) has a potential of fulfilling regional electricity load with high utility at coastal area with also having appropriate load in order to fulfill a small to moderate regional electrical grid. KLT-40S reactor is a 150 MWt FNPP designed by OKBM Afrikantov, Russia.

This research a neutronic analysis to the KLT-40S reactor core has been conducted using Serpent simulation code by analyzing burnup and operational cycle length value of the core. 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 ^{239}Pu 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 -2.68092×10 pcm/K of fuel temperature reactivity coefficient and -21.63755 pcm/K of coolant/moderator temperature reactivity coefficient, while without silumin matrix appeareance will give $-0.2154/\text{K}$ of void fraction reactivity coefficient. ^{239}Pu 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

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

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

I.2. 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 kebutuhan. Oleh karena itu, agar diperoleh penyelesaian efektif, maka masalah/kebutuhan harus dirumuskan dengan tepat.

Pendekatan penyelesaian masalah menggambarkan secara singkat cara atau metode yang akan ditempuh untuk menyelesaikan akar permasalahan yang telah berhasil 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.

I.2.1. 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.

I.3. Tujuan Penelitian

Berisi uraian tentang tujuan yang akan dicapai dalam penelitian.

I.4. Manfaat Penelitian

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. 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). Oleh karena itu 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.

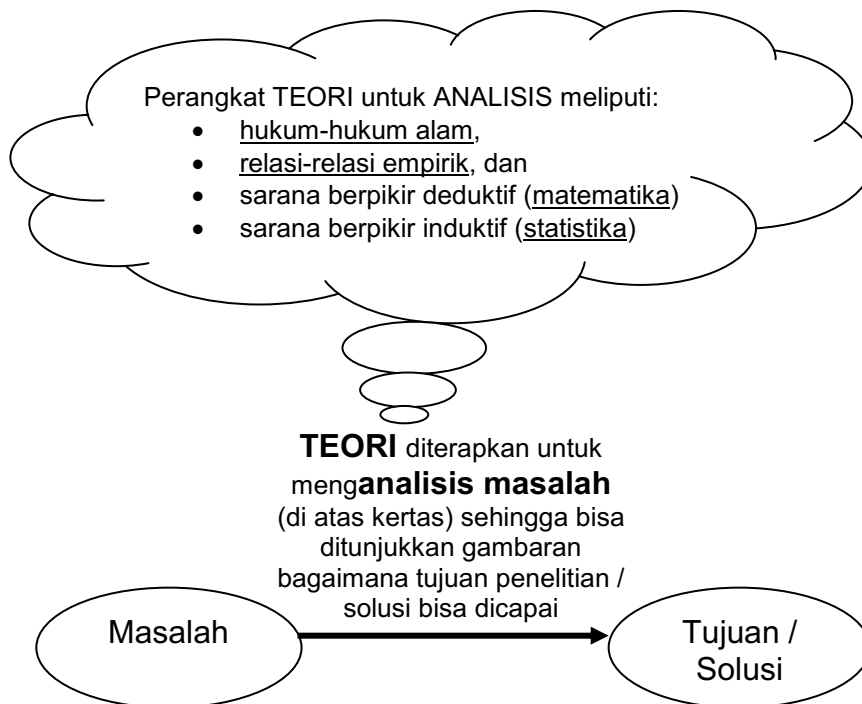
Perlu diperhatikan, pustaka yang diacu harus dipastikan berasal dari sumber yang terpercaya. Untuk itu, peneliti harus bisa membedakan antara **data/fakta** dan opini/pendapat.

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.

BAB III DASAR TEORI

III.1. 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.

III.2. 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.

BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

IV.1. 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.

IV.2. Tata Laksana Penelitian

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

IV.3. 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:

- a) **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.
- b) Pengujian **perbedaan** statistik (rata-rata, korelasi, dlsb) variabel penelitian.

- c) Pengujian **keterkaitan** (korelasi) statistik variabel penelitian.
- d) Pengolahan lain yang relevan dengan tujuan penelitian.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

V.1. 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”.

V.2. Pembahasan

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

V.3. 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).

$$\frac{Dv}{Dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{uu} \quad (5.1)$$

V.4. 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].

V.5. 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]

V.6. 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].

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. 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.

VI.2. 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 Verlag 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 Gd203 + 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