

LAPORAN TUGAS 6
FILE INPUT-OUTPUT

KOMPUTASI NUKLIR



Anggota Kelompok 03:

Bagas Yadher Bima N. A. R. H.	18/431318/TK/47911
Muhammad Farhan Ramadhany	18/431325/TK/47918
Muhammad Syafiq Fauzan	18/428979/TK/47481
Valentinus Elzha Widatama	18/425242/TK/46937
Yaser Caesar Zidan	18/431330/TK/47923

PROGRAM STUDI TEKNIK NUKLIR
DEPARTEMEN TEKNIK NUKLIR DAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2021

DAFTAR ISI

DESKRIPSI MASALAH	1
METODE PENYELESAIAN MASALAH	1
IMPLEMENTASI PROGRAM	3
Input MCNP	3
Variasi Pengayaan dengan Octave	6
Perintah Running MCNP Secara Simultan	7
Perintah Ekstrak Hasil MCNP	8
HASIL SIMULASI	9
Visualisiasi Geometri	9
Contoh Hasil MCNP pada 1% Enrichment	11
Hasil Ekstrak Data	11
Grafik Hubungan Keff dan Variasi Pengayaan	12
PEMBAHASAN	12
PENUTUP	13
Kesimpulan	13
Saran	13

A. DESKRIPSI MASALAH

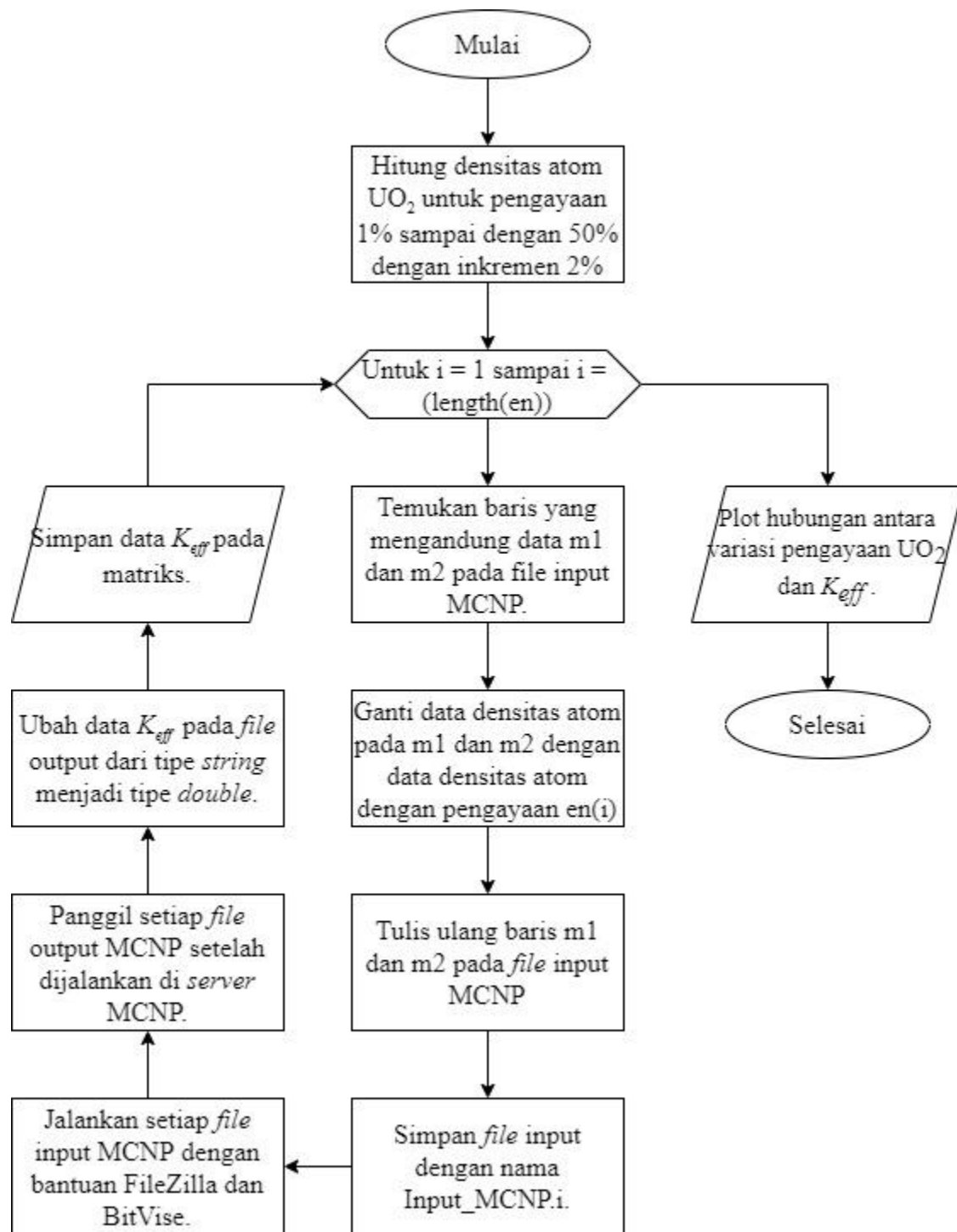
Berdasarkan instruksi yang telah diberikan, kelompok kami berencana untuk melakukan analisis pengaruh nilai kritikalitas reaktor terhadap variasi tingkat pengayaan material uranium (U-235) yang ada di teras bahan bakar. Oleh karena itu diperlukan terlebih dahulu desain reaktor yang akan digunakan. Kelompok kami menggunakan reaktor HTR Prismatic dengan berbagai asumsi dan simplifikasi untuk mempermudah membentuk kode MCNP dan mempercepat proses komputasi di server. Kemudian untuk melakukan variasi pengayaan digunakan perangkat lunak tambahan yaitu MATLAB atau OCTAVE dimana fungsi aplikasi tersebut adalah untuk merubah komposisi tingkat pengayaan uranium secara simultan untuk menghasilkan file baru dan mengekstrak hasil komputasi MCNP pada tiap-tiap hasil running. Kemudian hasil ekstrak tersebut akan diolah lebih lanjut untuk dianalisis.

B. METODE PENYELESAIAN MASALAH

1) Algoritma

- a) Hitung densitas atom UO_2 untuk pengayaan 1% sampai dengan 50% dengan inkremen 2%.
- b) Untuk $i = 1$ sampai $i = \text{banyak variasi pengayaan} (\text{length}(\text{en}))$
 - i) Temukan baris yang mengandung data densitas atom UO_2 (bagian m1 dan m2) pada file input MCNP.
 - ii) Ganti data densitas atom pada m1 dan m2 dengan data densitas atom untuk semua variasi pengayaan.
 - iii) Tulis ulang pada *file* input MCNP yang mengandung data densitas atom pada baris m1 dan m2.
 - iv) Simpan *file* input dengan nama `Input_MCNP_i`.
 - v) Jalankan setiap *file* input MCNP dengan bantuan FileZilla dan BitVise.
 - vi) Panggil setiap *file* output MCNP setelah dijalankan di *server* MCNP.
 - vii) Ubah data K_{eff} pada *file* output dari tipe *string* menjadi tipe *double*.
 - viii) Simpan data K_{eff} pada matriks.
- c) Plot hubungan antara variasi pengayaan UO_2 dan K_{eff} .

2) Diagram Alir



C. IMPLEMENTASI PROGRAM

1) Input MCNP

```
c Cell Card
c fuel pin
  1      1      -10.5  -1
  2      1      -10.5  -2
  3      1      -10.5  -3
  4      1      -10.5  -4
  5      1      -10.5  -5
  6      1      -10.5  -6
  7      1      -10.5  -7
  8      1      -10.5  -8
  9      1      -10.5  -9
 10      1      -10.5 -10
 11      1      -10.5 -11
 12      1      -10.5 -12
 13      1      -10.5 -13
 14      1      -10.5 -14
 15      1      -10.5 -15
 16      1      -10.5 -16
c gas
 17      2      -0.001 51 -52 1 -17
 18      2      -0.001 51 -52 2 -18
 19      2      -0.001 51 -52 3 -19
 20      2      -0.001 51 -52 4 -20
 21      2      -0.001 51 -52 5 -21
 22      2      -0.001 51 -52 6 -22
 23      2      -0.001 51 -52 7 -23
 24      2      -0.001 51 -52 8 -24
 25      2      -0.001 51 -52 9 -25
 26      2      -0.001 51 -52 10 -26
 27      2      -0.001 51 -52 11 -27
 28      2      -0.001 51 -52 12 -28
 29      2      -0.001 51 -52 13 -29
 30      2      -0.001 51 -52 14 -30
 31      2      -0.001 51 -52 15 -31
 32      2      -0.001 51 -52 16 -32
c cladding
 33      3          -8 53 -54 #17 #1 -33
 34      3          -8 53 -54 #18 #2 -34
 35      3          -8 53 -54 #19 #3 -35
 36      3          -8 53 -54 #20 #4 -36
 37      3          -8 53 -54 #21 #5 -37
 38      3          -8 53 -54 #22 #6 -38
 39      3          -8 53 -54 #23 #7 -39
 40      3          -8 53 -54 #24 #8 -40
 41      3          -8 53 -54 #25 #9 -41
 42      3          -8 53 -54 #26 #10 -42
 43      3          -8 53 -54 #27 #11 -43
```

```

44      3      -8 53 -54 #28 #12 -44
45      3      -8 53 -54 #29 #13 -45
46      3      -8 53 -54 #30 #14 -46
47      3      -8 53 -54 #31 #15 -47
48      3      -8 53 -54 #32 #16 -48
c teras
49      2    -0.001 53 -54 -55 56 -57 58 33 34 35 36 37 38 39 40
41 42 43 44 45
      46 47 48
50      4      -1.7 (-55 56 -57 58 ) (54 -61 ) $reflektor_c atas
51      4      -1.7 (-55 56 -57 58 ) (-53 62 ) $reflektor_c bawah
52      4      -1.7 -63 #49 #50 #51 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26
$reflektor_C
      27 28 29 30 31 32 #33 #34 #35 #36 #37 #38 #39 #40
#41 #42 #42 #43
      #44 #45 #46 #47 #48
53      5      -7.8 63 -64 $selubung_Fe
54      6    -0.005 -99 64
55      0          99

c Surface Card
c Bahan Bakar
1      rcc 0 0 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel1
2      rcc 10 0 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel2
3      rcc 20 0 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel3
4      rcc 30 0 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel4
5      rcc 0 10 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel5
6      rcc 10 10 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel6
7      rcc 20 10 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel7
8      rcc 30 10 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel8
9      rcc 0 20 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel9
10     rcc 10 20 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel10
11     rcc 20 20 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel11
12     rcc 30 20 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel12
13     rcc 0 30 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel13
14     rcc 10 30 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel14
15     rcc 20 30 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel15
16     rcc 30 30 -29.7 0 0 59.4 3.35 $fuel16

c gas
17     c/z 0 0 3.4 $He1
18     c/z 10 0 3.4 $He2
19     c/z 20 0 3.4 $He3
20     c/z 30 0 3.4 $He4
21     c/z 0 10 3.4 $He5
22     c/z 10 10 3.4 $He6
23     c/z 20 10 3.4 $He7
24     c/z 30 10 3.4 $He8
25     c/z 0 20 3.4 $He9
26     c/z 10 20 3.4 $He10
27     c/z 20 20 3.4 $He11

```

```

28      c/z 30 20 3.4  $He12
29      c/z 0 30 3.4  $He13
30      c/z 10 30 3.4  $He14
31      c/z 20 30 3.4  $He15
32      c/z 30 30 3.4  $He16
c cladding
33      c/z 0 0 3.5
34      c/z 10 0 3.5
35      c/z 20 0 3.5
36      c/z 30 0 3.5
37      c/z 0 10 3.5
38      c/z 10 10 3.5
39      c/z 20 10 3.5
40      c/z 30 10 3.5
41      c/z 0 20 3.5
42      c/z 10 20 3.5
43      c/z 20 20 3.5
44      c/z 30 20 3.5
45      c/z 0 30 3.5
46      c/z 10 30 3.5
47      c/z 20 30 3.5
48      c/z 30 30 3.5
49      pz -29.7  $bawah_fuel
50      pz 29.7  $atas_fuel
51      pz -29.9  $bawah_gas
52      pz 29.9  $atas_gas
53      pz -30  $bawah_teras
54      pz 30  $atas_teras
55      px 34.9999  $dimensi_teras x
56      px -4.9999  $dimensi_teras x
57      py 34.9999  $dimensi_teras y
58      py -4.9999  $dimensi_teras y
61      pz 50  $ batas reflektor
62      pz -50
63      rcc 15 15 -50 0 0 100 40
64      rcc 15 15 -50 0 0 100 42  $ dimensi penyelimut
reflektor Fe
99      rcc 15 15 -70 0 0 140 62  $ ruangan

c data card
kcode 10000 1 10 100
ksrc 0 0 0
m1      92235.          0.1308  $MAT1
        92238.          0.7505
        8016.           0.1187
m2      2004.           1  $MAT2
m3      40091.          1  $MAT3
m4      6012.           1  $MAT4
m5      26000.          1  $MAT5
m6      6000.           0.00015 $MAT6

```

```

7014.          0.78443
8016.          0.21075
18000.         0.00467
imp:n 1 53r 0 $ 1, 55

```

2) Variasi Pengayaan dengan Octave

```

%Koding untuk membuat variasi input MCNP
clear all; clf; clc;

%Reaktor Eksperimental
%-----Variasi Pengayaan-----
enrich = 1:2:50; %pengayaan U235 (1 s.d. 50)%
fraksi = zeros(length(enrich),3); %Definisi matriks pengayaan
awal

rho = 10.5;      %densitas massa UO2
NA = 6.022E23;   %bilangan avogadro
MrU235 = 235.0439;%Mr U235
MrU238 = 238.0508;%Mr U238
MrO16 = 15.9949; %Mr O16

%Massa Molekul UO2 dengan pengayaan
MrUO2 = (enrich./100)*MrU235 + (1-enrich./100)*MrU238 + 2*MrO16;

%densitas molekul UO2 (/b-cm)
NUO2 = rho./MrUO2.*NA.*10E-24;

%densitas atom O
NO16 = 2.*NUO2;

%densitas atom U
NU = NUO2;
NU235 = (enrich./100).*MrUO2./MrU235.*NUO2; %U235
NU238 = (1-enrich./100).*MrUO2./MrU238.*NUO2; %U238

%Update Pengayaan
fraksi(:,1) = NU235;
fraksi(:,2) = NU238;
fraksi(:,3) = NO16;

%-----Input Variasi Pengayaan-----
%Buka dan Baca input MCNP
file_MCNP = fopen('Input_MCNP.i','rt');

%Read as a cell array of character vectors
text = textscan(file_MCNP,'%s','delimiter','', 'endofline','');
text = text{1}{1};

```



```

fclose(file_MCNP);

for i = 1:length(enrich)
    min = strfind(text,'m1'); %batas atas
    max = strfind(text,'m2'); %batas bawah

    %Definisikan baris baru dengan nilai yang baru
    line1 = sprintf('m1      92235.          %.6f
$MAT1\n',fraksi(i,1));
    line2 = sprintf('          92238.          %.6f \n', fraksi(i,2));
    line3 = sprintf('          8016.          %.6f \n', fraksi(i,3));

    %Rewrite
    newtext = [text(1:min-1), line1, line2, line3, text(max:end)];

    %Save As
    filename = sprintf('Input_MCNP_%s.i', num2str(enrich(i)))
    dlmwrite(filename, newtext, 'delimiter', '');
endfor

```

3) Perintah Running MCNP Secara Simultan

```

for i = 1:length(en)
    fprintf('mcnp.x inp=Input_MCNP_%s.i outp=Output_MCNP_%s.o\n',
num2str(en(i)), num2str(en(i)))
endfor

```

```

mcnp.x inp=Input_MCNP_1.i outp=Output_MCNP_1.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_3.i outp=Output_MCNP_3.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_5.i outp=Output_MCNP_5.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_7.i outp=Output_MCNP_7.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_9.i outp=Output_MCNP_9.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_11.i outp=Output_MCNP_11.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_13.i outp=Output_MCNP_13.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_15.i outp=Output_MCNP_15.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_17.i outp=Output_MCNP_17.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_19.i outp=Output_MCNP_19.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_21.i outp=Output_MCNP_21.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_23.i outp=Output_MCNP_23.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_25.i outp=Output_MCNP_25.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_27.i outp=Output_MCNP_27.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_29.i outp=Output_MCNP_29.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_31.i outp=Output_MCNP_31.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_33.i outp=Output_MCNP_33.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_35.i outp=Output_MCNP_35.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_37.i outp=Output_MCNP_37.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_39.i outp=Output_MCNP_39.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_41.i outp=Output_MCNP_41.o

```

```
mcnp.x inp=Input_MCNP_43.i outp=Output_MCNP_43.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_45.i outp=Output_MCNP_45.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_47.i outp=Output_MCNP_47.o
mcnp.x inp=Input_MCNP_49.i outp=Output_MCNP_49.o
```

4) Perintah Ekstrak Hasil MCNP

```
%Koding ekstrak output MCNP dan plot hasil
clear all; clf; clc;

%-----Panggil Hasil-----
%Penomoran Pengayaan
enrich = 1:2:50;
for i = 1:length(enrich)
    files{i} = sprintf('Output_MCNP_%s.o', num2str(enrich(i)));
end

%Inisialisasi cell mydata
mydata=cell(numel(files),2);

%-----Ekstrak Keff-----
for i=1:numel(files)
    %Definisikan path file output
    myFile=fullfile(files{i});
    %Buka file output
    oneFile=fopen(myFile,'rt');
    %Salin teks file output
    text=textscan(oneFile,'%s','delimiter',' ','endofline','');
    text=text{1}{1};
    %Tutup file output
    oneFile=fclose(oneFile);

    %Cari posisi kata kunci
    target=strfind(text, 'final result');

    %Ambil nilai keff
    x = str2double(text(target + 17 : target+24));

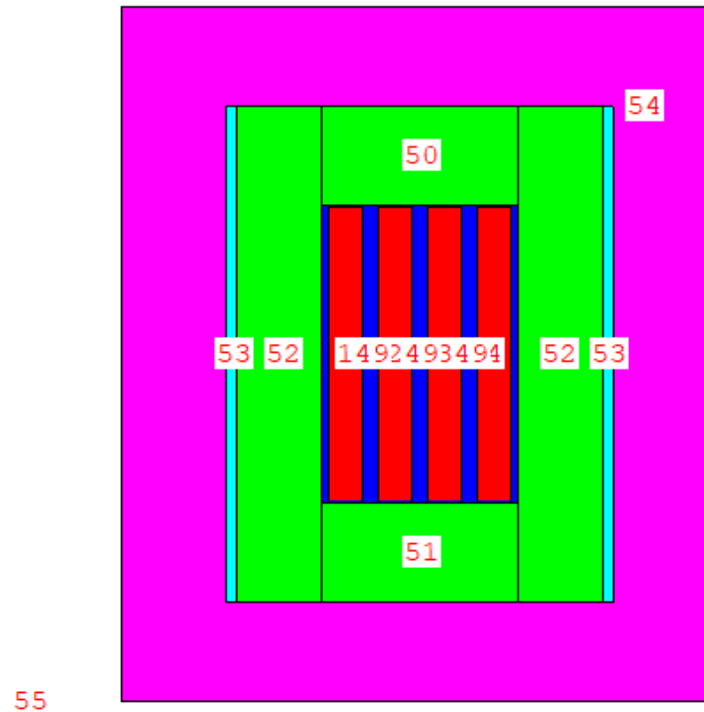
    %Masukkan nilai keff dalam cell mydata
    mydata{i,1}=enrich(i);
    mydata{i,2}=x;
end

%-----Plotting-----
%Ubah cell menjadi matriks untuk plotting
keff = cell2mat(mydata);
plot(keff(:,1),keff(:,2),'r-o');
grid on;
xlabel('U-235 % Enrichment');
```

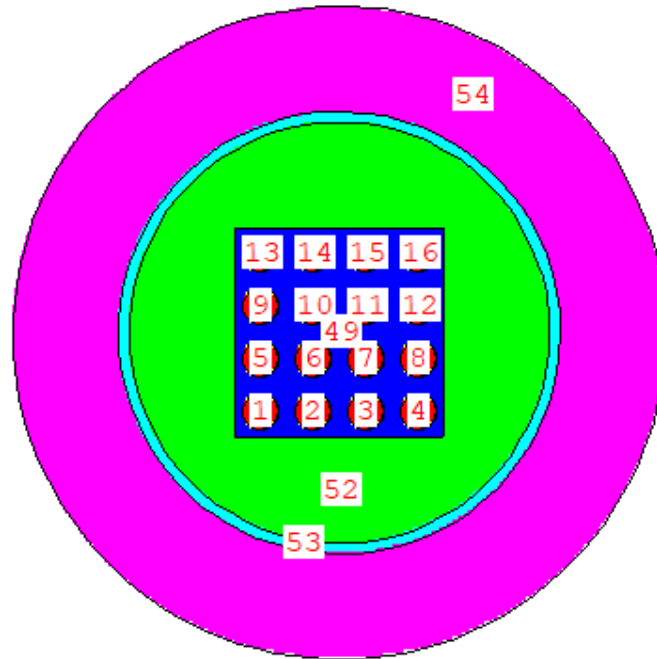
```
ylabel('K-eff');
title('Perbandingan Tingkat Enrichment terhadap Nilai K-eff');
xlim([enrich(1) enrich(end)]);
figure;
```

D. HASIL SIMULASI

1) Visualisiasi Geometri

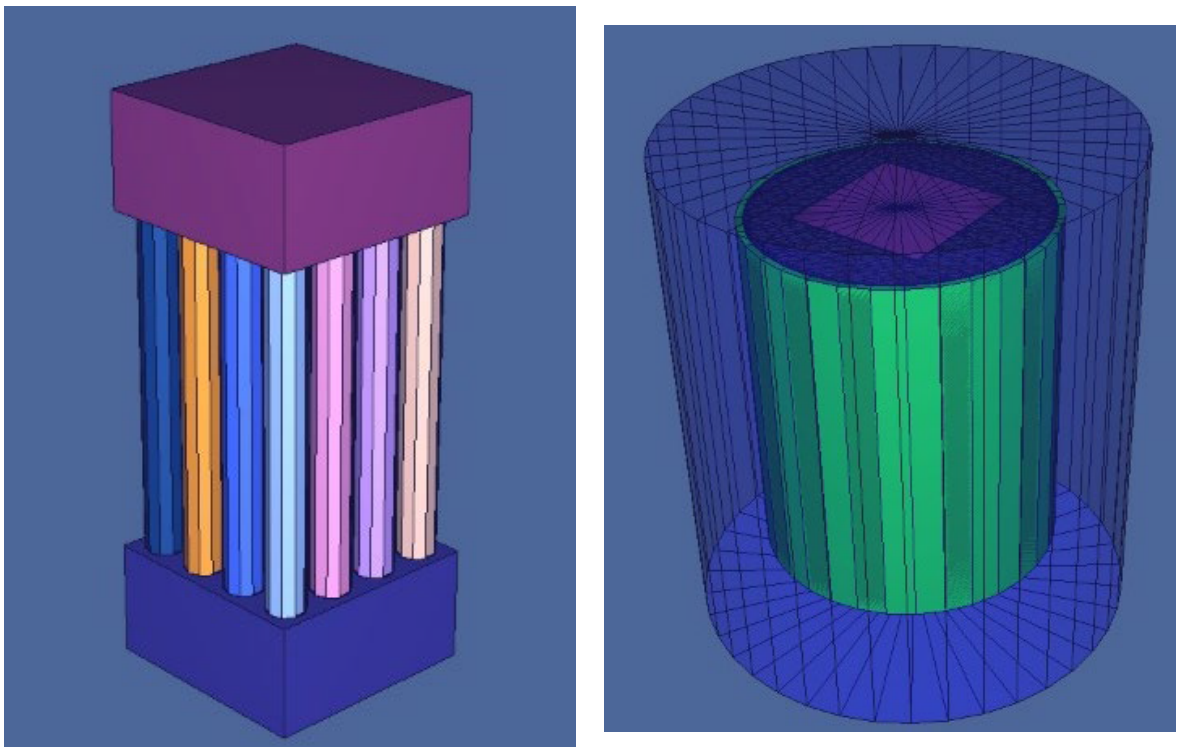


Gambar 1. Tampak Samping Teras Reaktor



55

Gambar 2. Tampak Atas Teras Reaktor



Gambar 3. Tampilan 3D Reaktor Analisis

2) Contoh Hasil MCNP pada 1% Enrichment

```

.....problem.....keff.....standard deviation
.....
.....first half.....0.24966.....0.00049.....
.....second half.....0.24989.....0.00043.....
final result.....0.24974.....0.00032.....

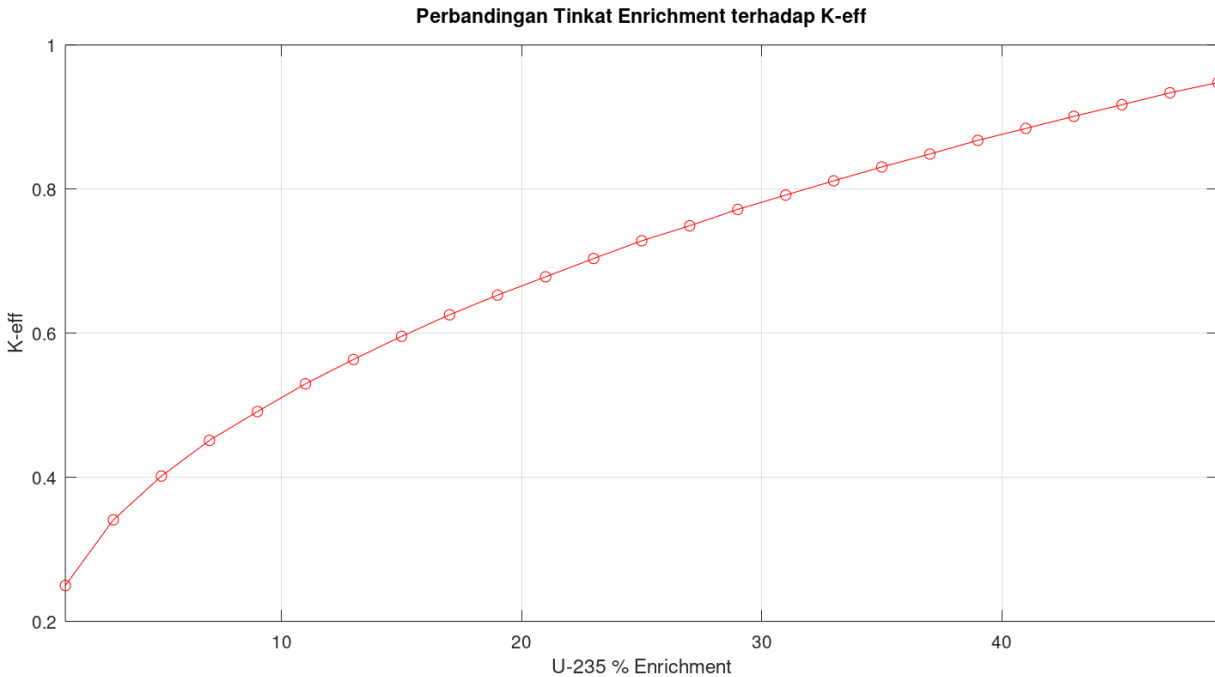
```

3) Hasil Ekstrak Data

Tabel 1. Hasil Perhitungan K_{eff} Tiap Variasi Pengayaan

%Enrich	K_{eff}	%Enrich	K_{eff}
1	0.2497	27	0.7491
3	0.3410	29	0.7718
5	0.4017	31	0.7917
7	0.4511	33	0.8115
9	0.4912	35	0.8307
11	0.5298	37	0.8487
13	0.5635	39	0.8677
15	0.5957	41	0.8842
17	0.6256	43	0.901
19	0.6529	45	0.9171
21	0.6783	47	0.9337
23	0.7036	49	0.9479
25	0.7283	-	-

4) Grafik Hubungan Keff dan Variasi Pengayaan



Gambar 4. Grafik K_{eff} vs %Enrichment

E. PEMBAHASAN

Berdasarkan program yang telah dibuat, program input MCNP yang dibuat adalah merujuk pada desain teras reaktor HTR. Reaktor tersebut memiliki 16 buah (4x4) *fuel assembly* (FA) dengan 3 material yaitu bahan-bakar, gas helium, dan *cladding*. Kemudian gap antara FA diberikan gas pendingin helium.\dan di Sekitar FA diberikan reflektor yang terbuat dari material grafit. Bagian terluar dari teras berupa lapisan besi yang berfungsi sebagai struktur reaktor. Untuk mempermudah pembuatan geometri, material reflektor grafit bagian atas dan bawah tidak diberikan celah gas helium sebagai tempat resirkulasi sehingga diasumsikan gas helium tetap terkungkung berada di dalam teras. Input MCNP yang diberikan memiliki perintah untuk menjalankan perhitungan kritikalitas reaktor, adapun rinciannya yaitu jumlah partikel yang disimulasikan tiap generasi adalah 1000, tebakan nilai kritikalitas awal yaitu 1, jumlah generasi pertama dengan estimasi nilai k diabaikan adalah 10, dan jumlah generasi keseluruhan yang diperhitungkan adalah 100. Kemudian terdapat perintah `ksrc 0 0 0` yang menunjukkan simulasi proses fisi diawali dari FA nomor 1.

kelompok kami menggunakan OCTAVE untuk melakukan variasi material berupa tingkat pengayaan uranium dan melakukan ekstraksi hasil perhitungan kritikalitas di program MCNP teras reaktor. Variasi yang diberikan yaitu pengayaan 1% sampai 49% dengan *increment* 2%. Kemudian dilakukan perintah simpan ulang file tersebut sebanyak 25 buah. Ke 25 buah tadi akan disimulasikan dengan menggunakan komputer server.

Dari hasil yang didapatkan dapat dilihat di Tabel 1 dan Gambar 4. Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah material fissil (U-235) akan membuat nilai kritikalitas semakin besar. Hal ini sejalan dengan persamaan kritikalitas 6 faktor (*6 factors formula*) yaitu sebagai berikut

$$k = \eta f p \epsilon P_{FNL} P_{TNL}$$

Dari persamaan tersebut terdapat variabel Eta (η) yang menyatakan banyaknya jumlah neutron fisi yang dihasilkan tiap tingkat absorpsi di dalam teras. Dengan memperbesar jumlah neutron fisi yang dihasilkan akan membuat Eta dan K semakin besar juga. Meskipun demikian, hasil yang kami dapatkan saat jumlah material fisi melebihi LEU (>20%), reaktor masih dalam kondisi subkritis. Hal tersebut dapat disebabkan oleh *over simplified* geometri teras yang dibuat seperti tidak adanya tempat resirkulasi gas helium, jumlah NPC yang cukup sedikit, dan sebagainya.

F. PENUTUP

1) Kesimpulan

Berdasarkan program yang telah dibuat, penggunaan OCTAVE dapat mempermudah melakukan penggantian komposisi material karena perhitungan komposisi dapat dikerjakan secara komputasi. Kemudian hasil running MCNP memiliki jumlah baris yang sangat banyak sehingga dengan OCTAVE dengan mudah menentukan hasil akhir hanya berdasarkan kata kunci seperti 'final result' dan hasil yang didapatkan tersebut langsung dapat diolah menjadi grafik.

Fenomena yang didapatkan yaitu semakin banyak %enrichment, maka faktor multiplikasi akan semakin meningkat. Akan tetapi pada geometri yang telah dibuat memiliki desain yang *over simplified* sehingga meskipun pengayaan >20%, reaktor masih dalam kondisi subkritis.

2) Saran

Sebaiknya dilakukan pengkajian ulang terhadap desain reaktor agar hasil yang didapatkan lebih maksimal dan terlihat elegan.