

LAPORAN TUGAS PERTEMUAN 13
BILANGAN RANDOM UNTUK SIMULASI MONTE CARLO UNTUK
PARTICLE TRACKING

KOMPUTASI NUKLIR



Disusun Oleh :

Muhammad Farhan Ramadhany (18/431325/TK/47918)

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

I. Persoalan

Soal

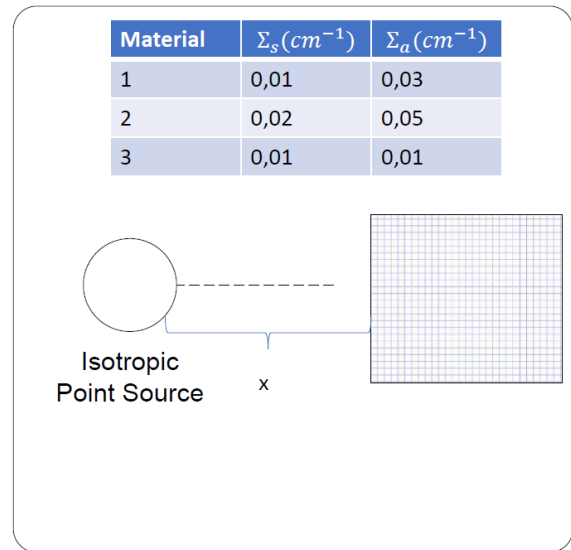
Terdapat sumber neutron bentuk titik yang memancarkan radiasi secara isotropik pada jarak $x=15$ cm dari sebuah *slab* dengan ukuran 100×100 cm yang terbagi ke dalam 100 region pada masing-masing sumbu.

Diketahui material tersebut terbuat dari 3 macam elemen. Tampang lintang makroskopik serapan dan hamburan diberikan pada data di samping.

$N=10^6$

Plot grafik fluence neutron yang jatuh pada setiap region.

Hitung jumlah sampel yang berhasil mencapai slab, yang langsung menembus slab, mengalami serapan, terhambur ke depan slab, dan terhambur ke belakang slab.

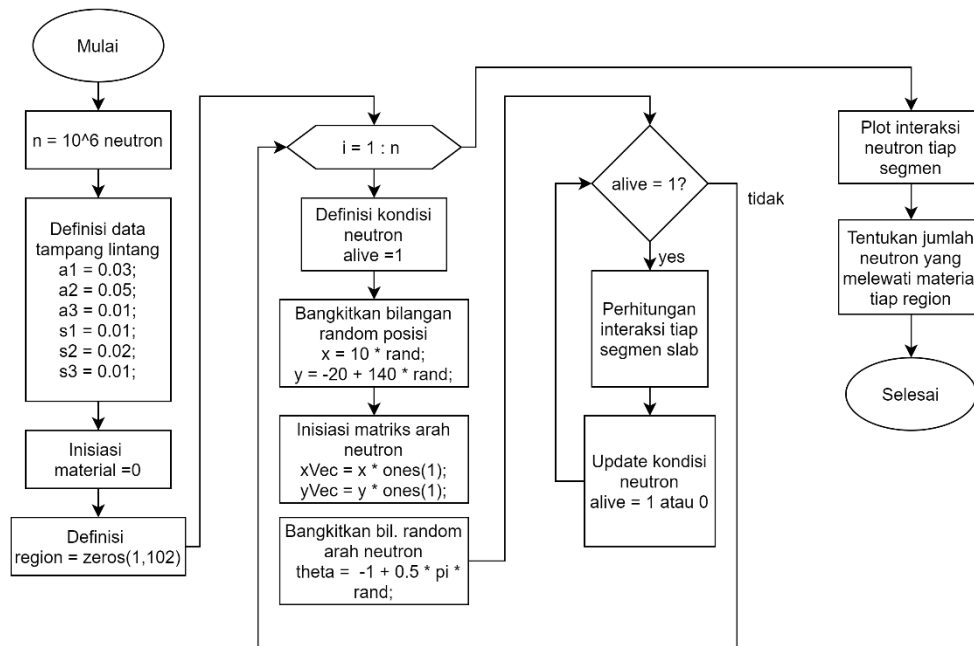


II. Metode Penyelesaian Masalah

a. Algoritma

1. Posisi awal partikel yang disimulasikan dibaca dari data awal posisi partikel.
2. Dilakukan pembangkitan bilangan random untuk sudut arah gerakan partikel.
3. Dilakukan pembangkitan bilangan random untuk menentukan peluang interaksi berdasarkan tampang lintang.
4. Jarak bebas partikel dihitung berdasarkan peluang lolos serapan interaksi total dan tampang lintang makroskopis.
5. Posisi baru partikel dihitung berdasarkan jarak bebas partikel dan sudut arah partikel.
6. Jika partikel mengalami interaksi serapan, maka dilakukan terminasi untuk partikel bersangkutan dan simulasi dilanjutkan untuk partikel berikutnya.
7. Jika interaksi yang terjadi adalah hamburan, maka bangkitkan bilangan random untuk menentukan sudut hamburan berikutnya.
8. Lakukan partice tracking selama melewati medium dan catat jumlah partikel yang melalui tiap region atau segmen.
9. Langkah dikembalikan ke langkah 1. Demikian seterusnya sampai partikel terakhir.

b. Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir Penyelesaian Masalah

III. Implementasi Program

a. Program Utama

```

clear all; clc; clf;
global      transmission      mencapai      serapan      scatter_depan
scatter_belakang tidak_mencapai total

N=1E6;
Sig_s=(0.01+0.02+0.01)/3;
Sig_a=(0.03+0.05+0.01)/3;
thickness=100;

tugas_1 = plot(Sig_s,Sig_a,thickness,N);
tugas_2 = scatter(Sig_s,Sig_a,thickness,N);

%Menampilkan nilai
transmisi           %menembus slab
mencapai            %Masuk ke slab
serapan             %terserap slab
scatter_depan       %Terhambur ke kanan
scatter_belakang    %Terhambur ke kiri
tidak_mencapai      %Tidak memasuki slab
total               %Total neutron
  
```

b. Subprogram 1

```

function tugas_1 = plot(Sig_s,Sig_a,thickness,N)
Sig_t=Sig_a+Sig_s;
iSig_t=1/Sig_t;
  
```

```

%Inisiasi posisi
Pos_collx=zeros(1,N);
Pos_collly=zeros(1,N);

%Posisi sumber dari slab
jarak=15;

global      transmission      mencapai      serapan      scatter_depan
scatter_belakang tidak_mencapai total

%Inisiasi kondisi
transmission=0; %langsung melewati/menembus slab
mencapai=0;
serapan=0;
scatter_depan=0;
scatter_belakang=0;
tidak_mencapai=0;

for i=1:N
    %konsidi awal
    x = 0;
    y = thickness/2;

    %jarak bebas neutron awal
    move_x = 0;
    move_y = 0;

    %sudut neutron
    theta = 360*rand;

    %Status neutron
    alive=1;

    if ((theta<atand((thickness/2)/jarak)) || (theta>(360-
atand((thickness/2)/jarak)))) %mengarah slab
        mencapai = mencapai+1;
        alive=1;
    else
        tidak_mencapai = tidak_mencapai + 1;
        alive=0;
    end

    %Parameter iterasi
    j = 1;
    while(alive)
        %get distance to collision, jarak random
        l=-log(1-rand)*iSig_t;
        %move particle
        move_x = l*cosd(theta);
        move_y = l*sind(theta);
        %update posisi
        x = x + move_x;
        y = y + move_y;
    end
end

```

```

        %menembus slab
        if (j==1) && (x>(jarak+thickness)) &&
(theta<atand((thickness/2)/jarak))
            transmission=transmission+1;
            alive=0;
        %tidak menembus slab
        elseif (j==1) && (x<jarak) &&
(theta<atand((thickness/2)/jarak))
            tidak_mencapai = tidak_mencapai+1;
            alive=0;
        %Terhambur ke kiri
        elseif (j>1)&&(x>(jarak+thickness))
            scatter_belakang=scatter_belakang+1;
            alive=0;
        %terhambur ke kanan
        elseif (j>1)&&(x<jarak)
            scatter_depan=scatter_depan+1;
            alive=0;

        else %menentukan interaksi hamburan atau serapan
            if (rand<Sig_s*iSig_t)
                theta=360*rand;
                j = j+1;
            else %absorb
                serapan=serapan+1;
                alive=0;
            end
        end

    end

    end

    %update posisi hamburan
    Pos_collx(i)=x;
    Pos_colly(i)=y;
end

total =
transmission+scatter_depan+scatter_belakang+serapan+tidak_mencapai;
%batas sumbu
sx = [15:115];
sy = [0:100];
hitung = zeros(100,100);

%hitung interaksi
for i=1:N
    for ty=100:-1:1
        if(Pos_colly(i)>=sy(ty))&&(Pos_colly(i)<sy(ty+1)) %tepi
kiri dan tepi kanan region 1x1
            for tx=1:100
                if(Pos_collx(i)>=sx(tx))&&(Pos_collx(i)<sx(tx+1))
                    hitung(tx,ty)=hitung(tx,ty)+1;
                end
            end
        end
    end
end
end

```

```

    end
end

plt_x = 1:1:100;
plt_y = 1:1:100;
imagesc(sx,sy,hitung');
set(gca,'YDir','normal');
grid on
grid minor
colorbar

end

```

c. Subprogram 2

```

function tugas_2 = scatter(Sig_s,Sig_a,thickness,N)
Sig_t=Sig_a+Sig_s;
iSig_t=1/Sig_t;

%inisialisasi posisi
Pos_coll=zeros(1,N);

%Posisi sumber dari slab
jarak=15;

%inisiiasi status neutron
transmission=0;
mencapai=0;
serapan=0;
scatter_depan=0;
scatter_belakang=0;

for i=1:N
    x(1) = 0;
    y(1) = thickness/2;
    move_x(1) = 0;
    move_y(1) = 0;

    %sudut neutron
    theta = 360*rand;

    %status neutron
    alive=1;

    %jumlah interaksi neutron %berapa kali ngewhile saat alive=1
    j = 1;
    %parameter plot
    k = 1;

    %tracking neutron
    while(alive)
        if (theta<atand((thickness/2)/jarak))
            mencapai = mencapai+1;
            alive=1;
        end
    end
end

```

```

        %get distance to collision, jarak random
        l=-log(1-rand)*iSig_t;

        %move particle
        move_x(j) = l*cosd(theta);
        move_y(j) = l*sind(theta);
        %update posisi
        x(j+1) = x(j) + move_x(j);
        y(j+1) = y(j) + move_y(j);

        if (x(j+1)>(jarak+thickness))
            transmission=transmission+1;
            alive=0;
        elseif (x(j+1)<jarak)
            alive=0;
        elseif (x(j+1)>(jarak+thickness))
            scatter_belakang=scatter_belakang+1;
            alive=0;
        elseif (x(j+1)<jarak)
            scatter_depan=scatter_depan+1;
            alive=0;
        else
            if (rand<Sig_s*iSig_t)
                theta=360*rand;
                j = j+1;
            else
                serapan=serapan+1;
                alive=0;
            end
        end

    end

    end

    for k = 1:j
        u = x(k);
        v = y(k);
        hold on;
        quiver (u,v,move_x(k),move_y(k),0,"linewidth",2);
        axis equal;
        grid on;
        k = k+1;
    end

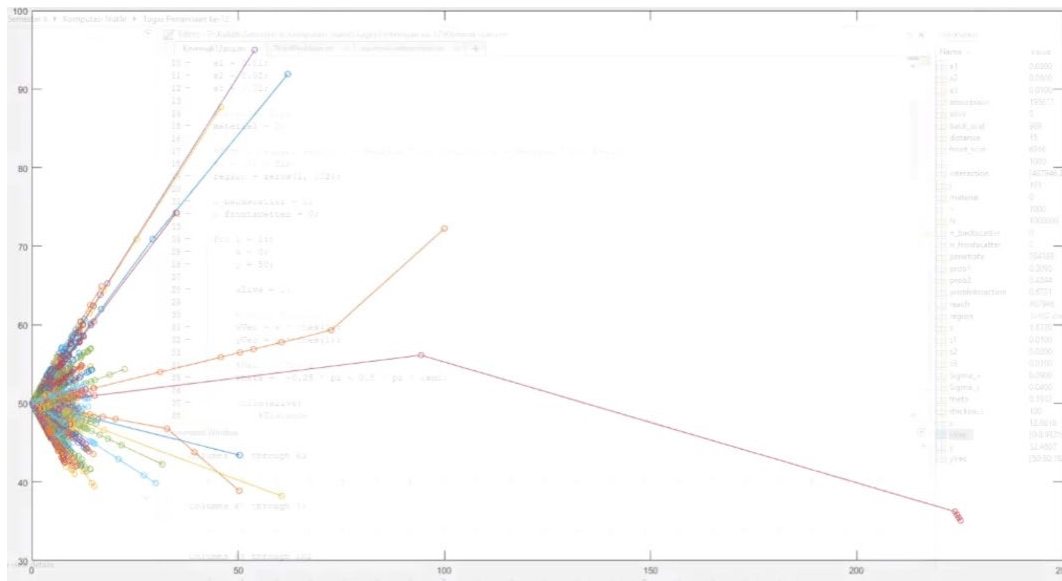
    end

    Save the figure
    print('coba_scatter1.png','-dpng','-r0')
    close all;
end

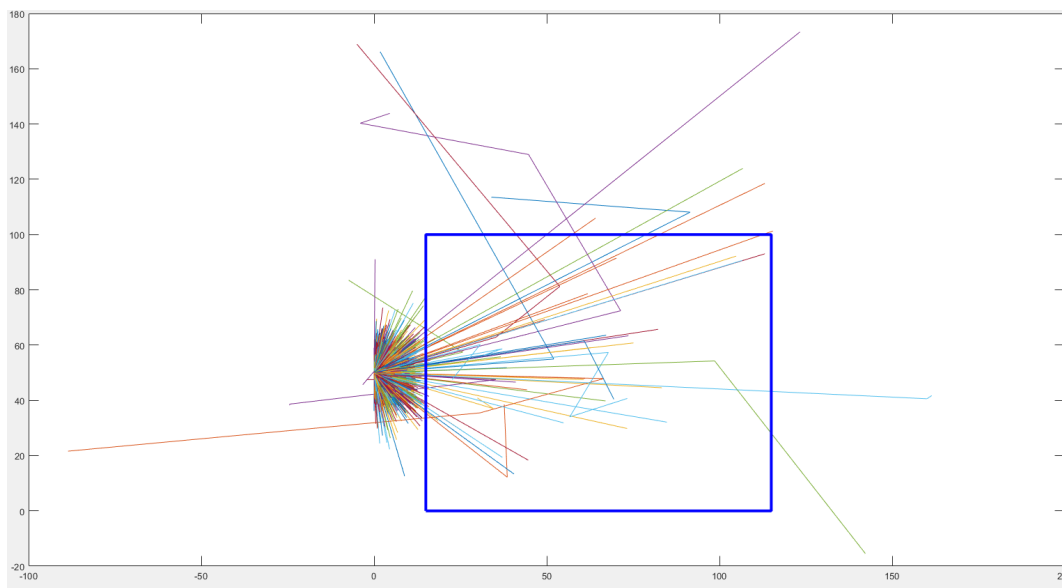
```

IV. Hasil

a. Plot grafik neutron yang melewati tiap region



Gambar 2. Hasil *run 1*, neutron tracking



Gambar 3. Hasil *run 2*, interaksi neutron dalam *slab*

b. Jumlah sampel tiap kondisi pada salah satu run

```
transmission = 544
mencaapai = 406750
serapan = 242372
scatter_depan = 41262
scatter_belakang = 1096
tidak_mencapai = 714726
total = 1000000
```


V. Pembahasan

Berdasarkan permasalahan yang ada, sumber neutron yang diletakkan 15 cm dari slab merupakan pemancar neutron dengan energi yang homogen. Pada slab tersebut dilakukan homogenisasi secara kasar yaitu merata-rata nilai tampang lintang serapan dan hamburan. Lalu dalam sistem yang dibuat terdiri dari 102 region yaitu 1 region sebelah kiri, 100 region untuk slab, dan 1 region sebelah kanan. Dalam simulasi yang dilakukan juga dilakukan normalisasi probabilitas interaksi yang mungkin terjadi seperti normalisasi probabilitas interaksi hamburan dan serapan neutron.

Pada bagian slab, pembagian material berdasarkan posisi-posisinya yaitu posisi 15 cm sampai 55 cm merupakan material 1, posisi 55 cm sampai 85 cm merupakan material 2, dan posisi 85 cm sampai 115 cm merupakan material 3. Pada ketiga material tersebut ditentukan status neutron apakah telah terserap material atau belum. Dalam menentukannya ditentukan dahulu jarak bebas/tempuh neutron (s) yang dipengaruhi oleh tiap tampang lintang material dan bilangan random. Kemudian probabilitas interaksi dihitung melalui persamaan berikut :

$$s = - \frac{\ln(1 - \text{bil. random})}{\Sigma_a + \Sigma_s}$$
$$p = 1 - \exp(-(\Sigma_a + \Sigma_s) \times s)$$

Lalu pada posisi 0 s.d. 15 cm dan 115 s.d. 130 cm merupakan posisi diluar slab dan probabilitas interaksinya diasumsikan sebagai nilai logaritma natural dari pembangkitan bilangan random saja. Setelah ditentukan akan terjadi interaksi maka dilakukan perhitungan probabilitas interaksi lagi untuk menentukan apakah neutron mengalami serapan, bergerak lurus, atau mengalami hamburan berdasarkan posisi s terakhirnya. Kejadian ini terjadi secara terus-menerus untuk semua neutron saat partikel berada di berbagai medium dengan berbagai kondisi bilangan random yang dibangkitkan sampai mencapai batas terminasinya.

Setelah dilakukan simulasi didapati bahwa ketika neutron memasuki pelat pada sudut yang berbeda, lebih sedikit neutron yang ditransmisikan melalui pelat tanpa tumbukan. Dapat dilihat pada bagian hasil simulasi, sub-bab b, bahwa banyaknya neutron yang berhasil menembus slab adalah 544 neutron, mencapai kedalam slab sebanyak 40670 neutron, mengalami serapan dengan material sebanyak 242372 neutron, mengalami hamburan ke arah kanan sebanyak 41263 neutron, terhambur balik sebanyak 1096 neutron, dan tidak mencapai slab (tidak berhasil masuk) sebanyak 714726 neutron. Jumlah neutron tersebut bergantung pada nilai-nilai kebolehjadian dan bergantung pada nilai tampang lintangnya. Dapat dilihat pula pada gambar simulasi jika posisi partikel semakin ke kanan jumlah neutron yang berhasil

lolos sangatlah sedikit. Hal tersebut telah sesuai bahwa selama neutron bergerak akan mengalami berbagai interaksi yang membuat tidak semua neutron akan berhasil menembus slab. Kita dapat melakukan studi konvergensi dengan meningkatkan jumlah neutron yang disimulasikan dan melihat keakuratan perhitungannya.