

UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS)

GENAP 2022/2023

Mata Kuliah: Pemrograman Komputer Geofisika

Nama: Ajam Jamaludin

NIM: 19/445602/PA/19426

Soal

Anda diminta untuk mengimplementasikan persamaan untuk menghitung nilai potensial gravitasi pada suatu titik amat yang berada pada suatu koordinat kartesian ($U(x, y, z)$) menggunakan bahasa Julia dengan kemampuan komputasi paralel (CPU atau GPU).

Nilai potensial gravitasi pada suatu titik akibat suatu volume anomali dirumuskan dengan persamaan di bawah ini:

$$U(x, y, z) = G \sum_V \frac{\rho(\xi, \eta, \zeta) d\xi d\eta d\zeta}{((\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + (\zeta - z)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

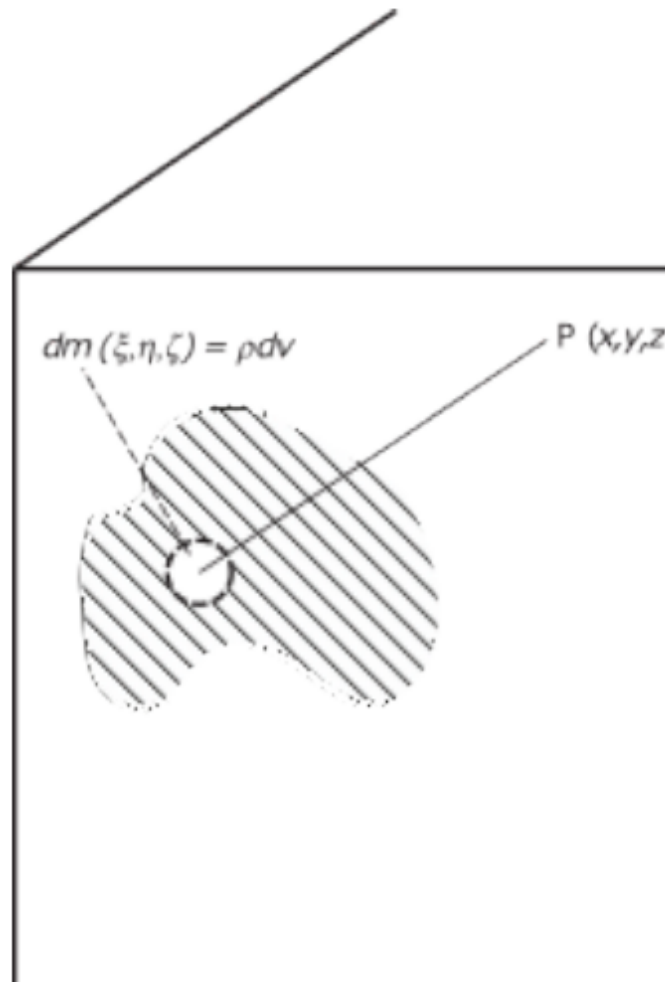
Keterangan:

G adalah konstanta gravitasi universal

ρ adalah densitas sebagai fungsi spasial ξ, η, ζ

V adalah volume anomali

Gambar di bawah ini menjelaskan ilustrasi suatu medium, dimana di dalam nya terdapat suatu massa yang dikarakterisasikan dengan suatu distribusi densitas $\rho(\xi, \eta, \zeta)$



Buatkan suatu fungsi yang dapat menghitung nilai potensial gravitasi berdasarkan persamaan di atas! Gunakan bahasa pemrograman Julia dan manfaatkan pemrograman paralel. Anda dapat memilih untuk paralelisasi menggunakan CPU ataupun GPU. Uji kode yang sudah anda buat dengan anomali berbentuk sederhana (kubus, bola, dan silinder vertikal) dengan titik amat berada di satu bidang permukaan.

Jawaban

Fungsi

```
1 using Plots
```

```
► GRBackend()
```

```
1 gr()
```

```
1 using .Threads
```

```
2
```

```
1 Threads.nthreads()
```

```
G = 6.6743e-11
```

```
1 G = 6.67430e-11 # N m^2 kg^-2
```

```
density = ▶ [200000.0, 300000.0, 50000.0]
```

```
1 density = [2e5, 3e5, 5e4]
```

```
gravitational_potential (generic function with 1 method)
```

```
1 function gravitational_potential(x, y, z, volume, density)
2     potential = Atomic{Float64}(0.0) # Menggunakan Atomic untuk menjaga akses yang
    aman ke variabel potential
3
4     @threads for (ix, iy, iz) in volume
5         distance = sqrt((ix - x)^2 + (iy - y)^2 + (iz - z)^2)
6
7         if distance != 0.0
8             atomic_add!(potential, sum(density[:] ./ distance))
9         end
10    end
11
12    potential[] *= G
13    return potential[]
14 end
15
```

Fungsi `gravitational_potential` digunakan untuk menghitung potensial gravitasi dari sebuah titik yang ada pada benda bervolume. Pada contoh di sini, didefinisikan fungsi densitas $\rho(\xi, \eta, \zeta) = (2e5, 3e5, 5e4)$.

```
cube_volume (generic function with 1 method)
```

```
1 function cube_volume(a, sample)
2     volume = []
3     for x in range(0,a,sample)
4         for y in range(0,a,sample)
5             for z in range(0,a,sample)
6                 push!(volume, (x, y, z))
7             end
8         end
9     end
10    return volume
11 end
```

sphere_volume (generic function with 1 method)

```
1 function sphere_volume(radius)
2     volume = []
3     for ix in -radius:radius
4         for iy in -radius:radius
5             for iz in -radius:radius
6                 if (ix^2 + iy^2 + iz^2) <= radius^2
7                     push!(volume, (ix, iy, iz))
8                 end
9             end
10        end
11    end
12    return volume
13 end
14
```

cylinder_volume (generic function with 1 method)

```
1 function cylinder_volume(radius, height, num_points)
2     volume = []
3     theta_step = 2π / num_points
4
5     for theta in 0:theta_step:2π
6         for z in 0:height/num_points:height
7             x = radius * cos(theta)
8             y = radius * sin(theta)
9             push!(volume, (x, y, z))
10        end
11    end
12    return volume
13 end
```

Fungsi cube_volume, sphere_volume, dan cylinder_volume digunakan untuk membuat titik sampel permukaan benda pada sistem koordinat.

plot_sphere (generic function with 1 method)

```
1 function plot_sphere(volume)
2     x = [point[1] for point in volume]
3     y = [point[2] for point in volume]
4     z = [point[3] for point in volume]
5     plot3d(x, y, z, legend = false)
6     xlabel!("X")
7     ylabel!("Y")
8     zlabel!("Z")
9     title!("Sphere Volume")
10 end
```

plot_cube (generic function with 1 method)

```
1 function plot_cube(a, sample)
2     volume = cube_volume(a, sample)
3     x = [point[1] for point in volume]
4     y = [point[2] for point in volume]
5     z = [point[3] for point in volume]
6
7     plot3d(x, y, z, legend = false)
8     xlabel!("X")
9     ylabel!("Y")
10    ylabel!("Z")
11    title!("Cube Volume")
12 end
```

plot_cylinder (generic function with 1 method)

```
1 function plot_cylinder(radius, height, num_points)
2     volume = cylinder_volume(radius, height, num_points)
3     x = [point[1] for point in volume]
4     y = [point[2] for point in volume]
5     z = [point[3] for point in volume]
6
7     plot3d(x, y, z, legend = false)
8     xlabel!("X")
9     ylabel!("Y")
10    ylabel!("Z")
11    title!("Cylinder Volume")
12 end
```

Fungsi plot_cube, plot_sphere, dan plot_cylinder digunakan untuk membuat plot bentuk benda pada sistem koordinat.

cube_heatmap (generic function with 1 method)

```
1 function cube_heatmap(a, sample, cube)
2     px = range(0, stop=a, length=sample)
3     py = range(0, stop=a, length=sample)
4     U = Array{Any}(undef, (sample, sample))
5     for jx in 1:length(px)
6         for jy in 1:length(py)
7             U[jy, jx] = gravitational_potential(px[jx], py[jy], 0, cube, density)
8         end
9     end
10    contourf(U)
11    title!("Gravitational Potential Heatmap of a Cube Surface")
12 end
```

Fungsi cube_heatmap digunakan untuk membuat plot potensial gravitasi dari sebuah sisi kubus.

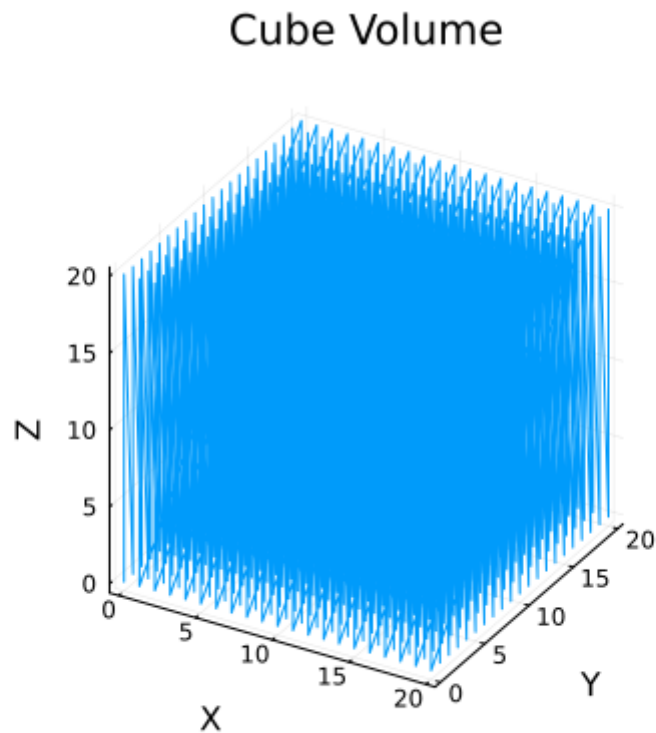
Tes Kubus

cube_edge = 20

```
1 cube_edge = 20
```

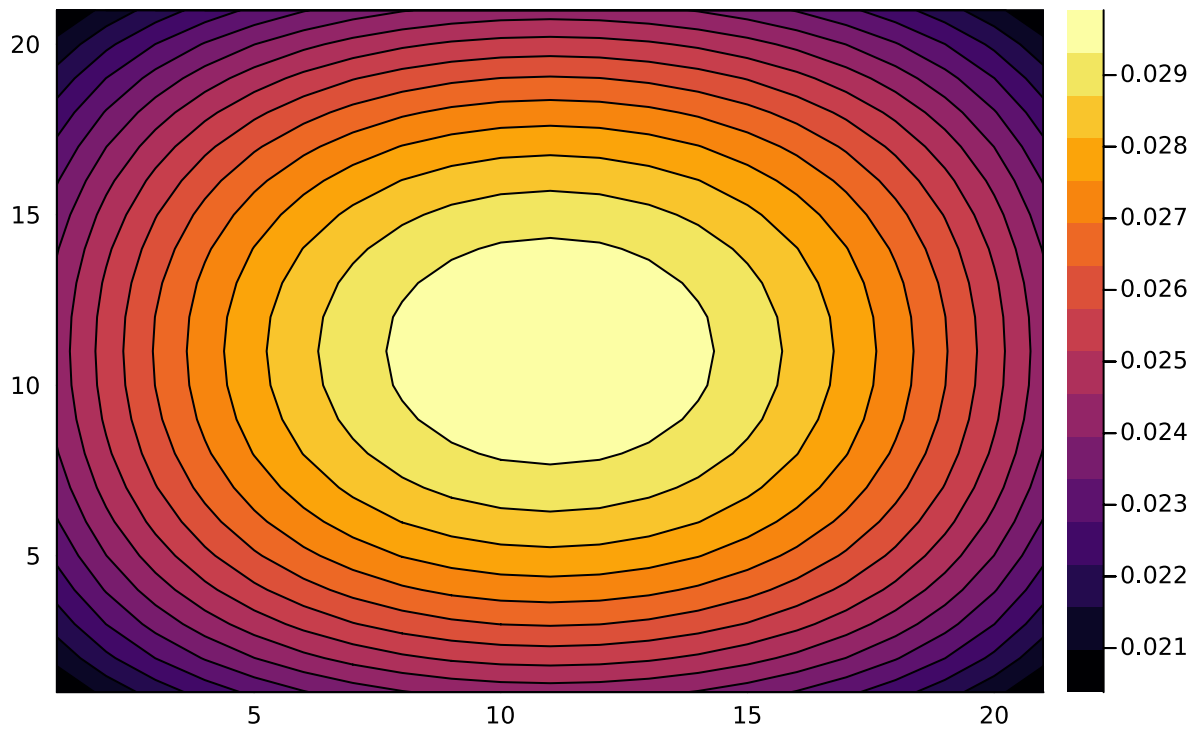
```
1 cube_sample = cube_edge+1
```

► [(0.0, 0.0, 0.0), (0.0, 0.0, 1.0), (0.0, 0.0, 2.0), (0.0, 0.0, 3.0), (0.0, 0.0, 4.0), (0.0, 0.0, 5.0), (0.0, 0.0, 6.0), (0.0, 0.0, 7.0), (0.0, 0.0, 8.0), (0.0, 0.0, 9.0), (0.0, 0.0, 10.0), (0.0, 0.0, 11.0), (0.0, 0.0, 12.0), (0.0, 0.0, 13.0), (0.0, 0.0, 14.0), (0.0, 0.0, 15.0), (0.0, 0.0, 16.0), (0.0, 0.0, 17.0), (0.0, 0.0, 18.0), (0.0, 0.0, 19.0), (0.0, 0.0, 20.0), (0.0, 0.0, 21.0), (0.0, 0.0, 22.0), (0.0, 0.0, 23.0), (0.0, 0.0, 24.0), (0.0, 0.0, 25.0), (0.0, 0.0, 26.0), (0.0, 0.0, 27.0), (0.0, 0.0, 28.0), (0.0, 0.0, 29.0), (0.0, 0.0, 30.0), (0.0, 0.0, 31.0), (0.0, 0.0, 32.0), (0.0, 0.0, 33.0), (0.0, 0.0, 34.0), (0.0, 0.0, 35.0), (0.0, 0.0, 36.0), (0.0, 0.0, 37.0), (0.0, 0.0, 38.0), (0.0, 0.0, 39.0), (0.0, 0.0, 40.0), (0.0, 0.0, 41.0), (0.0, 0.0, 42.0), (0.0, 0.0, 43.0), (0.0, 0.0, 44.0), (0.0, 0.0, 45.0), (0.0, 0.0, 46.0), (0.0, 0.0, 47.0), (0.0, 0.0, 48.0), (0.0, 0.0, 49.0), (0.0, 0.0, 50.0), (0.0, 0.0, 51.0), (0.0, 0.0, 52.0), (0.0, 0.0, 53.0), (0.0, 0.0, 54.0), (0.0, 0.0, 55.0), (0.0, 0.0, 56.0), (0.0, 0.0, 57.0), (0.0, 0.0, 58.0), (0.0, 0.0, 59.0), (0.0, 0.0, 60.0), (0.0, 0.0, 61.0), (0.0, 0.0, 62.0), (0.0, 0.0, 63.0), (0.0, 0.0, 64.0), (0.0, 0.0, 65.0), (0.0, 0.0, 66.0), (0.0, 0.0, 67.0), (0.0, 0.0, 68.0), (0.0, 0.0, 69.0), (0.0, 0.0, 70.0), (0.0, 0.0, 71.0), (0.0, 0.0, 72.0), (0.0, 0.0, 73.0), (0.0, 0.0, 74.0), (0.0, 0.0, 75.0), (0.0, 0.0, 76.0), (0.0, 0.0, 77.0), (0.0, 0.0, 78.0), (0.0, 0.0, 79.0), (0.0, 0.0, 80.0), (0.0, 0.0, 81.0), (0.0, 0.0, 82.0), (0.0, 0.0, 83.0), (0.0, 0.0, 84.0), (0.0, 0.0, 85.0), (0.0, 0.0, 86.0), (0.0, 0.0, 87.0), (0.0, 0.0, 88.0), (0.0, 0.0, 89.0), (0.0, 0.0, 90.0), (0.0, 0.0, 91.0), (0.0, 0.0, 92.0), (0.0, 0.0, 93.0), (0.0, 0.0, 94.0), (0.0, 0.0, 95.0), (0.0, 0.0, 96.0), (0.0, 0.0, 97.0), (0.0, 0.0, 98.0), (0.0, 0.0, 99.0)]



```
1 plot_cube(cube_edge, cube_sample)
```

Gravitational Potential Heatmap of a Cube Surface



```
1 cube_heatmap(cube_edge, cube_sample, cube)
```

```
0.029906498821376526
```

```
1 gravitational_potential(cube_edge/2, 0, cube_edge/2, cube, density) # U di titik  
tengah permukaan
```

```
0.02038317661300761
```

```
1 gravitational_potential(0, 0, cube_edge, cube, density) # U di titik sudut permukaan
```

Untuk pengujian fungsi, digunakan sebuah kubus dengan panjang sisi 20. Potensial gravitasi di titik tengah permukaan sebuah sisi kubus cenderung lebih besar daripada di bagian pinggir sisi kubus.

Tes Bola

```
sphere_radius = 10
```

```
1 sphere_radius = 10
```

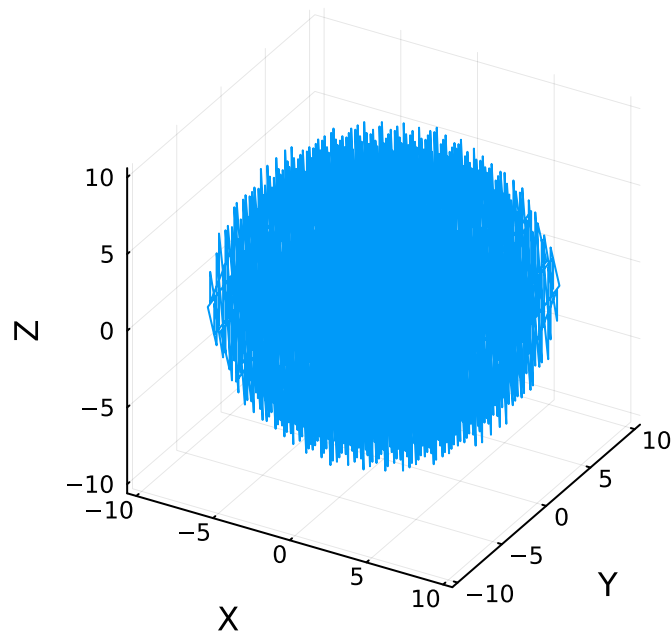
```
sphere =
```

```
▶ [(-10, 0, 0), (-9, -4, -1), (-9, -4, 0), (-9, -4, 1), (-9, -3, -3), (-9, -3, -2), (-9, -3,
```

```
◀
```

```
1 sphere = sphere_volume(sphere_radius)
```

Sphere Volume



```
1 plot_sphere(sphere)
```

```
0.015149443173802532
```

```
1 gravitational_potential(0, 0, sphere_radius, sphere, density) # U di permukaan bola  
dengan z = jari-jari
```

```
0.015149443173802525
```

```
1 gravitational_potential(0, sphere_radius, 0, sphere, density) # U di permukaan bola  
dengan y = jari-jari
```

```
0.015149443173802464
```

```
1 gravitational_potential(sphere_radius, 0, 0, sphere, density) # U di permukaan bola  
dengan x = jari-jari
```

Besar potensial gravitasi pada tiga buah titik di permukaan bola cenderung sama besarnya, yaitu sekitar 0.0151.

Tes Silinder

```
cylinder_radius = 5
```

```
1 cylinder_radius = 5
```

```
cylinder_height = 10
```

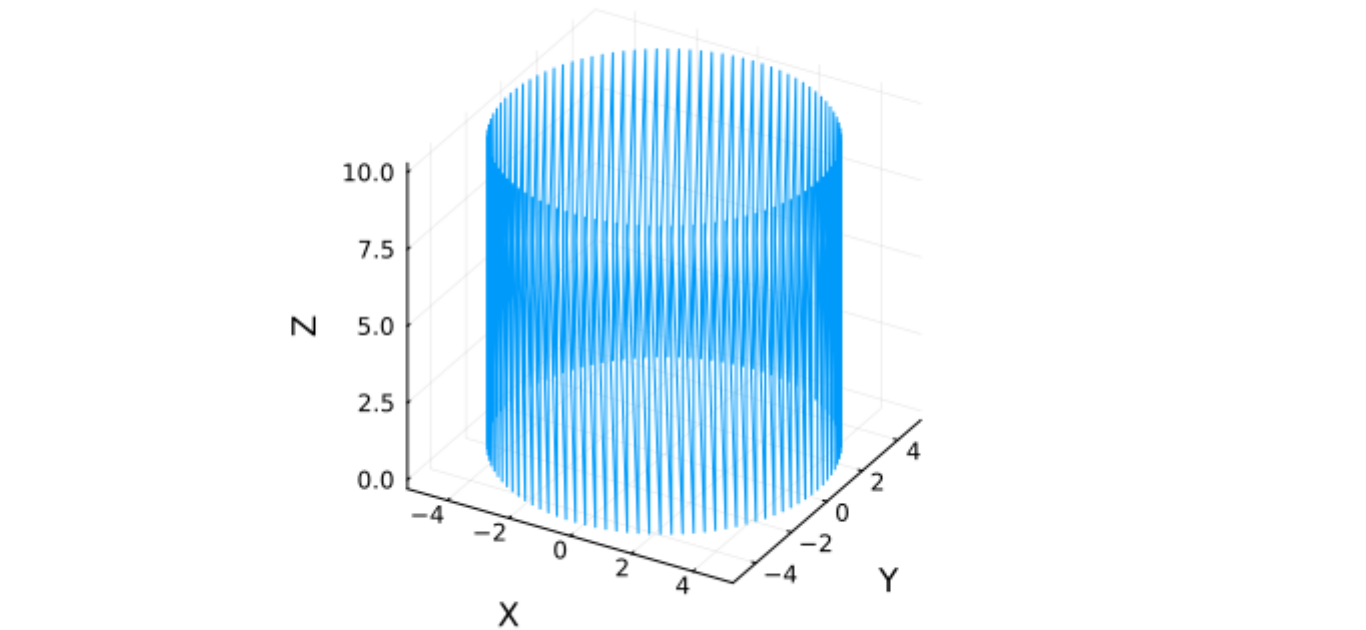
```
1 cylinder_height = 10
```

```
cylinder_points = 100
```

```
1 cylinder_points = 100
```


◀ [REDACTED] ▶

Cylinder Volume



```
1 plot_cylinder(cylinder_radius, cylinder_height, cylinder_points)
```

0.01904633417097442

```
1 gravitational_potential(0, cylinder_radius, cylinder_height/2, sphere, density) # U
```

di titik tengah selimut

0.01369418911140625

```
1 gravitational_potential(0, cylinder_radius, cylinder_height, sphere, density) # U
   di titik ujung atas selimut
```