SIMULASI NUMERIK MEDAN ELEKTROMAGNETIK DALAM DISTRIBUSI MUATAN MENGGUNAKAN METODE POISSON DAN PERSAMAAN MAXWELL

Presentasi oleh kelompok 1

PERKENALAN KELOMPOK

ACHMAD NURNAAFI

ACHMAD SALDY FADHLY SAPUTRA

HARYANTO

YOHANES RADITO PUTRA

ISI PRESENTASI

PENDAHULUAN

HASIL DAN PEMBAHASAN

METODE

PENUTUP

PERSAMAAN MAXWELL

Persamaan Maxwell adalah himpunan empat persamaan diferensial parsial yang mendeskripsikan sifat-sifat medan listrik dan medan magnet dan hubungannya dengan sumber-sumbernya, muatan listrik dan arus listrik, menurut teori elektrodinamika klasik. Keempat persamaan ini digunakan untuk menunjukkan bahwa cahaya adalah gelombang elektromagnetik. Secara terpisah, keempat persamaan ini masing-masing disebut sebagai Hukum Gauss, Hukum Gauss untuk magnetisme, Hukum induksi Faraday, dan Hukum Ampere.

PERSAMAAN POISSON

Persamaan poisson adalah suatu persamaan diferensial parsial jenis eliptik yang juga banyak digunakan dalam fisika. Persamaan ini muncul salah satunya dalam menjelaskan pengaruh medan potensial, misalnya pengaruh medan potensial muatan listrik terhadap medan elektrostatik.

METODE

PERSAMAAN POISSON

Persamaan metode Poisson untuk menghitung medan listrik:

$$E(i, j) = (E(i+1, j) + E(i-1, j) + E(i, j+1) + E(i, j-1) + \rho(i, j) * dx^2 / \varepsilon_0) / 4$$

Dalam persamaan yang diberikan:

- E(i, j) adalah medan listrik pada titik koordinat (i, j).
- E(i+1, j), E(i-1, j), E(i, j+1), dan E(i, j-1) adalah nilai medan listrik pada titik-titik tetangga dari (i, j). Masing-masing mewakili medan listrik di atas, di bawah, di sebelah kanan, dan di sebelah kiri titik (i, j).
- ρ(i, j) adalah rapat muatan pada titik koordinat (i, j). Rapat muatan ini digunakan untuk memperhitungkan pengaruh muatan pada medan listrik.
- dx adalah jarak antara dua titik koordinat yang berdekatan dalam arah x (horisontal).
- ε0 adalah permitivitas ruang hampa, suatu konstanta fisika yang menggambarkan sifat elektrik dari ruang hampa.

PERSAMAAN MAXWELL

1. Persamaan Gauss untuk medan listrik (Poisson's equation): $\nabla^2\Phi = -\rho/\varepsilon_0$

- di mana:
  - $\nabla^2\Phi$ adalah laplacian dari medan listrik Φ,
  - ρ adalah rapat muatan,
  - ε_0 adalah permitivitas ruang hampa.

2. Persamaan Gauss untuk medan magnetik: $\nabla \cdot B = 0$

- di mana:
  - $\nabla \cdot B$ adalah divergensi dari medan magnetik B.

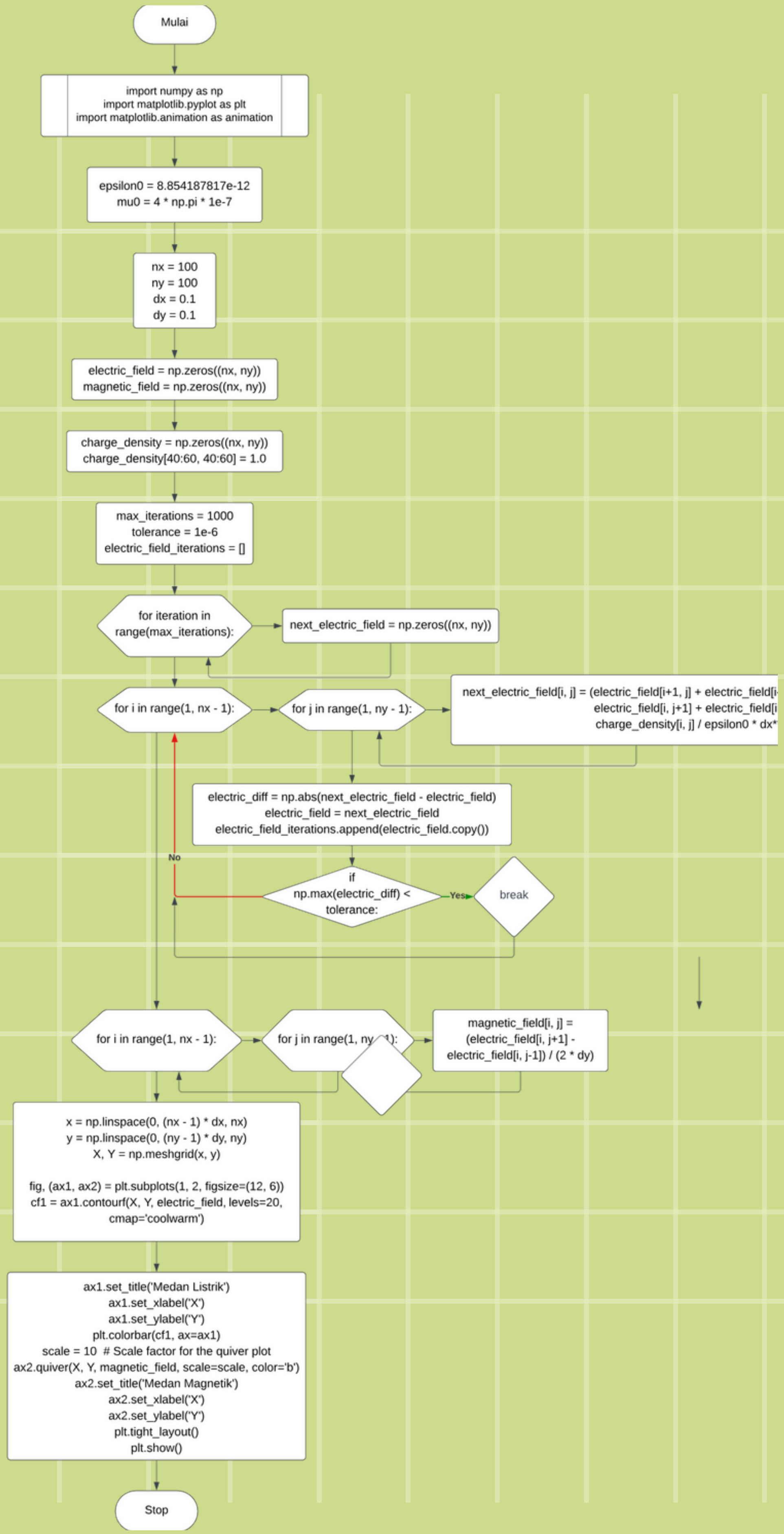
3. Persamaan Faraday untuk medan magnetik: $\nabla \times E = -\partial B/\partial t$

- di mana:
  - $\nabla \times E$ adalah rotasi dari medan listrik E,
  - $\partial B/\partial t$ adalah turunan parsial medan magnetik B terhadap waktu.

ALGORITMA

1. Import library yang diperlukan.
2. Menentukan parameter konstan.
3. Menentukan dimensi grid dan ukuran langkah.
4. Menginisialisasi grid untuk medan listrik dan medan magnetik.
5. Menginisialisasi distribusi muatan.
6. Mengiterasi hingga konvergensi:
    - Menghitung medan listrik menggunakan metode Poisson.
    - Menghitung selisih perubahan medan listrik.
    - Mengupdate medan listrik.
    - Menyimpan medan listrik pada setiap iterasi.
    - Menghentikan iterasi jika selisih perubahan sudah cukup kecil.
7. Menghitung medan magnetik menggunakan persamaan Maxwell.
8. Membuat grid untuk plotting.
9. Membuat dan menampilkan plot medan listrik dan medan magnetik.
10. Selesai.

FLOWCHART



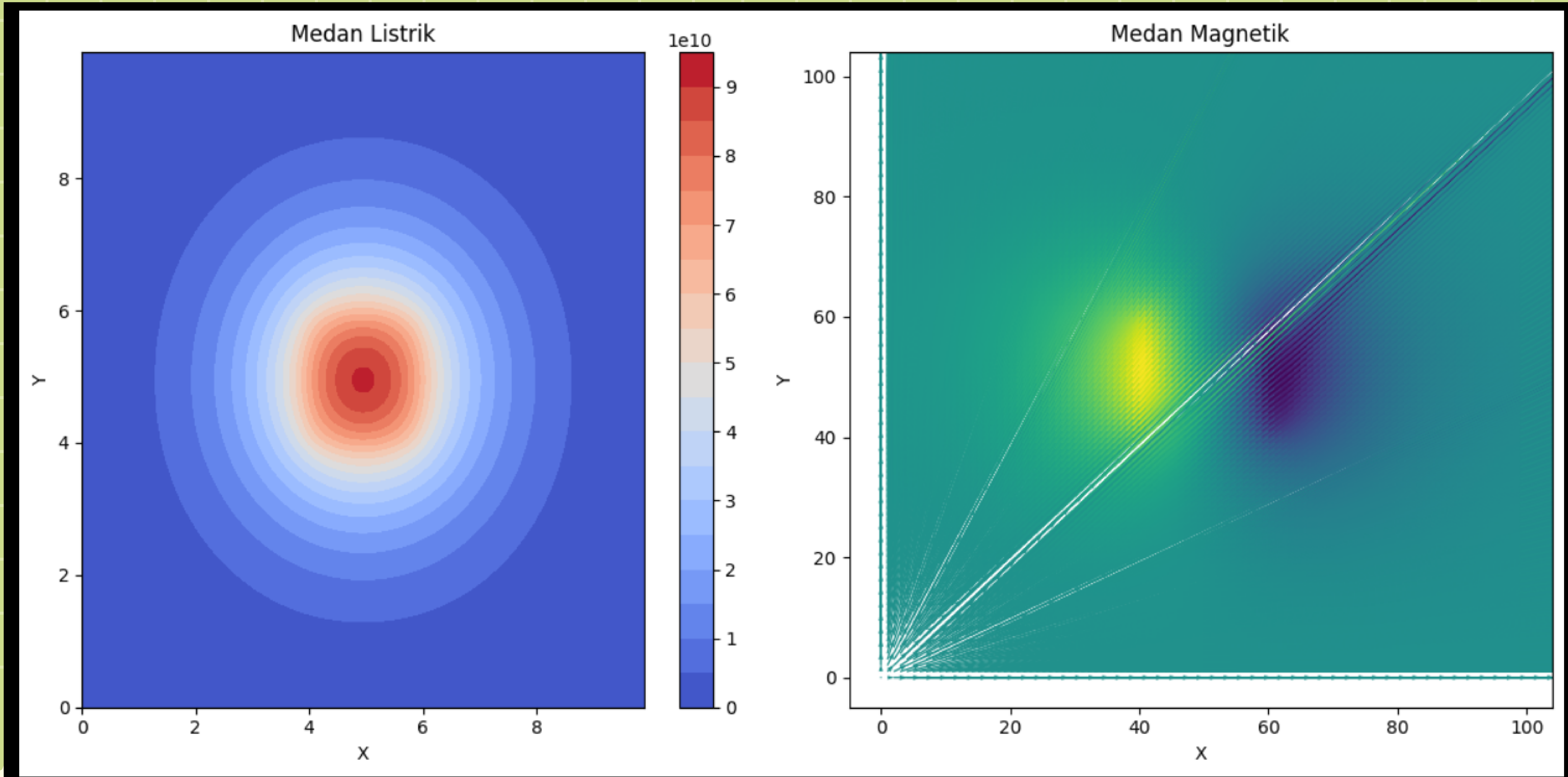
Mulai
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.animation as animation
epsilon0 = 8.854187817e-12
mu0 = 4 * np.pi * 1e-7
nx = 100
ny = 100
dx = 0.1
dy = 0.1
electric_field = np.zeros((nx, ny))
magnetic_field = np.zeros((nx, ny))
charge_density = np.zeros((nx, ny))
charge_density[40:60, 40:60] = 1.0
max_iterations = 1000
tolerance = 1e-6
electric_field_iterations = []
for iteration in range(max_iterations):
next_electric_field = np.zeros((nx, ny))
for i in range(1, nx - 1):
for j in range(1, ny - 1):
next_electric_field[i, j] = (electric_field[i+1, j] + electric_field[i
electric_field[i, j+1] + electric_field[i
charge_density[i, j] / epsilon0 * dx*
electric_diff = np.abs(next_electric_field - electric_field)
electric_field = next_electric_field
electric_field_iterations.append(electric_field.copy())
No
if
np.max(electric_diff) <
tolerance:
Yes
break
for i in range(1, nx - 1):
for j in range(1, ny
magnetic_field[i, j] =
(electric_field[i, j+1] -
electric_field[i, j-1]) / (2 * dy)
x = np.linspace(0, (nx - 1) * dx, nx)
y = np.linspace(0, (ny - 1) * dy, ny)
X, Y = np.meshgrid(x, y)
fig, (ax1, ax2) = plt.subplots(1, 2, figsize=(12, 6))
cf1 = ax1.contourf(X, Y, electric_field, levels=20,
cmap='coolwarm')
ax1.set_title('Medan Listrik')
ax1.set_xlabel('X')
ax1.set_ylabel('Y')
plt.colorbar(cf1, ax=ax1)
scale = 10 # Scale factor for the quiver plot
ax2.quiver(X, Y, magnetic_field, scale=scale, color='b')
ax2.set_title('Medan Magnetik')
ax2.set_xlabel('X')
ax2.set_ylabel('Y')
plt.tight_layout()
plt.show()
Stop

SOURCE CODE

```python
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.animation as animation

# Menentukan parameter konstan
epsilon0 = 8.854187817e-12  # Permittivity of free space
mu0 = 4 * np.pi * 1e-7  # Permeability of free space

# Menentukan dimensi grid dan ukuran langkah
nx = 100  # Jumlah titik grid di sumbu x
ny = 100  # Jumlah titik grid di sumbu y
dx = 0.1  # Ukuran langkah di sumbu x
dy = 0.1  # Ukuran langkah di sumbu y

# Menginisialisasi grid untuk medan listrik dan medan magnetik
electric_field = np.zeros((nx, ny))
magnetic_field = np.zeros((nx, ny))

# Menginisialisasi distribusi muatan
charge_density = np.zeros((nx, ny))
charge_density[40:60, 40:60] = 1.0  # Menempatkan muatan positif di tengah grid

# Mengiterasi hingga konvergensi
max_iterations = 1000
tolerance = 1e-6
electric_field_iterations = []
for iteration in range(max_iterations):
    # Menghitung medan listrik menggunakan metode Poisson
    next_electric_field = np.zeros((nx, ny))
    for i in range(1, nx - 1):
        for j in range(1, ny - 1):
            next_electric_field[i, j] = (electric_field[i+1, j] + electric_field[i-1, j] +
                                         electric_field[i, j+1] + electric_field[i, j-1] +
                                         charge_density[i, j] / epsilon0 * dx**2) / 4
```

```python
    # Menghitung selisih perubahan medan listrik
    electric_diff = np.abs(next_electric_field - electric_field)

    # Mengupdate medan listrik
    electric_field = next_electric_field

    # Menyimpan medan listrik pada setiap iterasi
    electric_field_iterations.append(electric_field.copy())

    # Menghentikan iterasi jika selisih perubahan sudah cukup kecil
    if np.max(electric_diff) < tolerance:
        break

# Menghitung medan magnetik menggunakan persamaan Maxwell
for i in range(1, nx - 1):
    for j in range(1, ny - 1):
        magnetic_field[i, j] = (electric_field[i, j+1] - electric_field[i, j-1]) / (2 * dy)

# Membuat grid untuk plotting
x = np.linspace(0, (nx - 1) * dx, nx)
y = np.linspace(0, (ny - 1) * dy, ny)
X, Y = np.meshgrid(x, y)

# Inisialisasi plot
fig, (ax1, ax2) = plt.subplots(1, 2, figsize=(12, 6))

# Plot medan listrik
cf1 = ax1.contourf(X, Y, electric_field, levels=20, cmap='coolwarm')
ax1.set_title('Medan Listrik')
ax1.set_xlabel('X')
ax1.set_ylabel('Y')
plt.colorbar(cf1, ax=ax1)
# Plot medan magnetik
scale = 10  # Scale factor for the quiver plot
ax2.quiver(X, Y, magnetic_field, scale=scale, color='b')
ax2.set_title('Medan Magnetik')
ax2.set_xlabel('X')
ax2.set_ylabel('Y')

plt.tight_layout()

plt.show()
```

SOURCE CODE



Medan Listrik
1e10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
8
6
4
2
0
0
2
4
6
8
X
Y
Medan Magnetik
100
80
60
40
20
0
0
20
40
60
80
100
X
Y

HASIL DAN PEMBAHASAN

- Metode Poisson digunakan untuk menghitung medan listrik dengan memanfaatkan hubungan persamaan Poisson antara medan listrik dan distribusi muatan.
- Metode ini menghitung medan listrik pada titik grid berdasarkan medan listrik tetangga dan distribusi muatan di sekitarnya, memberikan pendekatan efisien dan akurat. Perhitungan Medan Magnetik Menggunakan Persamaan Maxwell
- Konvergensi tercapai ketika perubahan medan listrik sudah cukup kecil, menunjukkan distribusi medan listrik yang stabil.
- Perhitungan medan magnetik menggunakan persamaan Maxwell, yang menjelaskan hubungan antara medan listrik dan medan magnetik.
- Visualisasi hasil simulasi menggunakan plot kontur untuk medan listrik dan quiver plot untuk medan magnetik memberikan pemahaman visual tentang distribusi dan interaksi medan listrik dan medan magnetik.

KESIMPULAN

Dalam projek kali ini, kami berhasil melakukan simulasi numerik medan listrik dan medan magnetik menggunakan metode Poisson dan persamaan Maxwell. Poin-poin penting yang dapat kami simpulkan adalah

1. Simulasi numerik medan listrik dan medan magnetik memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang sifat-sifat keduanya dan interaksi antara keduanya.
2. Metode numerik Poisson yang kami terapkan memiliki keunggulan dalam efisiensi komputasi dan akurasi solusi.
3. Keterbatasan metode numerik Poisson terkait dengan ketergantungan pada ukuran langkah dalam grid.
4. Simulasi medan magnetik dilakukan dengan menggunakan persamaan Maxwell yang menghubungkan medan listrik dan medan magnetik.
5. Validasi hasil simulasi dengan solusi analitik penting untuk memastikan keakuratan dan keandalan metode numerik yang digunakan.
6. Analisis pengaruh parameter grid (jumlah titik grid, ukuran langkah, dan batas domain) membantu memilih parameter yang sesuai untuk hasil simulasi yang akurat dan representatif.
7. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemahaman dan pengembangan bidang studi yang berkaitan dengan medan listrik dan medan magnetik.

TERIMA KASIH

Presentasi oleh kelompok 1