

Simulasi Aliran Plasma dengan Variasi Kecepatan Injeksi Plasma pada Potensial Penghalang dalam Posisi Melayang

Muliady Faisal^{*1}, Acep Purqon²

¹Magister Sains Komputasi, FMIPA ITB, ²Fisika Bumi dan Sistem Kompleks FMIPA ITB
*¹muliadyfaisalalmandary@gmail.com, ²acep@fi.itb.ac.id

Abstrak

Dalam penelitian ini akan diperlihatkan bentuk difusi aliran plasma yang terjadi akibat variasi kecepatan injeksi plasma pada sebuah potensial penghalang dalam posisi melayang pada kasus distribusi kerapatan muatan dan daerah potensial listrik yang diturunkan dari persamaan Poisson. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Particle-In-Cell (PIC). Dalam metode PIC, elektron dan proton merupakan sumber dari plasma. Secara numerik step waktu yang digunakan dalam penelitian yaitu setiap 1 detik dengan periode plasma selama 200 detik dan grid yang digunakan yaitu 20×20 . Adapun potensial penghalangnya berbentuk persegi. Dari variasi kecepatan injeksi berpengaruh terhadap kerapatan muatan sehingga jika kecepatan injeksinya diperbesar maka akan terdapat daerah kosong yang tidak terisi dibelakang potensial penghalang. Sedangkan untuk daerah potensial listrik jika kecepatan injeksi plasmanya diperbesar maka daerah dibelakang potensial penghalang akan terdapat daerah yang berpotensi yang lebih kecil.

Kata kunci: Plasma, PIC, Potensial penghalang

1. PENDAHULUAN

Sebuah plasma dapat dibuat dengan memanaskan gas atau mengalirkannya ke medan elektromagnetik yang kuat, diterapkan dengan laser atau microwave pembangkit. Hal ini mengurangi atau meningkatkan jumlah elektron, menciptakan partikel bermuatan positif atau negatif yang disebut ion, Merlino R.L (1998) dan disertai oleh disosiasi ikatan molekul Sturrock dan Peter A (1994)

Kehadiran jumlah signifikan dari partikel bermuatan membuat plasma elektrik konduktif sehingga merespon kuat medan elektromagnetik. Seperti gas, plasma tidak memiliki bentuk yang pasti atau volume yang pasti kecuali tertutup dalam sebuah wadah. Tidak seperti gas, di bawah pengaruh medan magnet, itu dapat membentuk struktur seperti filamen, balok dan lapisan ganda.

Ketika plasma atau partikel bermuatan bergerak menghasilkan arus listrik dan medan magnet. Tiga faktor yang mempengaruhi aliran plasma. Pertama, aproksimasi plasma: partikel bermuatan yang dekat saling berpengaruh. Apporksimasi plasma valid ketika sejumlah partikel bermuatan berada dalam lingkup interaksi. Hal ini disebut Panjang Debye λ . Kedua, interaksi bulk: Panjang Debye lebih pendek daripada fisik plasma. Ketiga,

frekuensi plasma: frekuensi elektron plasma terjadi akibat adanya tumbukan dengan partikel proton.

Plasma adalah bentuk paling berlimpah di alam semesta, buktinya dapat ditemukan di daerah antar galaksi, terutama di daerah antarcluster dan bintang termasuk matahari. Bentuk umum plasma di bumi diproduksi di lampu-lampu neon. Pengolahan teknologi plasma telah dikembangkan secara intensif selama lebih dari tiga dekade dan telah membuat kemajuan luar biasa dan sukses sebagai teknologi manufaktur kunci untuk berbagai aplikasi industri dalam H. Conrads dan M. Schmidt (2000) Mulai dari modifikasi permukaan bahan untuk teknologi perangkat-manufaktur maju dan proses biomaterial. teknologi plasma pengolahan ini telah didasarkan pada generasi dan kontrol spesies reaktif (radial dan ion) dalam plasma tekanan rendah berkelanjutan dalam ruang hampa. Karena tabrakan cukup antara elektron dan molekul gas dalam plasma tekanan rendah ini dalam A. Schutze, dkk (1998). Suhu gas dijaga biasanya pada suhu kurang dari suhu elektron dari beberapa elektron volt. Terlepas dari keberhasilan pengembangan plasma tekanan rendah sebagai kunci teknologi manufaktur kunci, plasma tekanan rendah memiliki beberapa kelemahan; sistem vakum diperlukan untuk generasi plasma pada tekanan gas berkurang dan dengan demikian plasma tekanan rendah tidak dapat diterapkan secara langsung untuk diproses atau perawatan jaringan biomedis dengan fase cair. Plasma generasi baru pada tekanan atmosfer dapat mengatasi kelemahan dari plasma tekanan rendah. Mempertahankan plasma tekanan atmosfer, bagaimanapun, memerlukan tegangan tinggi untuk gangguan gas dan cenderung menunjukkan busur dan gas pemanas karena ditingkatkan tabrakan antara elektron dan molekul gas dalam A. Schutze, dkk (1998). Untuk menghindari busur dan menurunkan suhu gas di atmosfer bertekanan plasma untuk mencapai sumber - suhu rendah, beberapa skema memiliki dikembangkan melalui konfigurasi elektroda benar merancang dan bentuk gelombang tegangan discharge - eksitasi untuk membatasi durasi debit dalam C Tendero (2006).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Simulasi Plasma

Fenomena aliran plasma merupakan hal yang menarik untuk diamati baik secara eksperimen maupun simulasi. Dalam penelitian ini akan diperlihatkan bentuk difusi aliran plasma yang terjadi akibat variasi kecepatan injeksi plasma pada sebuah potensial penghalang dalam posisi melayang pada kasus distribusi kerapatan muatan dan daerah potensial listrik yang diturunkan dari persamaan Poisson. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Particle-In-Cell (PIC). Dalam metode PIC, elektron dan proton merupakan sumber dari plasma.

2.2 Persamaan Fundamental

Metode yang digunakan bersumber dari blog *Particle-In-Cell (PIC) Consulting* yaitu : *The Electrostatic Particle-In-Cell (ES-PIC) Method* dan *Simple Particle-In-Cell Code In Matlab*. Nilai kerapatan muatan adalah jumlah banyaknya partikel bermuatan dalam dimensi ruang. Untuk mencari nilai kerapatan muatan digunakan rumus:

$$\rho = e (Z_p n_p - n_e) \quad (1)$$

Keterangan:

ρ = kerapatan muatan
 e = elektron
 Z_p = jumlah rata-rata proton
 n = jumlah proton
 n_e = jumlah elektron.

Sedangkan untuk mencari daerah potensial listriknya, pertama-tama menggunakan Hukum kedua Newton

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (2)$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{q}{m} \vec{E} \quad (3)$$

Keterangan:

a = percepatan
 F = gaya
 q = muatan partikel
 m = massa partikel
 E = medan elektrostatik

Medan elektrostatik dapat dinyatakan dalam gradient potensial listrik

$$\vec{E} = -\nabla\phi \quad (4)$$

Berdasarkan Persamaan Poisson

$$\nabla^2\phi = -\frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (5)$$

Sehingga potensial listriknya dapat dicari.

dimana:

ϕ = Potensial listrik
 ϵ_0 = Permittivitas ruang bebas

2.3 Persamaan yang digunakan dalam simulasi

Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumus menghitung nilai kerapatan muatan dan potensial listrik. Terkhusus potensial listrik persamaanya didiskritisasi.

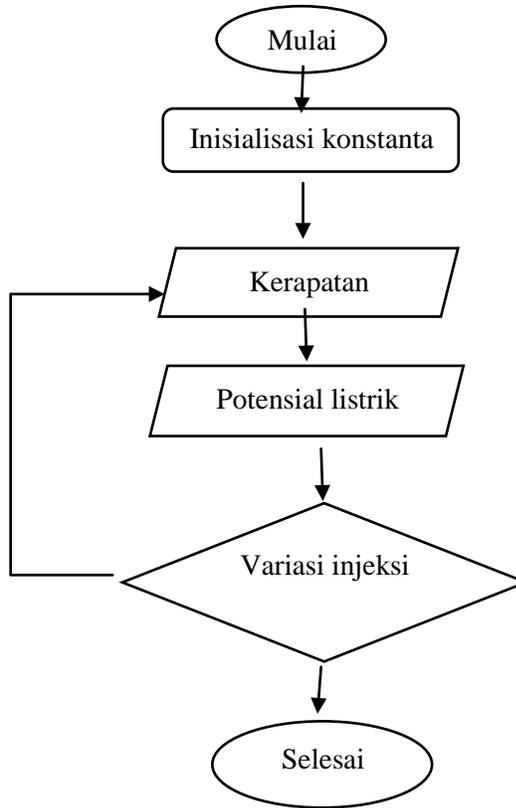
Kerapatan muatan

$$\rho = e (Z_p n_p - n_e) \quad (6)$$

Potensial Listrik

$$\frac{\phi_{i-1,j} - 2\phi_{i,j} + \phi_{i+1,j}}{\Delta^2 x} + \frac{\phi_{i,j-1} - 2\phi_{i,j} + \phi_{i,j+1}}{\Delta^2 y} = -\frac{\epsilon}{\epsilon_0} \left(n_p - n_e \exp\left(\frac{\phi_i - \phi_0}{kT_e}\right) \right) \quad (7)$$

Diagram alir penelitian



Konstanta yang digunakan dalam simulasi ini, akan diperlihatkan pada tabel berikut :

Tabel 1 Parameter konstanta yang digunakan dalam simulasi

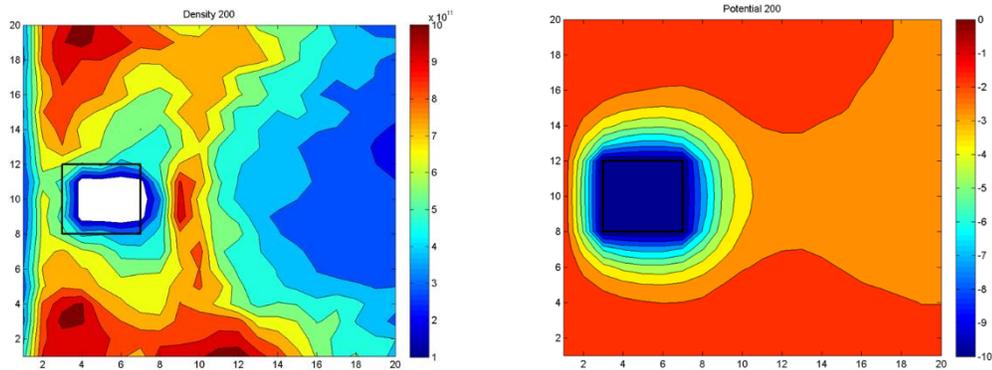
Parameter konstanta	Keterangan
n_0	Kerapatan muatan pada $/m^3$
T_e	Temperatur elektron pada 1 eV
T_p	Temperatur proton pada 0.1 eV
ϕ_0	Potensial penghalang awal = 0
ϕ_p	Bidang potensial penghalang = -5

Tabel 2 Ukuran dimensi bidang dan step waktu serta variasi injeksi kecepatan yang digunakan dalam simulasi

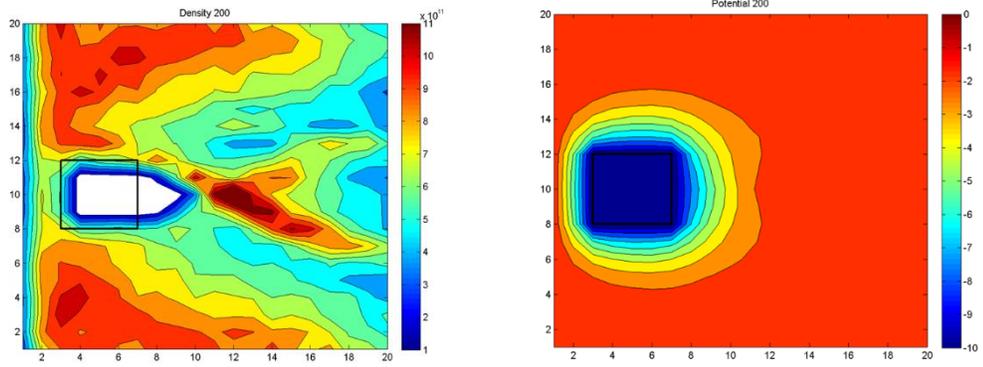
Parameter	Keterangan
nx	Jarak kurva dalam sumbu x = 20
ny	Jarak kurva dalam sumbu y = 20
ts	Periode injeksi plasma = 200 detik
dt	Step waktu yang digunakan untuk mengamati difusi plasma = 1 detik
Variasi kecepatan	5 km/detik sampai 50 km/detik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

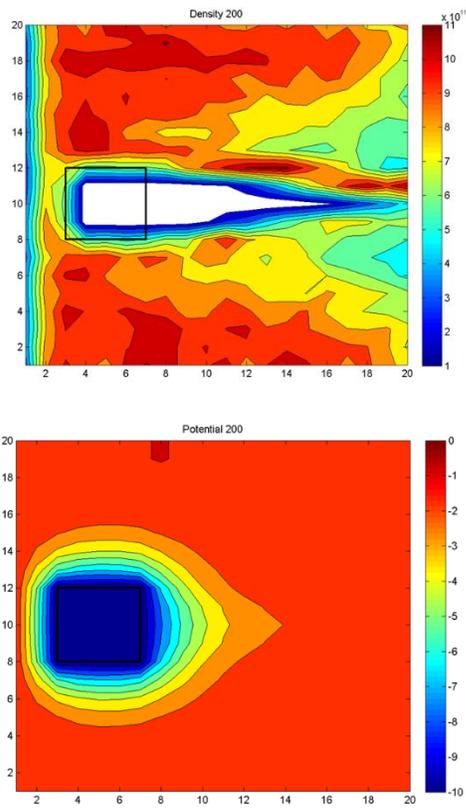
Simulasi dilakukan dengan menggunakan software matlab R2010b. Hasil penelitian ini diperlihatkan pada gambar berikut ini:



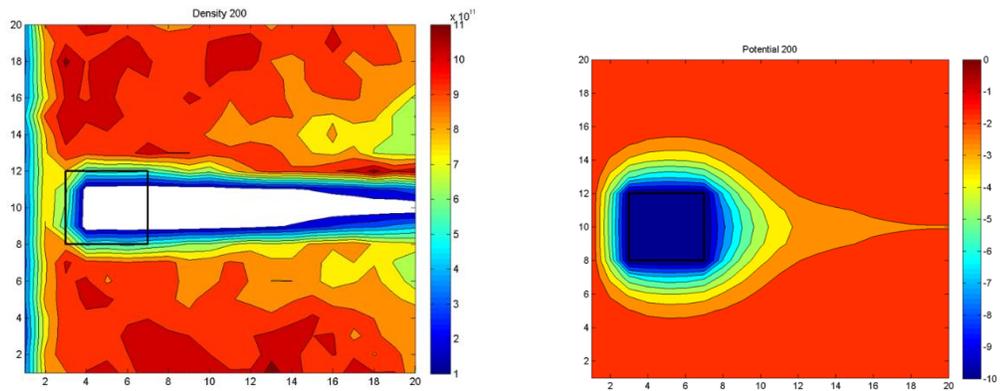
Gambar 1: Variasi injeksi plasma pada kecepatan 5 km/detik



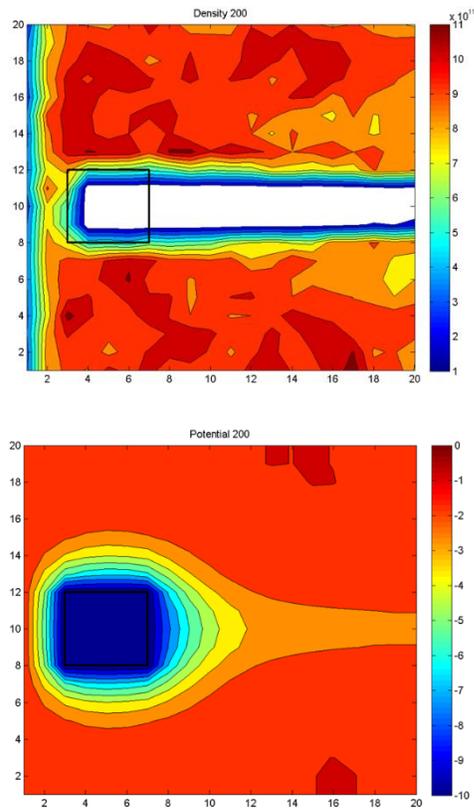
Gambar 2: Variasi injeksi plasma pada kecepatan 10 km/detik



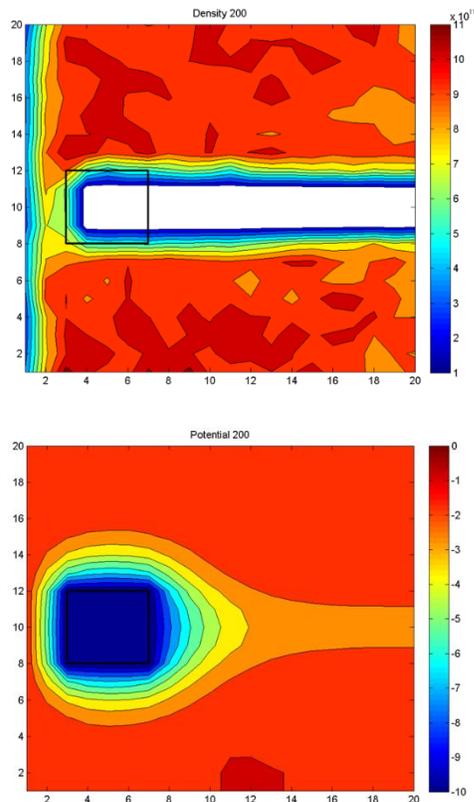
Gambar 3: Variasi injeksi plasma pada kecepatan 20 km/detik



Gambar 4: Variasi injeksi plasma pada kecepatan 30 km/detik



Gambar 5: Variasi injeksi plasma pada kecepatan 40 km/detik



Gambar 6: Variasi injeksi plasma pada kecepatan 50 km/detik

Pengaruh variasi kecepatan injeksi plasma pada distribusi kerapatan muatan yaitu: jika kecepatan injeksinya diperbesar maka akan terdapat ruang kosong berupa warna putih dibelakang daerah potensial penghalang. Pada saat kecepatan injeksi plasma masih 5 km/detik daerah kosong tersebut masih sedikit, bahkan hampir tidak ada. Namun jika diperbesar akan semakin besar, namun konstan ketika mencapai 50 km/detik. Selain itu jika kecepatan injeksinya diperbesar maka kerapatan muatannya juga semakin besar ini terlihat dengan banyaknya daerah yang berwarna merah. Dimana pada skala, warna merah menunjukkan kerapatan muatan yang besar dan makin kebawah yaitu warna biru menunjukkan kerapatan muatan yang kecil.

Pengaruh variasi kecepatan injeksi plasma pada daerah potensial listrik yaitu: jika kecepatan injeksi plasmanya diperbesar maka dibelakang daerah potensial penghalang terdapat daerah yang berpotensi kecil yang bernilai (-3) yang dipancarkan dibelakang potensial penghalang.

4. KESIMPULAN

Variasi kecepatan injeksi pada simulasi plasma yang memiliki potensial penghalang dalam posisi melayang untuk distribusi kerapatan muatan mengakibatkan adanya daerah kosong dibelakang potensial penghalang, dimana jika kecepatan injeksinya diperbesar maka

daerah kosong tersebut juga semakin besar dan akan konstan ketika mencapai 50 km/detik. Selain itu juga kerapatan muatannya semakin besar jika kecepatan injeksinya diperbesar. Sedangkan variasi kecepatan injeksi pada simulasi plasma pada daerah potensial listrik mengakibatkan adanya daerah yang berpotensi rendah bernilai (-3) yang dipancarkan dibelakang daerah potensial penghalang.

DAFTAR PUSTAKA

- Henry George Liddell, Robert Scott. (1998). *A Greek-English Lexicon*, on Perseus
- Luo, Q-Z; D'Angelo, N; Merlino, R. L. (1998). Shock formation in a negative ion plasma). Department of Physics and Astronomy.
- Sturrock, Peter A. (1994). *Plasma Physics: An Introduction to the Theory of Astrophysical, Geophysical & Laboratory Plasmas*. Cambridge University Press.
- H. Conrads, M. Schmidt. (2000). *Plasma Sources Sci. Technol.*, 9, pp. 441–454
- A. Schutze, J.Y. Jeong, S.E. Babayan, J. Park, G.S. Selwyn, R.F. Hicks. (1998). *IEEE Trans. Plasma Sci.*, 26, p. 1685
- C. Tendero, C. Tixier, P. Tristant, J. Desmaison, P. Leprince, Spectrochim. (2006). Ionization and plasma. *Acta Part B 61 2*. The University of Tennessee, Knoxville Department of Physics and Astronomy.