

Rancang Bangun dan Pengujian Sistem Reaktor Plasma Lucutan Pijar Korona guna Mempercepat Pertumbuhan Tanaman Mangrove

Pandji Triadyaksa¹, Nasruddin², J. Wasiq³, M. Nur¹

1.Jurusan Fisika FMIPA Universitas Diponegoro, 2.Universitas Kristen Satya Wacana, 3.Jurusan Biologi FMIPA Universitas Diponegoro

Abstract

Plasma glow discharge corona reactor system has been made and tested to stimulate mangrove growth. Plasma glow discharge corona reactor consists of DC high voltage system and point to plate electrode system. Reactor performance test has done on *Rhizophora apiculata* mangrove species.

High voltage system mainly develop using TV fly back that been triggered by pulsed frequency using oscillator circuit. Point to plane electrode system was designed to maintain two electrode range remains 3 cm with number of point electrode plugged parallel with plane electrode are 63 pieces. Plasma glow discharge corona reactor tested was done on radiation process of mangrove seed by divided sample groups into 6 sample which have different time radiation and 1 sample that not been radiated as a control data. Mangrove growth was analyzed by measure the growth of mangrove plumulae after 17 days of cultivation. Research results shows that in developing plasma glow discharge corona to radiate mangrove, plasma reactor system works in 8 kV DC plasma voltage development. Mangrove growth after 6 time variation of plasma radiation shows a good effect of growth stimulation along with longer radiation time duration. The increase of mangrove growth was hypothetically caused by an increase of nitrogen concentration in mangrove seeds because of ion nitrogen fixation in the seeds during plasma radiation process

Intisari

Rancang bangun dan pengujian sistem reaktor plasma lucutan pijar korona telah dilakukan guna mempercepat pertumbuhan tanaman mangrove. Sistem reaktor plasma lucutan pijar korona tersusun atas sistem pembangkit tegangan tinggi DC dan sistem elektroda berkonfigurasi titik-bidang. Unjuk kerja reaktor dilakukan pada tanaman mangrove jenis *Rhizophora apiculata*.

Sistem pembangkit tegangan tinggi utamanya dibangkitkan menggunakan flyback TV dengan dipicu frekuensi pembangkitan pulsa melalui rangkaian osilator. Sistem elektroda titik-bidang dibangun dengan menjaga jarak antar elektroda 3 cm dengan jumlah elektroda titik sebanyak 63 buah terpasang sejajar elektroda bidang. Pengujian sistem reaktor plasma lucutan pijar korona dilakukan pada proses peradiasian benih tanaman mangrove dengan membagi 6 kelompok sampel berbeda waktu peradiasian dan satu kelompok sampel tanpa radiasi sebagai kontrol. Analisa pertumbuhan tanaman mangrove dilakukan dengan mengukur pertumbuhan bagian plumulae mangrove setelah penanaman 17 hari. Hasil penelitian menunjukkan sistem reaktor plasma bekerja dalam membangkitkan plasma lucutan pijar korona dengan tegangan pembangkitan 8 kV DC guna peradiasian tanaman mangrove. Pertumbuhan tanaman mangrove setelah peradiasian plasma untuk 6 variasi waktu menunjukkan efektivitas pertumbuhan seiring lama waktu peradiasian. Meningkatnya pertumbuhan tanaman mangrove dihipotesa oleh adanya peningkatan konsentrasi nitrogen pada benih mangrove karena adanya proses penyusupan ion nitrogen pada benih mangrove dalam proses peradiasian plasma.

Pendahuluan

Perlindungan terhadap ekosistem mangrove masih banyak menghadapi masalah. Salah satunya adalah masalah persemaian benih yang membutuhkan waktu lama. Sebagai gambaran, waktu

yang dibutuhkan untuk memperoleh spesifikasi bibit mangrove siap tanam jenis *Rhizophora apiculata* dengan spesifikasi tinggi rata-rata 30 cm dan jumlah daun 4 lembar membutuhkan waktu 4-5 bulan [1].

Lamanya pembenihan ini merupakan kenyataan yang kurang menguntungkan, karena kerusakan hutan mangrove dalam skala massal membuat negara kita dilanda krisis mangrove, sementara dilain pihak proses reboisasi tidak dapat dilakukan dengan cepat guna mengimbangi tingkat kerusakan hutan mangrove. Sebuah realitas yang mengkhawatirkan, karena selama ini keberadaan hutan mangrove sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekologi wilayah pesisir. Pemanfaatan teknologi plasma guna mempercepat pembenihan tanaman telah dilakukan oleh Muhlisin (2005). Muhlisin (2005) memanfaatkan teknologi plasma untuk mempercepat perkecambahan biji jagung BISI-2 dengan hasil sangat signifikan. Daya perkecambahan kelompok sampel biji jagung yang sebelumnya diradiasi dengan plasma mencapai 100 %, sementara kelompok normal atau tanpa radiasi plasma mencapai 90 %. Adapun prosentase efektifitas perkecambahan untuk kelompok biji dengan radiasi plasma mencapai 178,9 % dibandingkan kelompok normal [2].

Teknologi plasma dipakai sebagai pembangkit ion N^+ dari udara bebas. Besarnya komposisi nitrogen dalam udara bebas, hingga mencapai 80 %, menyebabkan peradiasian plasma pada udara bebas berpotensi besar menghasilkan ion N^+ . Selanjutnya penyusupan ion nitrogen ke dalam suatu bahan akan merubah struktur mikro bahan, sehingga sifat-sifat fisik dan kimia bahan tersebut pun ikut berubah [3]. Unsur nitrogen diperlukan semua organisme dalam hidupnya. Sebagian besar organisme hanya dapat menggunakan nitrogen dalam bentuk senyawa, nitrogen berikatan dengan atom unsur lain membentuk ion seperti NH_4^+ atau NO_3^- . Konsentrasi terbesar dari nitrogen diperoleh di atmosfer bumi yang berupa gas dinitrogen (N_2). Gas tersebut stabil dan terkandung hampir 80 % terdapat di atmosfer bumi. Hal tersebut merupakan suplai nitrogen yang besar bagi makhluk hidup di bumi [4].

Pada bagian tubuh tanaman, nitrogen merupakan elemen yang paling lazim ditemukan dan terdapat pada senyawa esensial tanaman seperti protein, asam nukleat, penyusun DNA dan banyak kandungan vitamin. Di samping itu, nitrogen juga berperan dalam kebanyakan reaksi biokimia yang menyusun kehidupan tanaman. Pada tanaman, nitrogen dapat diperoleh melalui lucutan listrik seperti petir dalam bentuk oksida nitrogen [5]. Dalam hal ini, peran teknologi plasma berfungsi menyuplai kebutuhan nitrogen tanaman secara langsung dari udara lewat penyusupan ion N^+ .

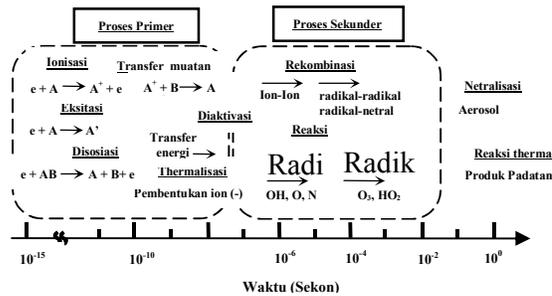
Plasma merupakan kondisi ketika gas terisi oleh partikel bermuatan dengan energi potensial antar partikelnya lebih kecil dibandingkan dengan energi kinetik partikel-partikel yang terdapat dalam gas tersebut [6]. Salah satu cara pembangkitan plasma dilakukan melalui lucutan listrik [7-8]. Plasma yang terbentuk dalam lucutan listrik dikenal dengan plasma lucutan pijar korona [9-10].

Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun dan pengujian sistem reaktor pemercepat pertumbuhan tanaman mangrove dengan membangkitkan plasma lucutan pijar korona melalui sumber tegangan tinggi DC pada tekanan atmosfer dalam suatu sistem reaktor plasma. Plasma lucutan pijar korona dibangkitkan pada ruang antar elektroda titik-bidang yang terisi udara bebas. Analisa pembentukan plasma dilakukan melalui karakteristik tegangan-arus (V-I) guna memperoleh daerah optimal pembangkitan plasma. Pengujian unjuk kerja sistem reaktor dilakukan dalam proses pemercepat pertumbuhan tanaman mangrove dengan menganalisa pengaruh waktu peradiasian plasma pada proses pertumbuhan bibit mangrove.

Dasar teori

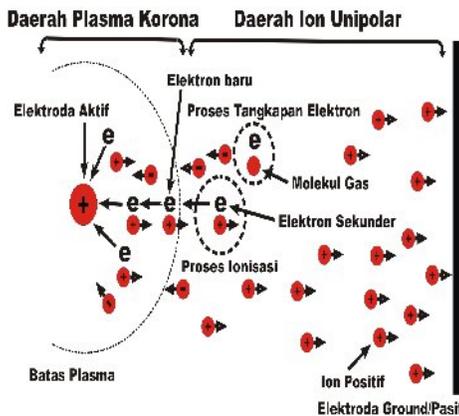
Konsep tentang plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928. Mereka mendefinisikan

plasma sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik [11]. Ketika medan listrik di kenakan pada gas, elektron energetik akan mentransferkan energinya pada spesies gas melalui proses tumbukan, eksitasi molekul, tangkapan elektron, disosiasi, dan ionisasi seperti tampak pada gambar 1.



Gambar 1 Proses elementer pada plasma Non-thermik dalam skala waktu [14]

Plasma terjadi ketika terbentuk percampuran kuasinetral dari elektron, radikal, ion positif dan ion negatif [12]. Kondisi kuasinetral merupakan daerah dimana terdapat kerapatan ion (n_i) yang hampir sama dengan kerapatan elektron (n_e) sehingga dapat dikatakan $n_i \approx n_e \approx n$, dengan n menyatakan kerapatan secara umum yang disebut kerapatan plasma [13].



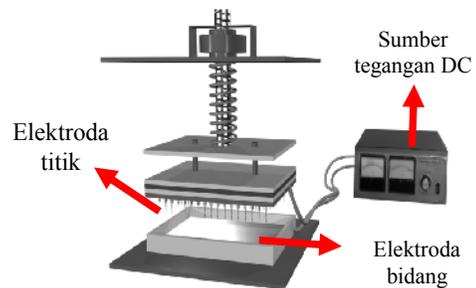
Gambar 2. Proses pembangkitan plasma lucutan pijar korona pada ruang antar elektroda [15].

Korona merupakan proses pembangkitan arus di dalam fluida netral diantara dua elektroda bertegangan tinggi dengan mengionisasi fluida tersebut sehingga membentuk plasma di sekitar salah satu

elektroda dan menggunakan ion yang dihasilkan dalam proses tersebut sebagai pembawa muatan menuju elektroda lainnya seperti tampak pada gambar 2. [15]. Proses terjadinya lucutan pijar korona dalam medan listrik diawali dengan lucutan *townsend* kemudian diikuti oleh lucutan pijar (*glow discharge*) atau korona (*corona discharge*) dan berakhir dengan lucutan *arc* [16]. Lucutan korona dibangkitkan menggunakan pasangan elektroda tak simetris yang akan membangkitkan lucutan di dalam daerah dengan medan listrik tinggi di sekitar elektroda yang memiliki bentuk geometri lebih runcing dibanding elektroda lainnya [17]. Elektroda dimana disekitarnya terjadi proses ionisasi disebut elektroda aktif [18].

1. Rancang bangun sistem reaktor plasma lucutan pijar korona

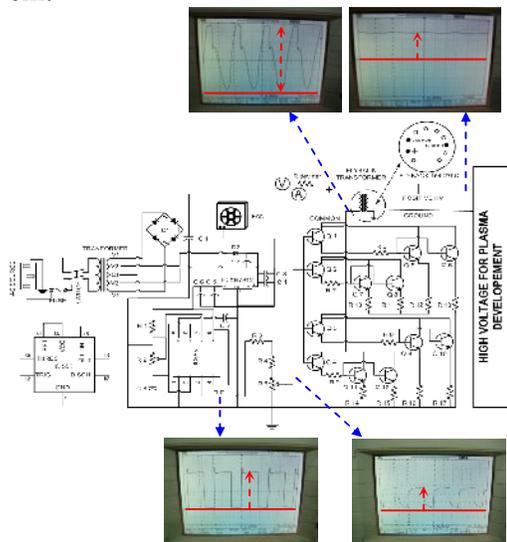
Disain sistem reaktor plasma lucutan pijar korona yang dibuat pada penelitian ini tampak pada gambar 3. sistem tersebut terdiri atas sumber tegangan DC sebagai sumber daya pembangkit plasma dan sistem elektroda titik-bidang (*point to plane geometry*) tempat fase plasma terjadi. Plasma dibangkitkan pada ruang antar elektroda berkonfigurasi elektroda titik-bidang menggunakan sumber tegangan tinggi DC sehingga menimbulkan medan listrik tak seragam pada ruang antar elektroda dan memicu terjadinya proses pembangkitan plasma.



Gambar 3. Desain sistem reaktor plasma lucutan pijar korona

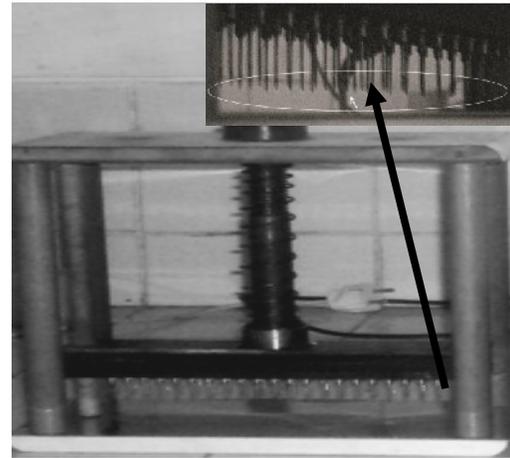
Sumber tegangan tinggi DC dibuat dengan desain rangkaian seperti tampak

pada gambar 4. Pada rangkaian tersebut, dilakukan penguatan tegangan menggunakan flyback yang dipicu oleh adanya sinyal pulsa yang dibangkitkan oleh rangkaian osilator sebagai pembangkit sinyal astabil dan penguat arus. Penguatan daya dalam peralatan ini mengacu pada rangkaian penguatan darlington. Flyback yang digunakan dalam menaikkan tegangan pada penelitian ini adalah flyback TV 21 inch dengan karakteristik kerja pada frekuensi 60-70 kHz dan *duty cycle* 50-55%. Tegangan keluaran yang dihasilkan memiliki tegangan maksimal DC 13 kV. Sistem elektroda berkonfigurasi geometri titik-bidang (*point-to-plane geometry*) dibuat dengan bentuk seperti tampak pada gambar 5. Elektroda titik berupa jarum yang terbuat dari bahan baja yang ujungnya cukup runcing dengan diameter 0,7 cm dan berjumlah 63 titik terpasang pada plat logam tembaga sebagai rumah elektroda titik berukuran 24 cm x 4 cm. Rincian penempatan elektroda titik pada plat tembaga yakni pada panjang plat terpasang 21 elektroda titik dan pada lebar plat terpasang 3 elektroda titik. Elektroda bidang berupa plat logam dari bahan stainless steel dengan ukuran 30 cm x 13 cm.



Gambar 4. Skema sumber tegangan tinggi DC dengan cuplikan gambar sinyal keluaran pada tiap bagian rangkaian

Posisi dari kedua elektroda titik-bidang terpasang saling tegak lurus. Elektroda titik berperan sebagai anoda dan elektroda bidang sebagai katoda. Jarak antar elektroda titik dan bidang adalah 3 cm. Dengan jarak ini, propagul mangrove yang nantinya ditempatkan di antara elektroda tersebut efektif terkena radiasi plasma tanpa timbul adanya lucutan *arc*. Plasma lucutan pijar korona terjadi pada ujung tiap elektroda titik dengan spesies plasma energetik terkungkung dalam ruang antar elektroda.



Gambar 5. Sistem elektroda dengan konfigurasi elektroda titik-bidang (*point-to-plane geometry*).

2. Metode pengujian sistem reaktor pada pemercepat pertumbuhan tanaman mangrove

Pengujian sistem reaktor plasma lucutan pijar korona di lakukan dengan mendesain sistem reaktor seperti tampak pada gambar 6. tanaman mangrove yang digunakan dalam penelitian berjenis *Rhizophora apiculata*. Ujung benih mangrove yang akan ditanam diletakkan pada ruang antar elektroda titik bidang dengan diletakkan diatas elektroda bidang untuk diradiasi. Penelitian dimulai dengan memberikan radiasi plasma terhadap propagul mangrove bagian bakal ujung akar. Ada dua perlakuan pada propagul mangrove, yaitu perlakuan dengan radiasi plasma dan perlakuan tanpa radiasi plasma sebagai kontrol. Perlakuan dengan radiasi plasma dibagi dalam enam kelompok, yaitu kelompok yang diradiasi plasma

selama 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Semua propagul ditanam dalam media tanam dengan pupuk kompos.

Pengamatan dilakukan hanya pada bagian tangkai bakal daun (*plumulae*), karena pada bagian ini perubahan morfologi dari mangrove jelas tampak terukur dan memiliki perbedaan yang signifikan sebagai indikator pertumbuhan dalam analisa antara kelompok satu dengan yang lain pada perbedaan waktu penyinaran.



Gambar 6. Skema pengujian sistem reaktor pada pemercepat pertumbuhan tanaman mangrove

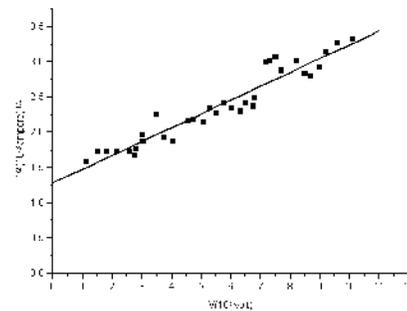
Pengukuran dilakukan tiga bulan setelah penanaman, yaitu saat dimana bagian *plumulae* dan daun dari semua sampel sudah dapat diukur dalam skala sentimeter. Pengukuran dilakukan tiap dua hari sekali, selama 17 hari.

3. Hasil dan Diskusi

Guna dapat diujikan pada proses pemercepat pertumbuhan tanaman mangrove maka pada sistem reaktor diuji unjuk kemampuannya dalam membangkitkan muatan pembawa spesies plasma. karakteristik arus sebagai fungsi tegangan dalam sistem reaktor ditunjukkan pada gambar 7. Mobilitas spesies plasma dapat ditentukan dari karakteristik arus sebagai fungsi tegangan sesuai dengan

persamaan $I_s = \frac{2\mu\epsilon_0 V^2}{d}$ dimana grafik $I^{1/2}$ berbanding lurus dengan V .

Grafik hubungan $I^{1/2}$ dari arus saturasi sebagai fungsi V . Pada grafik tersebut terlihat bahwa $I^{1/2}$ merupakan fungsi linear dari tegangan V . Hubungan ini menandakan adanya arus saturasi unipolar korona. Mobilitas pembawa muatan dapat ditentukan melalui gradien grafik $I^{1/2}$ sebagai fungsi V . melalui gradien grafik $I^{1/2}$ sebagai fungsi V .



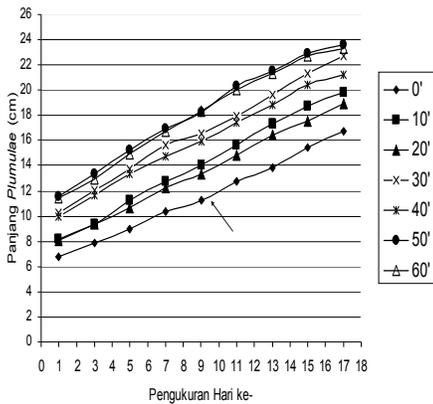
Gambar 7. Grafik hubungan $I^{1/2}$ sebagai fungsi V

Proses peradiasian benih mangrove dilakukan pada tegangan pembangkitan plasma 8 kV DC. Pada tegangan ini pada ujung elektroda titik telah timbul daerah plasma ditandai oleh adanya bunyi desis dan pijaran warna ungu di ujung elektroda [19].

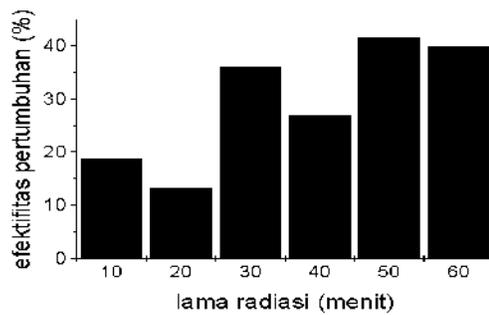


Gambar 8 Foto Mangrove setelah tumbuh 3 bulan.

Pengukuran pada benih mangrove setelah 3 bulan penanaman selama 17 hari menunjukkan hasil seperti gambar 8. Dalam cawan paling kiri berisi kelompok mangrove dengan radiasi plasma 10 dan 20 menit, cawan kedua dari kiri berisi kelompok mangrove radiasi 30 dan 40 menit, cawan selanjutnya berisi kelompok mangrove dengan radiasi 50 dan 60 menit dan paling kanan adalah kelompok kontrol atau radiasi 0 menit. Pada hari pertama pengukuran, semua sampel sudah memiliki satu pasang daun dengan *plumulae* yang cukup panjang. Dalam gambar 8. terlihat bahwa kelompok sampel yang sebelumnya diradiasi plasma memiliki ukuran *plumulae* dan daun relatif lebih panjang dari pada kelompok kontrol



(a)



(b)

Gambar 9. (a) Grafik pertumbuhan *plumulae* selama 17 hari. Arah panah menunjukkan kelompok kontrol (b) Histogram hubungan antara lama radiasi plasma dengan efektifitas pertumbuhan *plumulae* terhadap kontrol.

Analisa panjang *plumulae* (batang mangrove) tampak pada gambar 9a. dan b. Panjang *plumulae* diukur dari ujung *plumulae* hingga perbatasan dengan hipokotil. Rata-rata hasil pengukuran *plumulae* propagul mangrove yang diradiasi dengan plasma lebih panjang dibanding propagul mangrove tanpa radiasi (kontrol). Untuk lebih jelasnya perhatikan grafik pada gambar 9.a. Gambar 9.a memaparkan pertumbuhan *plumulae* propagul selama 17 hari dari semua kelompok perlakuan. Arah panah hitam dalam grafik ini menunjukkan kelompok kontrol. Berdasarkan grafik ini terlihat bahwa kelompok propagul yang diradiasi plasma memiliki *plumulae* lebih panjang dari pada kontrol.

Pertumbuhan *plumulae* paling cepat (maksimum) ditunjukkan oleh kelompok propagul yang sebelumnya diradiasi selama 50 menit. Panjang rata-rata *plumulae* kelompok ini mencapai 23,63 cm. Adapun nilai efektifitas pertumbuhan *plumulae* sebesar 41,50 % terhadap kelompok kontrol. Trend dari pengaruh waktu peradiasian terhadap percepatan pertumbuhan tanaman mangrove tampak pada histogram gambar 9.b.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pertumbuhan tanaman mangrove seiring waktu peradiasian plasma memberikan hipotesa bahwa udara bebas yang terionisasi di ruang antar elektroda pada sistem reaktor plasma bereaksi menjadi ion dan radikal energetik yang mampu menyusup ke dalam benih mangrove dan menyebabkan perubahan sifat pertumbuhan tanaman mangrove. Dengan mempertimbangkan bahwa nitrogen merupakan unsur dominan di udara (mencapai hampir 80% dari komposisi udara bebas) maka ion nitrogen yang terbentuk dalam kondisi plasma menjadi ion yang memiliki kebolehdian paling besar untuk terdifusi ke dalam substrat propagul mangrove dan mempengaruhi proses pertumbuhan mangrove dibandingkan ion dan radikal lain.

Hipotesa adanya nitrogen yang tersusup ke dalam benih mangrove didukung oleh sifat nitrogen sebagai komponen struktur sel yang sangat penting. Fungsinya sebagai penyusun protein, asam nukleat, klorofil (zat hijau daun), dan sebagai regulator pertumbuhan [20]. Sehingga meningkatnya kadar nitrogen dalam tanaman akan ditunjukkan oleh adanya peningkatan pertumbuhan tanaman yang signifikan.

Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan memberikan kesimpulan sebagai berikut.

1. Plasma lucutan pijar korona mampu dibangkitkan pada sistem reaktor plasma dengan konfigurasi elektroda titik-bidang terisi udara bebas pada tekanan atmosfer. Plasma lucutan pijar korona untuk peradiasian benih mangrove dibangkitkan pada tegangan pembangkitan plasma 8 kV DC.
2. Pengaruh radiasi plasma pada benih tanaman mangrove menunjukkan adanya efektivitas pertumbuhan tanaman mangrove setelah radiasi plasma terhadap tanaman kontrol.
3. Pertumbuhan tanaman mangrove menjadi efektif dibandingkan tanaman kontrol memberikan hipotesa adanya penyusupan ion nitrogen pada benih mangrove saat peradiasian benih yang memacu proses pertumbuhan mangrove setelah proses radiasi.

Daftar Pustaka

- [1] Takashima, S., Taniguchi, K., dan Suko, O., 1999, *Manual Silvikultur Mangrove untuk Bali dan Lombok*, Departemen Kehutanan dan Perkebunan Republik Indonesia & Japan International Cooperation Agency. The Development of Sustainable Mangrove Management Project Bali.
- [2] Muhlisin, Z., 2005, *Peningkatan Kualitas dan Kuantitas Produksi Jagung (Zea mays) Melalui Penyusupan N+ Menggunakan Sistem Pembangkit Plasma Lucutan Pijar Korona*, Laporan Program Dikrutin. Universitas Diponegoro.
- [3] Komariyah, 2003, *Dekontaminasi Bakteri Escherichia coli dengan Plasma Lucutan Pijar Korona pada Tekanan Atmosfer*, Skripsi Jurusan Fisika UNDIP, Semarang.
- [4] Giller, K.E., dan Wilson, K.J., 1991. *Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems*. London. Redwood Press.
- [5] Delvin, R.M., dan Witham, F.H., 1983, *Plant Physiology. fourth edition*, Boston Willard Grant Press.
- [6] Nicholson, D.R., 1983, *Introduction to Plasma Theory*, John Wiley & Sons
- [7] Czech, T., Mizeraczyk, J., Jaworek, A., Krupa, A., Karpinski, L., and Jakubowski, J., 1995, *Pulsed and DC Streamer Corona Induced Plasmas for NO_x Removal From Exhaust Gases*, 2nd National Symposium PLASMA, Warsawa
- [8] Sigmond, R.S., 1982, *Simple Approximation Treatment of Unipolar Space-charge-dominated Coronas: The Warburg Law and The Saturation Current*, J. Appl. Phys., Vol 53
- [9] Champman, B., 1990, *Glow Discharge Processes*, John Willey & Sons, New York
- [10] Chang, J.S., 1991, *Corona Discharge Processes*, IEEE Transaction on Plasma Science Vol. 19
- [11] Tarenbaum, S.B., 1967, *Plasma Physics*, McGraw-Hill
- [12] Tseng, C.H., 1999, *The application of Pulsed Corona Discharge Technology in Flue Gas Desulfurization and Denitrification*, The Air & Wasre Management

- association's 92nd Annual Meeting & Exhibition, St. Louis, Missouri, USA
- [13] Francis, F.C., 1974, *Introduction to Plasma Physics*, Plenum Press, New York
- [14] Kim, H.H., Prieto, G., Takashima, K., Katsura, S., Mizuno, A., 2002, *Performance Evaluation of Discharge Plasma for Gaseous Pollutant Removal*, Journal of Electrostatic Elsevier Vol. 55
- [15] Chen, J., and Davidson, J.H., 2002, *Electron Density and Energy Distributions in the Positive DC Corona: Interpretation for Corona-Enhanced Chemical Reactions*, Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol. 22
- [16] Raizer, Y.P., 1997, *Gas Discharge Physics*, Springer-Verlag, Berlin
- [17] Veldhuizen, E.M. van, and Rutgers, W.R., 2002, *Corona Discharges: Fundamental and Diagnostics*, Journal Physics D: Appl. Phys., Vol 35
- [18] Spyrou, N., Peruos, R., and Hield, B., 1994, *New Result on a Point-to-Plane DC Plasma Reactor in Low-Pressure Dried Air*, Journal Phys. D: Appl. Phys., Vol. 27
- [19] Akses, A., 2003, *Electromagnetic Characteristics of High Voltage DC Corona*, 2003 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Istanbul, Turkey