

## Produksi Ion Nitrogen dalam Reaktor Plasma Lucutan Pijar Korona Konfigurasi Multi Titik Bidang dan Pemanfaatan untuk Pengayaan Nitrogen pada Pupuk Kompos

<sup>1</sup>Muhammad Nur, <sup>1</sup>Irfan Wahyu Nugroho, <sup>1</sup>Zaenul Muchlisin dan <sup>2</sup>Sjafrul Latif

<sup>1</sup>Devisi Aplikasi Plasma, Laboratorium Fisika Atom dan Nuklir Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan, Sumatra Utara

E-mail: <sup>1</sup>m.nur@undip.ac.id

---

### ABSTRACT

Nitrogen ions have been generated in the air by corona glow discharge plasma. The unipolar current saturation of Sigmund has been observed and nitrogen ions were used for enrichment of nitrogen in compost of palm oil empty fruit bunches. Generator of ions was a positive corona discharge plasma with multi point to plane electrodes configurations and by using a DC voltage source of 6.8 kV and 8 mA. In the glow discharge plasma condition, the nitrogen ions were produced in air. Implantation of nitrogen ions can increase the levels of nitrogen in the compost. The highest percentage of nitrogen is obtained in the series of experiment for time of radiation was 100 minutes. The amount of mass percentage of nitrogen in the enrichment compost was  $(3.4 \pm 0.3)$  % and we compare with compost control without ions radiation was 1.1 % (mass percentage). It can be concluded that the increasing of nitrogen content in the compost can be done by almost 300 %.

*Key words : corona glow discharge plasma, compost, nitrogen ionic*

---

### PENDAHULUAN

Penelitian tentang lucutan korona telah banyak dilakukan terutama untuk konfigurasi elektroda titik-bidang [1,2]. Plasma lucutan korona dalam gas murni telah dipelajari secara kelistrikan dan spektroskopi dan dapat menentukan temperatur rotasional dan vibrasional dari molekul nitrogen dalam dalam plasma korona [3]. Aplikasi plasma korona untuk pemanfaatan ion dalam teknologi pengeringan telah juga dilakukan misalnya oleh Thimoty dkk., Kim dkk., dan Gelfan[4,5,6]. Penelitian tentang plasma korona yang terkait dengan “angin ion” pada tekanan atmosfer dimulai oleh Robinson [7]. Pembentukan lucutan korona dalam gas karena medan listrik intensitas sangat tinggi (elektroda aktif) dan mampu menimbulkan proses ionisasi primer disekitar elektroda tersebut dideskripsikan oleh Goldman dkk. [8]. Kuat medan listrik tersebut cukup tinggi sehingga mampu mengionisasi partikel-partikel gas dan oleh Sigmund diusulkan arus saturasi unipolar untuk arus yang terukur dalam plasma lucutan korona [8]. 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* dijelaskan oleh Raizer [9]. Selain itu, pada korona terdapat elektroda aktif yang mempunyai intensitas medan listrik yang tinggi disekitar elektroda, dan bentuknya dapat merupakan titik dengan pendekatan sebagai parabolik oleh Choelo[11] dan kawat misalnya oleh Kalman dan Sher [12]. Plasma lucutan pijar korona positif dapat dibentuk dengan memberikan polaritas positif pada elektroda aktif. Ionisasi terjadi di sekitar elektroda titik karena pengaruh medan listrik yang sangat tinggi pada elektroda titik tersebut. Ion-ion hasil ionisasi akan mengalir atau bergerak menuju katoda melalui daerah aliran ion. Dalam daerah aliran, elektron-elektron yang bergerak dari katoda menuju anoda akan dapat mengionisasi atom-atom atau molekul-molekul gas di antara elektroda. Aliran ion-ion ini akan menimbulkan arus ion yang disebut arus

saturasi unipolar [10]. Arus saturasi ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_s = \frac{2\mu\epsilon_0 V^2}{d} \quad (1)$$

dengan  $I_s$  adalah arus saturasi unipolar (ampere),  $V$  adalah tegangan korona (volt),  $\mu$  adalah mobilitas ion unipolar (m/Vs),  $\epsilon_0$  permitivitas ruang hampa (F/m) dan  $d$  adalah jarak antar elektroda (m) [10]. Selain memunculkan arus saturasi, dalam ruang antara elektroda titik-bidang juga terjadi medan listrik yang tak seragam (*non uniform*). Keberadaan medan listrik yang tak seragam ini disebabkan oleh adanya perbedaan geometri antara elektroda (titik-bidang). Fenomena ini menimbulkan medan listrik yang kuat disekitar ujung elektroda titik. Kuat medan listrik antar elektroda merupakan fungsi dari jarak ( $x$ ) antar elektroda. Besar kuat medan listrik ditunjukkan dalam persamaan :

$$E(x) = \frac{2V}{(r + 2x - \frac{x^2}{d}) \ln(1 + \frac{2d}{r})} \quad (2)$$

dengan  $E(x)$  adalah kuat medan listrik berjarak  $x$  dari ujung elektroda titik (volt/m),  $V$  adalah tegangan pada elektroda (volt),  $r$  adalah jari-jari ujung elektroda titik (m),  $d$  adalah jarak antar elektroda (m) dan  $x$  jarak ujung elektroda titik dengan sebuah titik yang berjarak  $x$  tertentu diantara kedua elektroda (m). Bila  $x = 0$  (di ujung runcing elektroda titik) medan listriknya diberikan persamaan :

$$E(x=0) = \frac{2V}{r \ln(1 + \frac{2d}{r})} \quad (3)$$

dengan  $E(x=0)$  adalah kuat medan listrik di ujung elektroda titik (volt/m),  $V$  adalah tegangan listrik (volt),  $r$  jari-jari elektroda titik (m) dan  $d$  adalah jarak antar elektroda titik-bidang (m).

Dengan intensitas medan listrik yang tinggi di sekitar elektroda titik maka gas nitrogen yang berada di sekitar elektroda titik akan mengalami ionisasasi. Ion-ion nitrogen dalam bentuk atom atom dan/atau molekul didorongkan ke pupuk kompos yang ditempatkan pada elektroda negatif (elektroda bidang). Dengan cara inilah pengayaan nitrogen dalam kompos dilakukan. Beberapa peneliti untuk mengayakan nitrogen dalam

pupuk kompos dilakukan dengan cara mencampurkan dengan pupuk urea secara merata antara lain yang dilakukan oleh Zahir dkk. [13].

**Tabel 1.** Kandungan hara tandan kosong sawit (TKS)

Parameter	Satuan	Kisaran
Dry matter DM	[kg/ton]	300 - 200
Organic. DM	[kg/ton]	240
Organic. DM	[kg/ton DM]	880
C	[kg/ton DM]	480 - 490
C/N	[-]	50 - 65
N <sub>kj</sub>	[kg/ton DM]	7,4 - 9,8
P	[kg/ton DM]	0,6 - 0,7
K	[kg/ton DM]	20,1 - 21,8
Ca	[kg/ton DM]	1,6 - 4
Mg	[kg/ton DM]	1,3 - 1,5
B	[kg/ton DM]	-
pH	[-]	5,5 - 7,7
Bulk density	[ton/m <sup>3</sup> ]	0,340

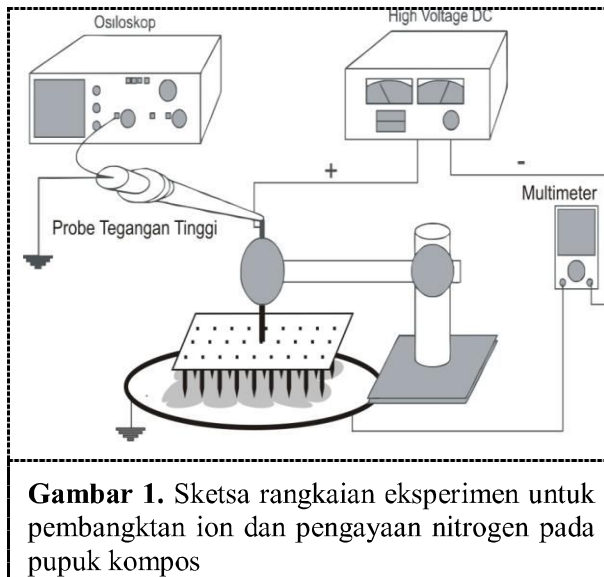
Sumber : Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), 2000.

Dari tabel diatas kandungan nitrogen untuk pupuk yang berasal dari tandan kosong kelapa sawit sebesar (7,4 – 9,8) kg/ton pupuk atau (0,74-0,98) % massa.

Hasil penelitian yang dilaporkan dalam makalah ini adalah menaikkan kadar nitrogen dalam pupuk kompos dari tandan kosong kelapa sawit dengan menggunakan teknologi plasma korona, yang dalam referensi belum pernah digunakan.

### METODA PENELITIAN

Gambar 1 menunjukkan sketsa rangkaian penelitian ini. Reaktor plasma lucutan pijar terdiri dari 63 buah jarum sebagai elektroda multi titik dan bidang terbuat dari stainless still. Jumlah jarum disusun memanjang sebanyak 21 buah dan lebar 3 buah. Jarak antar elektroda sebesar 6,5 cm. Elektroda titik diberikan sumber tegangan DC, 6,8 kV dengan arus 8 mA pada polaritas positif dan elektroda bidang diberikan polaritas negatif. Pupuk kompos (produksi PPKS) yang dilakukan pengayaan nitrogen ditempatkan pada bidang. Pada daerah runcing elektroda

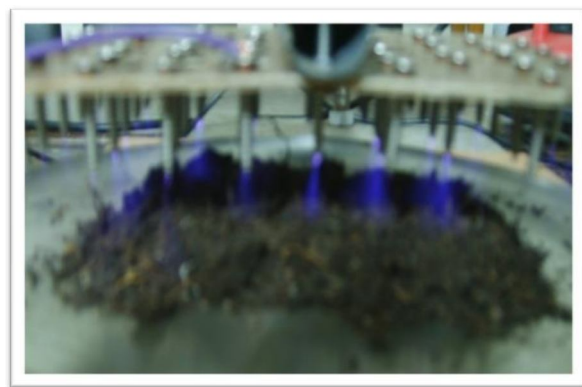


Ion yang dibangkitkan dalam generator plasma multi titik bidang ini, ditembakkan ke pupuk kompos yang diletakkan di bidang yang diberi tegangan negatif terhadap multi titik. Pradiasi ion nitrogen dibagi dalam 10 kelompok, yaitu kelompok yang diradiasi plasma selama 10 s/d 100 menit dengan interval 10 menit. Semua pupuk ini kemudian di uji kadar nitrogennya dengan metode Kjeldahl.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pemaparan ion nitrogen dapat dilakukan pada keadaan lucutan pijar korona dengan arus sturasi unipolar. Keadaan ini ditandai dengan suara desis dan dan cahaya biru keunguan pada daerah aliran muatan. Cahaya biru keunguan ini menunjukkan emisi nitrogen pada daerah cahaya tampak dalam daerah panjang gelombang antara 281,4 nm ke 497,7 nm. Transisi ini disebut transisi System Positif Kedua ( $C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$ ). Nur dalam penelitiannya telah melakukan melakukan penelitian mulai dari tekanan atmosfer sampai mencapai 100 bar pada gas nitrogen. Emisi gas pada daerah keunguan merupakan daerah emisi yang paling dominan [3]. Berdasarkan hasil penelitian Nur [3] pada penelitian ini dapat diyakini bahwa nitrogen tereksitasi dan terionisasi telah dihasilkan karena adanya cahaya biru keunguan dan adanya arus listrik yang terukur. Arus listrik mengindikasikan bahwa elektron telah dihasilkan dalam gas (gas terionisasi) dan adanya gerakan muatan dalam

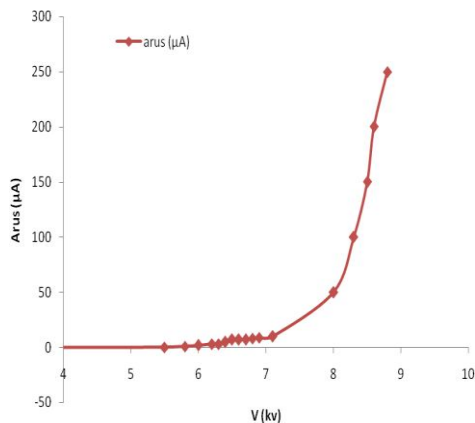
gas diantara dua elektroda. Gambar 2 menunjukkan kondisi lucutan pijar korona diudara dari reaktor multi titik bidang dan pupuk organik tandan kelapa sawit kosong diletakkan pada bidang yang diberi polaritas negatif. Pupuk mendapat paparan ion nitrogen yang pada umumnya diproduksi di sekitar elektroda jarum dan daerah aliran muatan yang disebabkan oleh adanya tumbukan antara elekton dengan molekul gas.



**Gambar 2.** Foto dari lucutan korona multi titik bidang dengan pupuk kompos diletakkan pada bidang

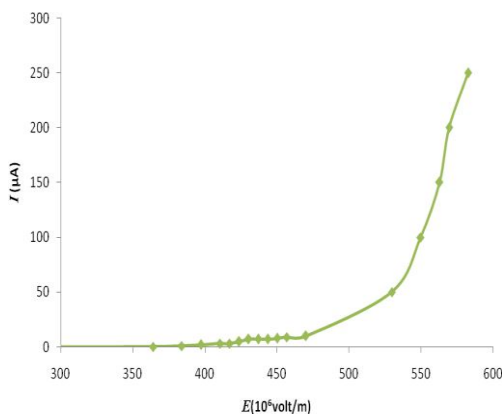
**Karakteristik arus dan tegangan**

Udara adalah bahan dielektrik. Proses ionisasi yang terjadi pada ujung jarum yang sangat runcing menghasilkan ion-ion dan elektron. Diantara ujung jarum dan bidang terjadi aliran muatan yang dalam hal ini adalah aliran muatan unipolar jika arus terukur mengikuti arus saturasi Sigmond [10]. Arus saturasi tersebut mengikuti persamaan parabolik I sebanding dengan  $V^2$  seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1). Arus saturasi apad lucutan korona merupakan arus kapasitif yang terjadinya perubahan muatan sebagai fungsi waktu  $I = dQ/dt$ . Jadi tidak mengikuti hukum Ohm seperti arus listrik yang terjadi dalam sebuah penghantar. Gambar 3 menunjukkan kuat arus sebagai fungsi tegangan terpasang antara dua elektroda.



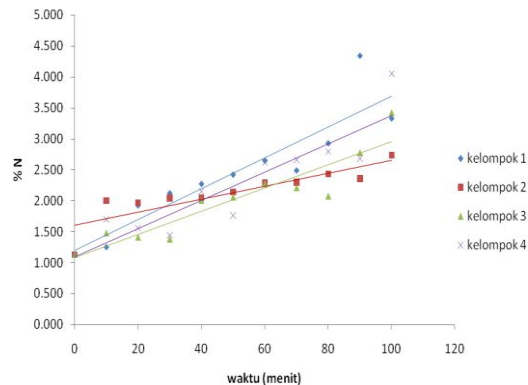
**Gambar 3.** Kuat arus sebagai fungsi tegangan terpasang untuk reaktor multi titik bidang

Pada lucutan korona kuat medan listrik sangat besar disekitar elektroda aktif. Proses ionisasi sangat ditentukan oleh besar kecilnya kuat medan listrik. Hal yang sama, kuat medan listrik jugag menentukan besarnya arus listrik Gambar 4 menunjukkan kuat arus sebagai fungsi kuat medan listrik.



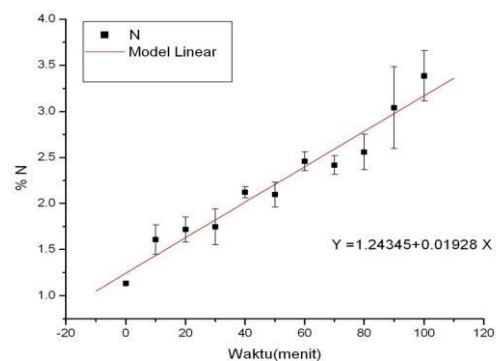
**Gambar4.** Kuat arus sebagai fungsi kuat medan listrik

Pengayaan nitrogen pada pupuk organik yang berasal dari tandan kelapa sawit kosong telah dilakukan dengan beberapa kelompok. Gambar 5 menunjukkan beberapa kenaikan persentase massa nitrogen untuk beberapa kelompok pupuk organik dengan variasi waktu peradiasian ion nitrogen. Semakin lama peradiasian semakin tinggi persentase nitrogen dalam pupuk.



**Gambar 5.** Grafik kenaikan persentase berat kadar nitrogen dalam pupuk kompos dari tandan kosong kelapa sawit

Dengan mengambil rerata dan ralat diperoleh bahwa kenaikan persentase nitrogen naik sebanding dengan kenaikan waktu radiasi. Kami menyadari bahawa penelitian ini belum mencapai titik jenuh pada kenaikan nitrogen dalam pupuk. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zahir dkk. [13], pupuk organik memang dapat ditingkatkan kadar nitrogennya sampai mencapai 120 gram/kg pupuk kompos (atau 12 % massa nitrogen) dengan mencampurkan dengan pupuk urea [13]. Melihat kecendrungan pada grafik yang disajikan pada gambar 6, penelitian ini masih sangat untuk menaikkan kadar nitrogen pada batas persentase yang lebih besar.



**Gambar 6.** Kenaikan persentase berat rerata nitrogen sebagai fungsi waktu paparan ion.

Yang lebih menarik dari penelitian ini adalah, nitrogen yang disusupkan dalam kompos langsung terikat karena awalnya berbentuk ion  $N_2^+$  atau  $N^+$  dari proses dissosiasi diikuti dengan ionisasi atau proses ionisasi molekul [3].



**KESIMPULAN**

Plasma lucutan pijar korona dengan elektroda multi titik telah dapat membangkitkan ion-ion nitrogen yang dapat digunakan untuk memperkaya unsur nitrogen dalam pupuk. Pengukuran arus yang terjadi dalam lucutan korona mengikuti formualasi arus saturasi Sigmond yakni arus sebanding dengan tegangan pangkat dua, dengan demikian ini merupakan arus unipolar saturasi yang didominasi oleh ion-ion positif terutama ion nitrogen. Pupuk kompos yang berasal dari tandan kosong kelapa sawit yang kadar nitrogen mula-mula sebesar 1,1 % (persen massa) menjadi 3,4 % (persen massa) dan dapat disimpulkan naik sebesar 300 %. Jadi dengan teknologi plasma lucutan pijar korona kadar nitrogen dalam pupuk kompos dapat dinaikkan.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Terimakasih disampaikan pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Medan yang telah memberikan fasilitas kepada para peneliti untuk mencoba teknik pengayaan ini pada pupuk kompos produksi PPKS

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Jones, J.E. 2008 "On corona-induced gas motion and heating I:Field equations, modelling and vortex formation", *Journal of Electrostatics*, 66 84–93

[2] Coelho, R., Debeau, J. 1971,"Properties of the tip-plane configuration, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 4, p. 1266

[3] Nur, M. 1997 "Etude des décharges couronne dans l'argon et l'azote très purs: transport des charges, spectroscopie et influence de la densité", *PhD. Thesis*, Joseph Fourier University, Grenoble, France.

[4] Timothy I.J. Goodenough P., Goodenough, W., and Goodenough, S. M. 2007, "The efficiency of "corona wind" drying and its application to the food industry", *Journal of Food Engineering*, Volume 80, Issue 4, , Pages 1233-1238

[5] Kim, C. Park, D.. Noh, K.C. and Hwang J. 2010 "Velocity and energy conversion efficiency characteristics of ionic wind

generator in a multistage configuration", *Journal of Electrostatics* 68, 36–41

[6] Gelfan, P.C., "Corona Wind Generating Device", 1975U.S. Patent No. 3,896,347 (22 July 1975)

[7] Robinson, M., "Movement of air in the electric "wind" of the corona discharge", 1961,AIEE Trans. 80, pp. 143–150

[8] Goldman M. and Goldman A."Corona Discharges" in *Gaseous Electronics Vol.I* edited by Hirsh M.N. and Oskam H.J., Academic Press, 1978.

[9] Raizer Y. P.,1991, "Gas Discharges Physics", Springer-Verlag, Berlin, Heilderberg, chapter 2

[10] Sigmond, R.S. (1982),"Simple approximate treatment of unipolar spacecharge-dominated coronas: the Warburg law and the saturation current", *J. Appl. Phys.* 53 (1982) 891–898.

[11] Coelho R. and Debeau J., "Properties of the Tip-Plane Configuration", *J. Phys. D : Appl. Phys.*, Vol. 4, pp. 1266-1280, 1971.

[12] H. Kalman, E. Sher,1997 Enhancement of heat transfer by means of a corona wind created by a wire electrode and confined wings assembly, *Applied Thermal Engineering* 21 (2001) 265±282

[13] Zahir, Z.A., Naveed, M., Zafar M.I., Rehman H.S., Arhad M., and Khalid M., 2007, Evaluation of Composted Organic Waste Wnricched with Nitogen and L-Tryptophan for Improving Growth and Yield of Wheat (*triticum Aestivum L.*) *Pak. J. Bot.*, 39(5): 1739-1749