

## ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN ARUS DAN TEGANGAN PLASMA TERHADAP DEGRADASI PARAMETER LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT

Oleh:  
Yulastri

Staf Pengajar Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang

### *Abstract*

*Plasma technology is formed by discharge current in the air which produce ionized gas that positive and negative charged. It has a smaller potential energy than kinetic energy among the ion particles. Kinetic energy of ions which large enough will emerge measured plasma flow. This plasma flows proved the capability of degrading liquid waste oil palm indicated by oxidation in the liquid waste that increase after degraded and reduced the value of the electrical conductivity in the liquid waste after degraded. Base on the correlation between the effects of changes in the plasma flows toward Oxidation Reduction Potential (ORP) and EC (Electrical Conductivity) is greater than 90 % .*

### PENDAHULUAN

Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) merupakan industri yang sarat dengan residu pengolahan. Menurut Elisabeth,dkk., tahun 2003 PMKS hanya menghasilkan 25-30% produk utama berupa 20-23 % CPO dan 5-7 % inti sawit (*kernel*), sisanya sebanyak 70-75% adalah residu hasil pengolahan berupa limbah. Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh PMKS berkisar antara 550-670 kg/ton tandan buah segar (TBS) (Maryadi, 2006). Limbah cair kelapa sawit ini mengandung bahan organik dan anorganik yang

cukup tinggi. Semua parameter limbah cair PMKS berada diatas ambang batas baku mutu limbah. Jika tidak dilakukan pencegahan dan pengolahan limbah, maka akan berdampak negatif terhadap lingkungan seperti pencemaran air yang mengganggu bahkan meracuni biota perairan, menimbulkan bau, dan menghasilkan gas methan dan CO<sub>2</sub> yang merupakan emisi gas penyebab efek rumah kaca yang berbahaya bagi lingkungan. Limbah ini merupakan sumber pencemaran yang potensial bagi manusia dan lingkungan, sehingga pabrik dituntut untuk mengolah limbah

melalui pendekatan teknologi pengolahan limbah (*end of the pipe*). Bahkan sekarang telah digulirkan paradigma pencegahan pencemaran (*up of the pipe*). Beberapa metoda pengolahan limbah yang pernah dibahas pada jurnal sebelumnya (Yulastri, 2013) maka penelitian dengan metoda plasma untuk degradasi limbah cair kelapa sawit merupakan metoda dengan teknologi yang ramah lingkungan dan mengurangi lahan serta memperpendek waktu pengolahan. Untuk jurnal kali ini akan ditunjukkan analisis tentang pengaruh arus dan tegangan plasma terhadap penurunan nilai racun yang terkandung dalam limbah yang terukur dengan parameter limbah *Oxidation-Reduction Potential* (ORP) dan *Electrical Conductivity* (EC). Penelitian ini hanya dibatasi terhadap limbah cair kelapa sawit yang didegradasi dengan sistem plasma metoda *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) dengan sistem bertahap. Tujuan analisis yang dilakukan adalah agar dapat mengembangkan sistem plasma untuk pengolahan limbah yang lainnya.

Plasma terbentuk dari tegangan tembus dielektrik di udara, ion merupakan atom atau gabungan atom yang memiliki muatan listrik, ion terbentuk apabila pada peristiwa kimia suatu atom unsur menangkap atau melepaskan elektron. Proses terbentuknya ion dinamai dengan ionisasi yang bisa terjadi akibat pembangkitan ion seperti benturan, fotonisasi dan lain-lain dan akibat kehilangan ion berupa penggabungan (*attachment*) elektron (Naidu, M.S, 1995). Plasma merupakan gas terionisasi yang terdiri dari partikel bermuatan positif, negatif dan netral dimana energi potensial antara partikelnya lebih kecil dibanding energi kinetik antara partikel tersebut (Nicholson, D.R, 1983). Derajat ionisasi bisa dikontrol dengan tegangan yang diaplikasikan. Plasma bisa dinyatakan sebagai fase ke empat selain cairan, padat dan gas (Putut, 2008). Variabel tegangan listrik berhubungan dengan banyaknya elektron berenergi yang dihasilkan reaktor plasma, semakin besar tegangan listrik yang diberikan pada elektroda maka semakin

banyak ion dan elektron bebas yang terbentuk (A.R, Tuhu, 2010). Dengan membuat plasma dalam air akan dihasilkan berbagai macam spesies aktif seperti  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{O}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  (menurut Joshi. dkk., 1995, dari Hariadi dkk., 2012). Hampir seluruh spesies aktif ini memiliki tingkat oksidasi potensial yang tinggi yang berpotensi dalam menguraikan kandungan senyawa organik dalam air. Disamping itu, plasma juga menghasilkan sinar ultraviolet dan gelombang kejut yang juga berpotensi menguraikan kandungan senyawa organik dalam air secara signifikan (menurut Robinson dkk., 1973, dari Hazmi, A. dkk, 2012).

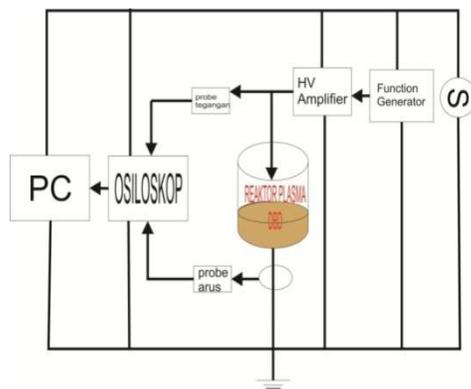
Plasma berdasarkan temperaturnya terdiri dari plasma dingin dan plasma panas. Plasma panas memiliki suhu hingga 10000 derajat C dan plasma dingin memiliki suhu sama dengan suhu ruang. Plasma dingin memiliki

temperatur elektron lebih rendah dari temperatur ion dan netral. sehingga elektron akan menyerang molekul limbah dan molekul tersebut dalam pita gas akan dipanaskan sampai suhu yang dibutuhkan untuk pembusukan. Misalnya senyawa chlorine yang diserang oleh elektron akan mengalami proses sebagai berikut :

Disini dapat dijelaskan bahwa merupakan spesies aktif yang tidak stabil, dan komponen radikal selanjutnya akan mengalami pembusukan dan molekul chlorine akan menjadi lebih sederhana dan tidak berbahaya yaitu menjadi garam (R.C, Daniel, 1996). Plasma berdasarkan tegangan pembangkitnya dapat dibedakan pula dengan plasma tegangan AC dan plasma tegangan DC. Plasma tegangan AC frekuensi rendah lebih efisien dalam hal konsumsi energinya (Chen, W.C, dkk., 2008).

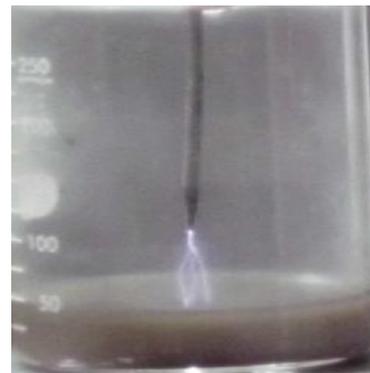
## METODA PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan eksperimen terhadap limbah cair kelapa sawit. Limbah cair ini didegradasi dengan sistem plasma metoda DBD dengan memberikan sumber pembangkitan tegangan AC yang bervariasi mulai dari 13 kV, 16 kV dan 19 kV. Proses degradasi limbah dilakukan bertahap terhadap volume limbah yang sama untuk setiap waktu yang semakin meningkat dari 10 menit, 30 menit dan seterusnya sampai 4 jam. Proses degradasi limbah ini dilakukan seperti gambar berikut:



Gambar 1. Blok diagram proses degradasi limbah cair kelapa sawit

dan tegangan yang digunakan dan data kimia limbah yang disesuaikan dengan baku mutu limbah yang diperlukan untuk menentukan karakteristik limbah. Arus plasma didapatkan dari pengukuran arus peluahan yang dihasilkan dari beberapa variasi tegangan tinggi yang diberikan, arus peluahan tersebut ditunjukkan dengan pijar plasma seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Pijar plasma

## HASIL DAN PEMBAHASAN

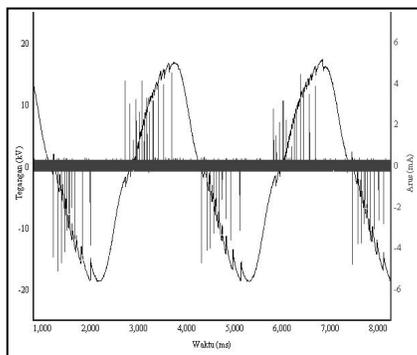
### HASIL

#### 1. Tegangan dan Arus Plasma

Bentuk tegangan dan arus plasma yang dihasilkan dari proses pembangkitan dari sistem yang dibangun seperti gambar 1

ditampilkan pada osiloskop seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Arus

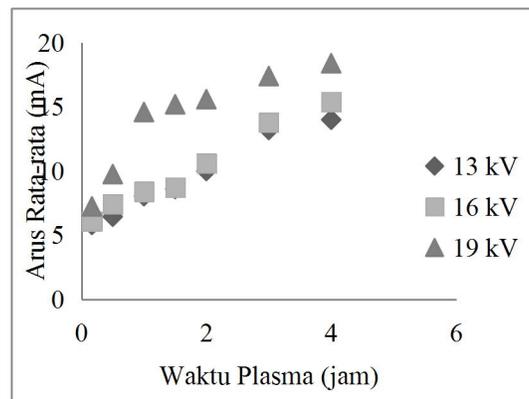
peluahan ditunjukkan setiap kali perubahan fasa  $90^{\circ}$  pada siklus positif dan sudut fasa  $270^{\circ}$  pada siklus negatif.



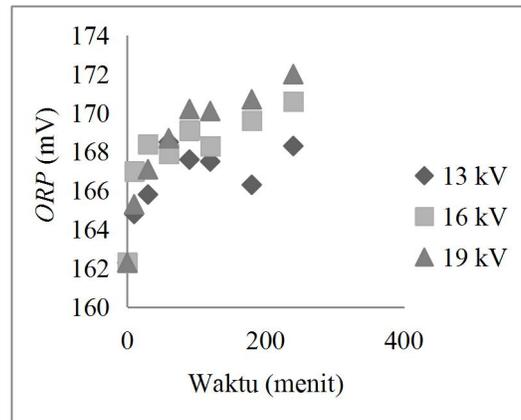
Gambar 3. Tegangan dan Arus Plasma

## 2. Pengaruh tegangan terhadap arus plasma

Berdasarkan data pengukuran arus rata-rata pada masing-masing tegangan plasma untuk setiap tahapan waktu plasma maka didapatkan profil arus seperti gambar 4. Profil arus dari tegangan plasma yang diberikan pada sampel limbah cair kelapa sawit menunjukkan bahwa semakin besar tegangan plasma yang diberikan maka nilai arus yang dihasilkan juga semakin besar. Arus yang semakin besar akan menghasilkan elektron yang banyak juga.



Gambar 4. Pengaruh tegangan terhadap arus rata-rata listrik selama proses degradasi limbah cair kelapa sawit dengan plasma

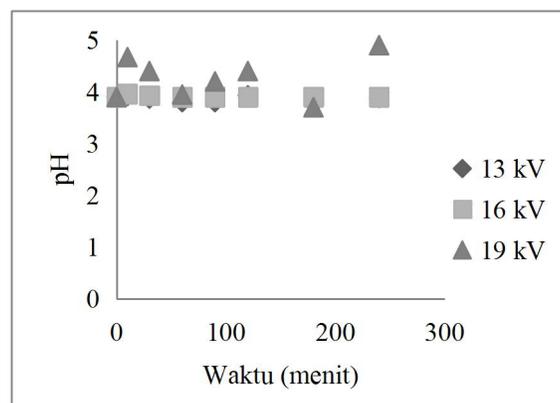


Gambar 5. Pengaruh tegangan terhadap ORP limbah cair kelapa sawit

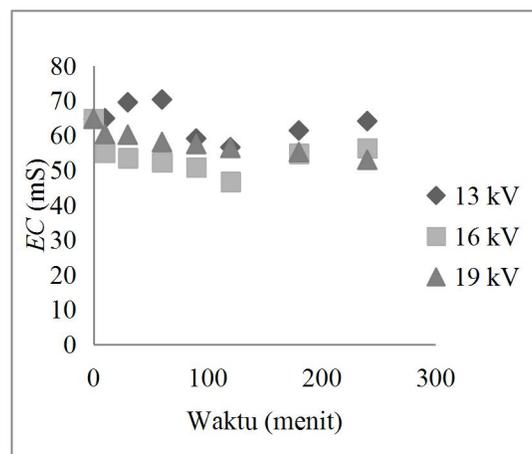
### 3. Pengaruh tegangan terhadap *ORP*, *EC*, *TDS* dan *pH* limbah cair kelapa sawit.

Hasil pendegradasian sampel limbah cair kelapa sawit ditunjukkan kondisinya dengan beberapa parameter dan skala pengukuran diantaranya *ORP* (*Oxidation Reduction Potential*), *EC* (*Electrical Conductivity*), merupakan pengukuran level aktifitas dari cairan dan bukan pengukuran konsentrasi dari cairan. Nilai *ORP* yang ditunjukkan merupakan nilai potensial listrik yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari oksidan ke reduktor yang dinyatakan dalam mV. Sehingga *ORP* ini digunakan sebagai ukuran kualitatif dari keadaan oksidasi dalam sistem pengolahan limbah cair. Dalam proses degradasi limbah cair kelapa sawit dengan plasma ini didapatkan nilai *ORP* yang cenderung naik sesuai dengan kenaikan tegangan plasma yang diberikan serta waktu proses plasma yang semakin lama seperti ditunjukkan profil *ORP* pada gambar 5. Kenaikan level *ORP* sangat erat hubungannya dengan kecenderungan

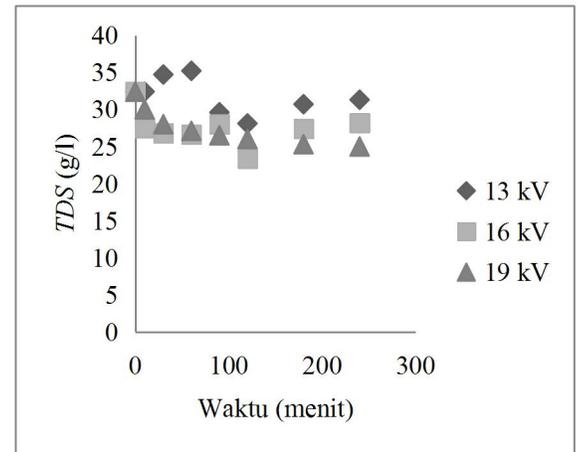
Profil *EC* pada gambar 7 menunjukkan bahwa kemampuan cairan limbah untuk menghantar listrik semakin berkurang setelah plasma dengan tegangan AC semakin tinggi dan dalam waktu yang semakin lama.



Gambar 6. Pengaruh tegangan terhadap pH limbah cair kelapa sawit



Jumlah padatan terlarut (*TDS*) dalam cairan limbah juga mengalami penurunan nilai setelah plasma seperti ditunjukkan profil *TDS* pada gambar 8. *TDS* limbah cair kelapa sawit sebelum plasma memiliki kepadatan terlarut sebesar 32,4 g/l setelah plasma selama 4 (empat) jam dengan tegangan *AC* sebesar 19 kV maka kepadatan terlarutnya menjadi 25 g/l. Kepadatan terlarut yang biasanya terdapat dalam cairan limbah adalah mineral, garam, logam, kation dan anion. Berkurangnya kepadatan terlarut dalam cairan limbah juga berhubungan dengan berkurangnya konduktifitas listrik dalam cairan, berkurangnya konduktifitas listrik dalam cairan limbah disebabkan telah berubahnya zat-zat terlarut terutama kation dan anion karena diplasma menjadi spesies aktif yang telah mengalami penguapan.



Gambar 8. Pengaruh tegangan terhadap *TDS* limbah cair kelapa sawit

## PEMBAHASAN

Teknologi plasma yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan proses ionisasi dari elektron-elektron yang dibangkitkan dari plasma. Plasma sebagai gas terionisasi yang banyak memiliki muatan elektron dan memiliki energi kinetik yang besar dibanding energi potensialnya jika dilepas ke dalam air akan membentuk spesies aktif seperti  $\text{OH}^-$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}^+$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Spesies aktif ini memiliki potensial oksidasi yang tinggi. Dengan menaikkan tegangan pada elektroda maka akan didapatkan muatan

akan mengalami peristiwa oksidasi sehingga menghasilkan spesies aktif dengan potensial oksidasi yang semakin besar. Pembentukan spesies aktif akibat tumbukan elektron dari plasma di dalam air ditunjukkan dengan reaksi berikut :

Kenaikan tegangan plasma yang diberikan menyebabkan kenaikan nilai arus plasma sehingga elektron yang dihasilkan juga semakin besar, ini ditunjukkan pada gambar 4. Masing-masing proses reduksi dan oksidasi yang dibantu oleh elektron tersebut menghasilkan nilai potensial, dengan semakin banyaknya elektron yang membentuk spesies aktif maka potensial

Berdasarkan uji korelasi dengan koefisien korelasi  $r$  dapat dibuktikan hubungan beberapa parameter yang menentukan proses degradasi dan kualitas limbah. Disini dilakukan uji korelasi antara variabel arus plasma dengan  $ORP$  dan arus plasma dengan  $EC$ . Nilai uji korelasi  $r$  untuk arus degradasi dan  $ORP$  adalah 96%, ini menunjukkan data perubahan arus dan data perubahan  $ORP$  sangat erat hubungannya. Demikian juga uji korelasi  $r$  untuk arus degradasi terhadap penurunan nilai  $EC$  memiliki kaitan sebesar 94,06%.

## KESIMPULAN

Dari analisa data penelitian ini dapat disimpulkan bahwa teknologi plasma dapat digunakan untuk proses degradasi

limbah cair kelapa sawit. Arus degradasi dari plasma sangat besar pengaruhnya untuk merombak senyawa organik, dan komponen terkait lainnya dalam limbah cair kelapa sawit.

#### DAFTAR PUSTAKA

A.R, Tuhu, 2010, "Pengolahan Air Limbah Industri Tahu dengan Teknologi Plasma", Universitas Pembangunan Nasional Veteran Surabaya.

Chen, C.W., dkk., February 2008, "Inactivation of Aquatic Microorganisms by Low-Frequency AC Discharges", IEEE Trans. On Plasma Science, Vol. 36, No. 1.

Hazmi, A., dkk., April 2012, "Penghilangan Mikroorganisme dalam Air Minum dengan Dielectric Barrier Discharge", Jurnal Rekayasa ElektriKa Vol. 10, No. 1.

M. S Naidu, et.al, 1995, "High Voltage Engeneering", Second edition, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.

Maryadi, 2006, "Analisis Ekonomi Pemanfaatan Limbah Cair di Kebun Sawit Sei. Manding Riau", J. Tek.Ling. P3TL BPPT.

Nicholson, D.R., 1983, "Introduction to Plasma Theory", John Wiley & Sons.

Putut, , 2008, "Karakterisasi Reaktor Plasma CVD untuk deposisi diamond-like carbon coating", Universitas negeri Semarang,.

R.C, Daniel, 1998, "Plasma Technology for Treatment Waste", Plasma Fusion Center, Massachusetts Institute of Technology Cambridge, USA.

Yulastri, 2013, "Aplikasi Plasma Dengan Metoda Dielectric Barrier Discharge (DBD) Untuk Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit", JNTE Vol. 2 No. 2.