



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**INVESTIGASI PERUBAHAN KARAKTERISTIK MINYAK  
JELANTAH MELALUI EFEK PAPAN PLASMA LUCUTAN  
KORONA**

**SKRIPSI**

**MIGEL ALDILA**

**0806319362**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**INVESTIGASI PERUBAHAN KARAKTERISTIK MINYAK  
JELANTAH MELALUI EFEK PAPARAN PLASMA LUCUTAN  
KORONA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik**

**MIGEL ALDILA**

**0806319362**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
DEPOK  
JUNI**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Migel Aldila**

**NPM : 0806319362**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : 3 JULI 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Migel Aldila

NPM : 0806319362

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Skripsi : Investigasi Perubahan Karakteristik Minyak Jelantah Melalui Efek Paparan Plasma Lucutan Korona

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia




### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Setijo Bismo, DEA

Penguji : Eva Fathul Karamah, ST, MT

Penguji : Dr.Ing.Donni Adinata, M.Eng.Sc

Penguji : Prof.Dr.Ir.Anondho W., M.Eng

()  
()  
()  
()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 3 Juli 2012

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan petunjuk-Nya sehingga makalah skripsi dapat selesai dengan baik dan tepat waktu. Penulisan makalah skripsi dengan judul “**Investigasi Perubahan Karakteristik Minyak Jelantah Melalui Efek Paparan Plasma Lucutan Korona**” dilakukan dalam rangka memenuhi mata kuliah Skripsi. Penulisan makalah seminar ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Setijo Bismo, DEA sebagai pembimbing skripsi dan sekaligus pembimbing akademis yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun makalah skripsi ini;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI;
3. Bapak Ir. Yuliusman, M.Eng selaku kordinator skripsi Teknik Kimia FTUI;
4. Indriani Mukti, Fatimatussahroh, Maylen R.V, Ria Wulansarie, Widioseno dan Veny Luvita selaku rekan penelitian satu bimbingan serta banyak memberi dukungan dan informasi terkait;

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam makalah seminar ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif agar dapat menyempurnakan makalah skripsi ini. Penulis berharap makalah skripsi ini bermanfaat bagi orang banyak dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juli 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Migel Aldila  
NPM : 0806319362  
Program Studi : Teknik Kimia  
Departemen : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**INVESTIGASI KARAKTERISTIK MINYAK JELANTAH MELALUI  
EFEK PAPARAN PLASMA LUCUTAN KORONA**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 3 Juli 2012

Yang Menyatakan



(Migel Aldila)

## ABSTRAK

Nama : Migel Aldila

Program Studi : Teknik Kimia

Judul : Investigasi Perubahan Karakteristik Minyak Jelantah Melalui Efek Paparan Plasma Lucutan Korona

Penelitian ini menggunakan reaktor plasma jenis pipa koaksial yang berbentuk *shell and tube*. Minyak jelantah dialirkan ke dalam reaktor plasma selama 120 menit dan sampel diambil setiap selang 30 menit. Sistem pembangkit plasma dibangkitkan dengan tegangan 100 V, 150 V dan 200 V dengan menggunakan *plasmatron*. Analisis dilakukan untuk kemurnian minyak jelantah yang dipapar plasma dan yang tidak dipapar plasma dengan tolok ukur angka asam, angka peroksida dan indeks bias. Angka asam mengalami penurunan signifikan pada tegangan 150 V selama 90 menit, angka peroksida pada tegangan 200 V selama 120 menit dan indeks bias pada tegangan 200 V selama 120 menit.

**Kata Kunci :**

Kualitas minyak, minyak jelantah, *non-thermal plasma*, plasma lucutan korona.

## ABSTRACT

Name : Migel Aldila  
Study Program : Chemical Engineering  
Title : Investigation of Characteristic Waste Frying Oil  
Alteration with Corona Discharge Effect

In this experiment used plasma reactor with coaxial pipe type, which have shell and tube form. Waste Frying Oil flowed to plasma reactor during 120 minute and sample took each 30 minute. The System of Plasma Inciter incited by three voltase, 100 V, 150 V and 200 V used plasmatron. Sample Analysis consisted of Free Fatty Acid (FFA) Number, Peroxide Number and Deviation Index. FFA Number has significant reduction at 150 V during 90 minute, Peroxide Number at 200 V during 120 minute and Deviation Index at 200 V during 120 minute.

**Keyword:**

Quality of Oil, Sout Oil, Non-thermal Plasma, Corona Discharge

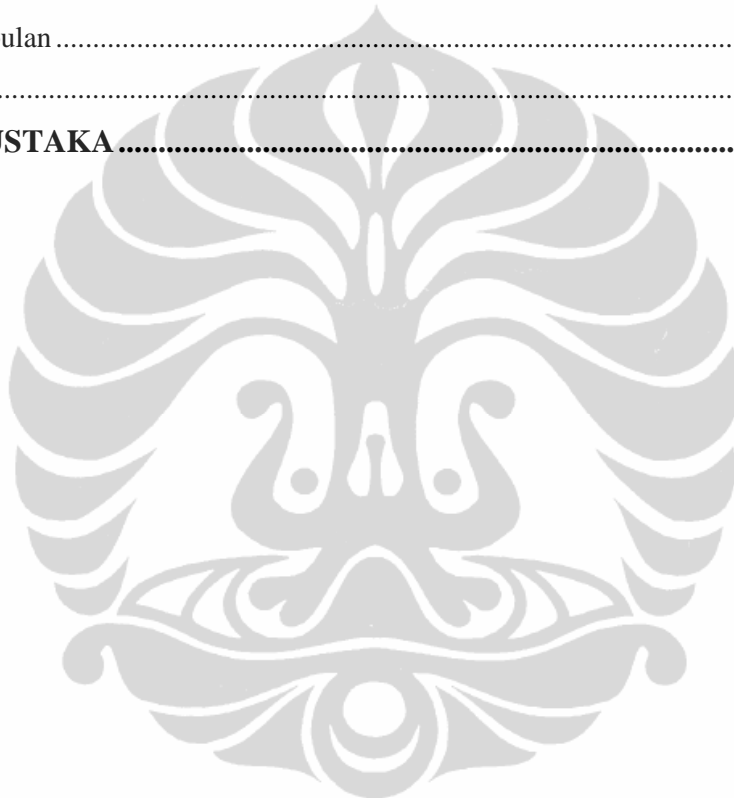


## DAFTAR ISI

|  |              |
|--|--------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>   | <b>ii</b>    |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>   | <b>iii</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>   | <b>iv</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>   | <b>v</b>     |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS<br/>AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b> | <b>vi</b>    |
| <b>ABSTRAK .....</b>   | <b>vii</b>   |
| <b>ABSTRACT.....</b>   | <b>viii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>   | <b>ix</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>  | <b>xii</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>  | <b>xiii</b>  |
| <b>1. PENDAHULUAN.....</b>   | <b>.....</b> |
| <b>1Error! Bookmark not defined.</b>   |              |
| 1.1. Latar Belakang .....  | 1            |
| 1.2. Rumusan Masalah .....   | 2            |
| 1.3. Tujuan Penelitian.....  | 2            |
| 1.4. Batasan Masalah .....   | 2            |
| 1.5. Sistematika Penulisan .....   | 3            |
| <b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>   | <b>4</b>     |
| 2.1. Struktur dan Karakteristik Minyak Goreng.....   | 4            |
| 2.2. Senyawa Pengotor Minyak Jelantah .....  | 6            |
| 2.2.1. Asam Lemak Bebas .....  | 6            |
| 2.2.2. Peroksida .....   | 6            |
| 2.2.3. Malonaldehid (MDA) .....  | 7            |
| 2.2.4. Kadar Air.....  | 9            |
| 2.3. Oksidasi dan Ketengikan .....   | 9            |
| 2.3.1. Reaksi Oksidasi .....   | 9            |
| 2.2.3. Pencegahan Ketengikan .....   | 10           |
| 2.4. Minyak Jelantah di Indonesia .....  | 11           |
| 2.5. Teknologi Pemurnian Minyak Jelantah .....   | 12           |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.6. Teknologi Plasma .....  | 14        |
| 2.7. Teknologi Ozon .....  | 18        |
| 2.7.1. Ozon Secara Umum .....  | 18        |
| 2.7.2. Pembentukan Ozon .....  | 19        |
| 2.8. Bilangan Asam dan Bilangan Peroksida .....  | 19        |
| 2.8.1. Penentuan Bilangan Asam .....   | 19        |
| 2.8.2. Penentuan Bilangan Peroksida .....  | 19        |
| <b>3. METODE PENELITIAN .....</b>  | <b>21</b> |
| 3.1. Diagram Alir Penelitian .....   | 21        |
| 3.2. Rancangan Penelitian .....  | 22        |
| 3.2.1. Penyusunan Secara Lengkap Reaktor Hibrida Ozon Plasma (RHOP)<br>.....               | 21        |
| 3.2.2. Sumber Tegangan.....  | 24        |
| 3.3. Prosedur Penelitian.....  | 26        |
| 3.3.1. Variabel Penelitian.....  | 26        |
| 3.3.2. Pembuatan Alat .....  | 26        |
| 3.3.3. Prosedur Pemaparan Minyak Jelantah Oleh Plasma .....                                | 28        |
| 3.3.4. Prosedur Pengambilan Sampel.....  | 28        |
| 3.3.5. Prosedur Analisis.....  | 29        |
| 3.3.6. Prosedur Perhitungan.....   | 30        |
| <b>4. PEMBAHASAN .....</b>   | <b>31</b> |
| 4.1. Pengujian Pola Plasma pada RHOP .....   | 31        |
| 4.1.1 Pengujian Pola Plasma dalam RHOP Tanpa Beban Cairan .....                            | 31        |
| 4.1.2 Pengujian Pola Plasma dengan Beban Cairan (Akuades) yang<br>Disirkulasi.....         | 32        |
| 4.1.3 Pengujian Pola Plasma dengan Beban Cairan (Minyak Jelantah) yang<br>Disirkulasi..... | 32        |
| 4.2. Pengaruh Tegangan Plasma terhadap Bilangan Asam pada Minyak<br>Jelantah.....          | 33        |
| 4.3. Pengaruh Waktu Paparan Plasma terhadap Bilangan Asam pada Minyak<br>Jelantah .....    | 35        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.4. Pengaruh Tegangan Plasma terhadap Bilangan Peroksida pada Minyak Jelantah .....     | 35        |
| 4.5. Pengaruh Waktu Paparan Plasma terhadap Bilangan Peroksida pada Minyak Jelantah..... | 38        |
| 4.6. Pengaruh Tegangan Plasma terhadap Indeks Bias pada Minyak Jelantah.                 | 39        |
| 4.7. Pengaruh Waktu Paparan Plasma terhadap Indeks Bias pada Minyak Jelantah .....       | 40        |
| <b>5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>   | <b>41</b> |
| 5.1. Kesimpulan .....  | 41        |
| 5.2. Saran .....   | 41        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>42</b> |



**DAFTAR GAMBAR**

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Proses Hidrolisis Trigliserida .....                                   | 5  |
| Gambar 2. 2 Reaksi Pembentukan Peroksida .....                                     | 7  |
| Gambar 2. 3 Reaksi Pembentukan Kromagen MDA-TBA.....                               | 8  |
| Gambar 2. 4 Reaksi Oksidasi Minyak.....  | 10 |
| Gambar 2. 5 Diagram Proses Pemurnian Minyak.....                                   | 13 |
| Gambar 2. 6 Tipe Plasma yang dihasilkan berdasarkan tegangan dan arus.....         | 15 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....  | 21 |
| Gambar 3. 2 Pompa.....   | 23 |
| Gambar 3. 3 Voltmeter.....   | 23 |
| Gambar 3. 4 Amperemeter.....   | 24 |
| Gambar 3. 5 Flowmeter.....   | 24 |
| Gambar 3. 6 Skema Alat Percobaan .....   | 27 |
| Gambar 4. 1 Pengaruh Tegangan dan Waktu Plasma Terhadap Bilangan Asam .            | 34 |
| Gambar 4.2 Pengaruh Tegangan dan Waktu Plasma Terhadap Bilangan Peroksida<br>..... | 36 |
| Gambar 4. 3 Pengaruh Tegangan Plasma Terhadap Indeks Bias.....                     | 39 |

**DAFTAR TABEL**

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Data Energi Ikatan Kimia .....  | 18 |
| Tabel 4. 1 Hasil Bilangan Asam pada Minyak Jelantah yang dipapar Plasma .....      | 33 |
| Tabel 4. 2 Standar SNI minyak Goreng .....   | 35 |
| Tabel 4. 3 Hasil Bilangan Peroksida pada Minyak Jelantah yang dipapar Plasma ..... | 36 |
| Tabel 4. 4 Hasil Indeks Bias pada Minyak Jelantah yang dipapar Plasma .....        | 39 |



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Kenaikan harga minyak goreng curah terus terjadi sejak Agustus 2010. Harga minyak goreng pada bulan Agustus adalah Rp 9.829,00 per kg, naik dari bulan Juli yang hanya Rp 9.365,00 per kg (Kemendag, 2010). Hal ini menyebabkan masyarakat yang tidak mampu membeli minyak goreng kelapa sawit baru beralih membeli minyak jelantah yang banyak dihasilkan dari restoran siap saji. Restoran siap saji yang cukup terkenal di Indonesia adalah KFC (Kentucky Fried Chicken) yang mana dapat menghasilkan minyak goreng bekas sebanyak 33.750 liter per hari (Rosita dan Widasari, 2008). Apabila hal ini terus dilakukan tentunya akan banyak korban yang jatuh sakit, penyakit yang ditimbulkan oleh minyak jelantah bisa berupadiarhea, pengendapan lemak dalam pembuluh darah, kanker dan menurunkan nilai cerna lemak (Ketaren, 2008).

Melihat hal di atas diperlukan suatu teknologi yang berguna untuk pemurnian minyak goreng bekas sehingga bisa dapat digunakan kembali. Banyak sekali penelitian berkembang untuk pemurnian minyak goreng bekas. Pemurnian minyak jelantah yang sudah dilakukan antara lain: menggunakan arang aktif dari ampas tebu sebagai adsorben pada pemurnian minyak goreng bekas (Wijayanti, 2009), biji kelor (Taufik, 2007), biji kelor yang diolah menjadi karbon aktif (Muallifah, 2009), filtrasi membran berukuran pori 0.05  $\mu\text{m}$  (Andreas, 2004), bentonit dan arang aktif (Sumarni dkk, 2004; Darmawan, 2006) serta zeolit alam (Widayat, 2006). Namun dari hasil tersebut belum ada yang menunjukkan keberhasilan yang maksimal.

Oleh karena itu akan dilakukan investigasi perubahan karakteristik dari minyak jelantah dengan paparan plasma lucutan korona. Plasma ini dapat memecah rantai kimia dan dekomposisi limbah berbahaya serta menguraikan logam (Eliezer and Eliezer, 2001). Selain itu, menurut Sugiarto (2006) plasma juga mempunyai beberapa kelebihan, di antaranya proses penguraian senyawa organik berlangsung sangat cepat (Oktiawan, 2009).

Berdasarkan uraian di atas diharapkan plasma dari medan bertegangan tinggi memperbaiki karakteristik minyak jelantah sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dikombinasikan dengan teknologi pemurnian yang ada agar pemurnian minyak jelantah dapat dilakukan secara maksimal. Analisis hasil percobaan meliputi 3 parameter terpenting yaitu Bilangan Peroksida, Bilangan Asam dan Indeks Bias.

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh penggunaan tegangan plasma terhadap angka asam, angka peroksida dan indeks bias?
2. Apa perubahan karakteristik minyak jelantah yang paling signifikan?
3. Bagaimana pengaruh waktu paparan plasma terhadap angka asam, angka peroksida dan indeks bias antara sebelum dipapar plasma dan setelah dipapar plasma?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh penggunaan tegangan terhadap karakteristik minyak jelantah
2. Mengetahui perubahan karakteristik minyak jelantah yang paling signifikan
3. Mengetahui pengaruh waktu paparan plasma terhadap karakteristik minyak jelantah.

### **1.4. Batasan Masalah**

1. Minyak jelantah yang digunakan adalah minyak yang berasal dari penjual nasi uduk.
2. Pengujian karakteristik hanya dilakukan analisis berupa indeks bias, angka peroksida dan angka asam.
3. Reaktor plasma menggunakan catu daya untuk plasmatron tegangan tinggi dari sumber listrik PLN.
4. Variasi yang dilakukan adalah variasi tegangan masukan plasmatron untuk pembangkit tegangan tinggi dan waktu paparan plasma
5. Alat yang digunakan untuk menguji karakteristik minyak jelantah adalah suatu prototipe reaktor plasma cairan non-termal yang disebut reaktor

hibrida ozon plasma (RHOP), sebagai hasil rancangan Prof. Dr. Ir. Setijo Bismo, DEA.

6. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Intensifikasi Proses Departemen Teknik Kimia UI, pada suhu dan tekanan atmosfer.

### **1.5. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam makalah ini dilakukan dengan membagi tulisan menjadi empat bab, yaitu:

#### **BAB 1           PENDAHULUAN**

Meliputi latar belakang penelitian, perumusan masalah yang dibahas, tujuan dilakukannya penelitian, serta sistematika penulisan seminar ini.

#### **BAB II           TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tinjauan pustaka yang menjadi dasar penelitian yang meliputi penjelasan mengenai lemak dan minyak secara umum, minyak jelantah, teknologi pemurnian minyak jelantah, penjelasan mengenai teknologi plasma.

#### **BAB III          METODE PENELITIAN**

Berisi diagram alir penelitian, peralatan penelitian, bahan penelitian dan prosedur yang dilakukan dalam penelitian.

#### **BAB IV          HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang data hasil percobaan, pengolahan, serta pembahasan dari percobaan

#### **BAB V          KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran terhadap penelitian yang telah dilaksanakan secara menyeluruh.

### **DAFTAR PUSTAKA**



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

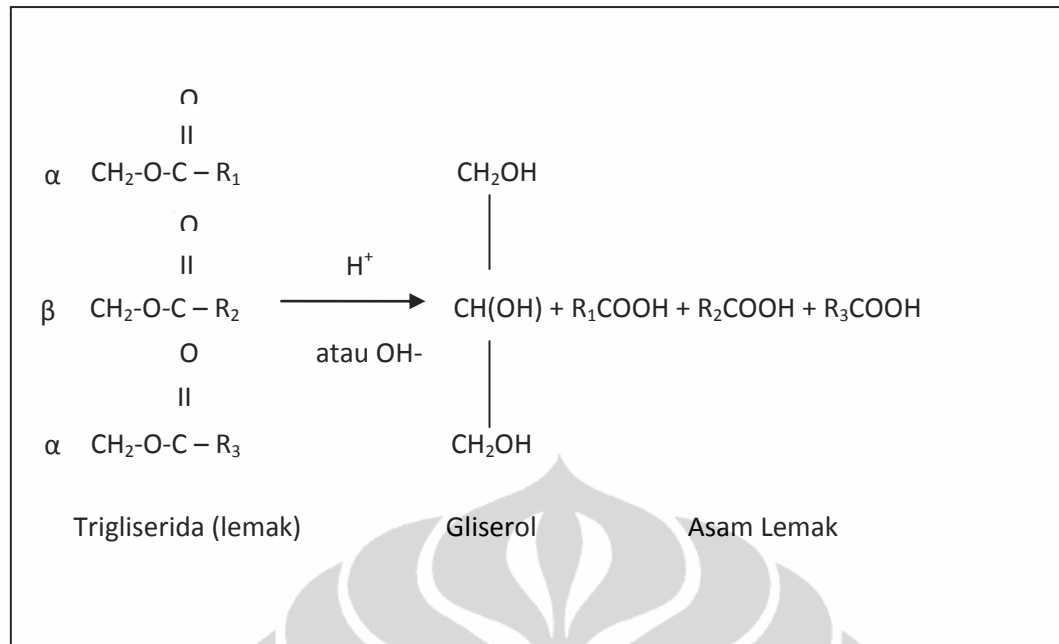
Sesuai dengan uraian yang disampaikan pada Bab I sebelumnya, bahwa inti penelitian ini adalah investigasi tentang pengaruh tegangan plasma terhadap karakteristik minyak (jelantah) dan waktu paparan plasma untuk perbaikan karakteristiknya. Untuk melakukan penelitian tersebut diperlukan beberapa pendukung literatur atau pustaka yang berkaitan dengan material minyak goreng yang umum digunakan di Indonesia, terutama: tentang struktur dan karakteristik minyak goreng, karakteristik minyak goreng bekas (jelantah), serta teknologi proses pemurnian yang terkait.

Sedangkan yang berhubungan dengan teknologi plasma dan atau ozon yang digunakan dalam penelitian ini, secara garis besar meliputi: plasma secara umum, teknologi plasma yang sudah berkembang teknologi ozon dan lain-lain.

Pada paragraf-paragraf di bawah ini akan disajikan berbagai literatur, sitasi dan pustaka dari penelitian ini, termasuk “*state of the art*” dan perkembangan penelitian yang telah dicapai sampai saat ini.

#### **2.1. Struktur dan Karakteristik Minyak Goreng**

Minyak dan juga lemak termasuk dalam golongan trigliserida atau triasilgliserol. Perbedaan antara suatu lemak dan suatu minyak bersifat sembarang: pada temperature kamar lemak berbentuk padat dan minyak bersifat cair. Sebagian gliserida pada hewan adalah berupa lemak, sedangkan gliserida dalam tumbuhan cenderung berupa minyak; karena itu biasa terdengar ungkapan *lemak hewani* dan *minyak nabati* (Fessenden dan Fessenden, 1986).



**Gambar 2.1** Proses Hidrolisis Triglisierida (Ketaren, 2008)

Asam karboksilat yang diperoleh dari hidrolisis suatu lemak dan minyak, yang disebut asam lemak, umumnya mempunyai rantai hidrokarbon panjang dan tak bercabang, hal ini bisa dilihat pada Gambar 2.1. Lemak dan minyak seringkali diberi nama sebagai derivat asam-asam lemak ini. Misalnya, tristearat dari gliserol diberi nama tristearin, dan tripalmitat dari gliserol, disebut tripalmitin. Minyak dan lemak dapat juga diberi nama dengan cara yang biasa dipakai untuk penamaan suatu ester: sebagai contoh, gliseril tristearat dan gliseril tripalmitat.

Asam-asam lemak dapat juga diperoleh dari lilin (*waxes*), misalnya lililebah. Dalam hal-hal ini, asam lemak diesterkan dengan suatu alkohol sederhana berantai panjang. Kebanyakan lemak dan minyak yang terdapat dalam alam merupakan triglisierida *campuran*-artinya, ketiga bagian asam lemak dan triglisierida itu tidaklah sama (*ibid*, 1986).

Di dalam suatu lemak juga terdapat pigmen yang menyebabkan lemak berwarna. Warna lemak tergantung dari macam pigmennya. Adanya karotenoid menyebabkan warna kuning kemerahan. Karotenoid sangat larut dalam minyak dan merupakan hidrokarbon dengan banyak ikatan tidak jenuh. Bila minyak dihidrogenasi maka akan terjadi hidrogenasi karotenoid dan warna merah akan berkurang. Selain itu, perlakuan pemanasan juga akan mengurangi warna pigmen, karena karotenoid tidak stabil pada suhu tinggi. Pigmen ini mudah teroksidasi sehingga minyak akan mudah tengik. Cara menghilangkan pigmen biasanya dilakukan dengan adsorben seperti arang aktif dan bleaching *earth*. Pada minyak kelapa sawit, kandungan karotenoid jarang dihilangkan sebelumnya karena merupakan provitamin A (Winarno, 1997).

Tokoferol yang merupakan sumber vitamin E sangat aktif terhadap oksidasi, sehingga dapat digunakan sebagai antioksidan. Tokoferol yang teroksidasi akan menimbulkan warna coklat pada minyak (*ibid*, 1997).

## **2.2 Senyawa Pengotor Minyak Jelantah**

Minyak jelantah merupakan minyak yang sudah sering dipakai berulang kali dan warnanya tidak jernih lagi yaitu hitam atau coklat. Dalam minyak yang sudah sering dipakai berulang kali ini, ada senyawa-senyawa yang menyebabkan rusaknya minyak yaitu asam lemak bebas, peroksida, manolaldehid dan kadar air.

### **2.2.1 Asam Lemak Bebas**

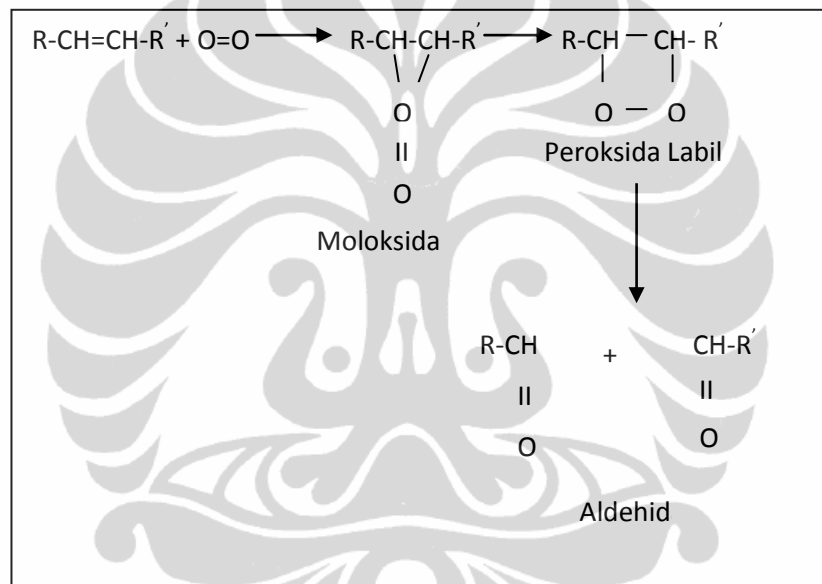
Asam lemak bebas dihasilkan dari proses hidrolisis yang disebabkan oleh adanya air dalam lemak atau minyak karena kegiatan enzim (Buckle, 1987). Asam lemak bebas ini dapat mempengaruhi cita rasa dan bau terhadap minyak (Ketaren, 2008).

### **2.2.2 Peroksida**

Peroksida merupakan produk awal dari reaksi oksidasi yang bersifat labil. Reaksi ini dapat berlangsung bila terjadi kontak antara oksigen dan minyak. Terjadinya reaksi oksidasi dapat menyebabkan bau tengik pada minyak (Ketaren, 2008). Peroksida dihasilkan bersifat tidak stabil dan mudah mengalami proses dekomposisi oleh proses isomerisasi dan polimerisasi, dan akhirnya menghasilkan

persenyawaan dengan berat molekul yang lebih rendah (Ketaren, 2008). Hal ini bisa dilihat pada Gambar 2.2.

Peroksida ini dapat membentuk persenyawaan lipoperoksida secara nonenzimatis dalam otot usus dan mitokondria. Lipoperoksida dalam aliran darah mengakibatkan denaturasi lipoprotein yang mempunyai kerapatan rendah. Lipoprotein dalam keadaan normal mempunyai fungsi aktif sebagai alat transportasi trigliserida, dan jika lipoprotein mengalami denaturasi, akan mengakibatkan dekomposisi lemak dalam pembuluh darah (aorta) sehingga menimbulkan gejala *artherosclerosis* (Ibid, 2008).



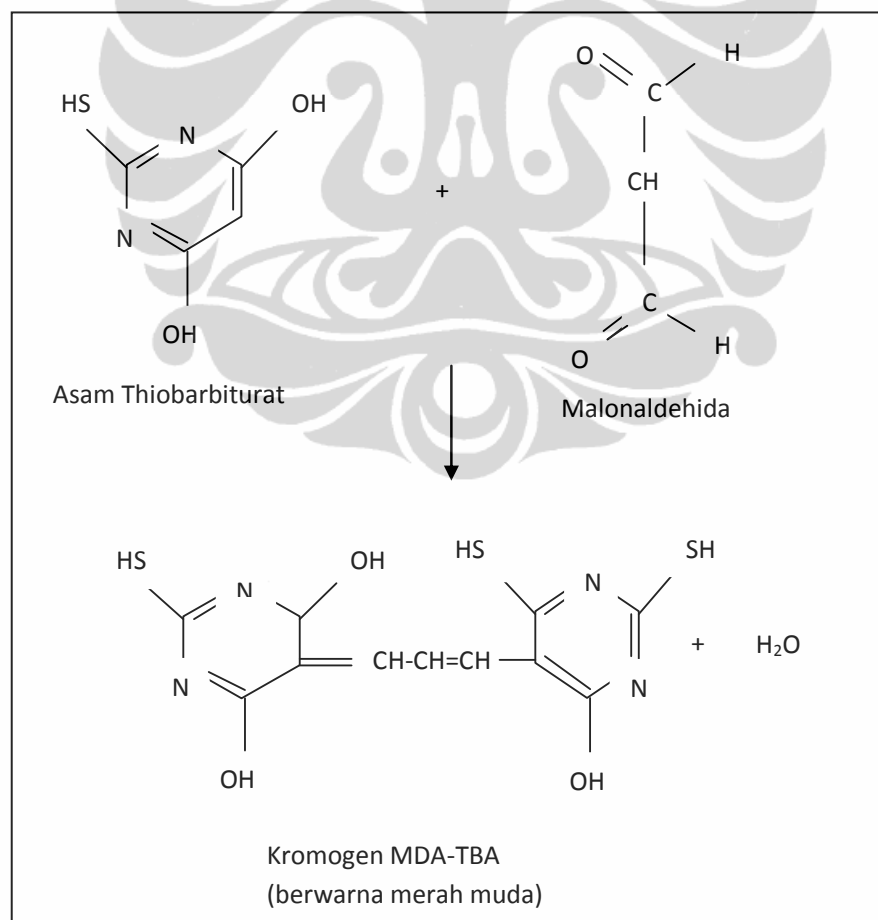
**Gambar 2.2** Reaksi pembentukan peroksida (Ketaren, 2008)

### 2.2.3 Manoaldehid (MDA)

Manoaldehid (MDA) merupakan suatu senyawa yang sangat reaktif yang bersifat stabil pada suhu ruang tetapi tidak pada kondisi asam. Senyawa manoaldehid ini dapat menyebabkan mutagenik. Persenyawaan MDA secara teoritis dapat dihasilkan oleh pembentukan diperoksida pada gugus pentadiena yang disusul dengan pemutusan rantaimolekul atau dengan cara oksidasi lebih lanjut dari 2-enol yang dihasilkan daripenguraian monohidroperoksida (Ibid, 2008).

Penentuan MDA pada minyak jelantah bisa ditentukan dengan mengukur angka asam thiobarbiturat (TBA). Bilangan TBA merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan ketengikan thiobarbiturat dengan manolaldehid (Pomeranz and Clifton, 1994). Reaksi pembentukan kromogen MDA dan TBA bisa dilihat pada gambar 3.

Minyak yang tengik banyak mengandung aldehid dan kebanyakan sebagai manolaldehid. Manolaldehid dapat ditentukan dengan jalan didestilasi, setelah itu manolaldehid direaksikan dengan asam thiobarbiturat (TBA) sehingga terbentuk kompleks berwarna merah. Intensitas warna merah yang dihasilkan sebanding dengan jumlah manolaldehid. Semakin tinggi dari nilai TBA menyebabkan minyak semakin tengik (Sudarmadji dkk, 2003). Gambar 2.3 menunjukkan proses Malonaldehid dengan Asam Thiobarbiturat (TBA).



**Gambar 2.3** Reaksi pembentukan kromogen MDA-TBA (Dewi, 2001)

#### 2.2.4 Kadar Air

Kadar air pada minyak merupakan salah satu parameter penentu pada tingkat keurnian minyak dan berhubungan dengan kekuatan daya simpannya, sifat goreng bau dan rasa (Sudarmadji dkk, 2003).

Kadar air sangat menentukan kualitas dari minyak. Kadar air berperandalam proses oksidasi maupun hidrolisis minyak yang akhirnya dapat menyebabkan ketengikan, semakin tinggi kadar air, maka ketengikan minyak semakin cepat. Selama proses penggorengan, air dalam bahan pangan akan keluar dan diisi oleh minyak goreng, sehingga dapat menaikkan kadar air minyak yang digunakan, selain itu, tingginya kadar air dari bahan pangan yang digoreng juga mempengaruhi kadar air minyak yang digunakan (Muallifah, 2009).

### 2.3 Oksidasi dan Ketengikan

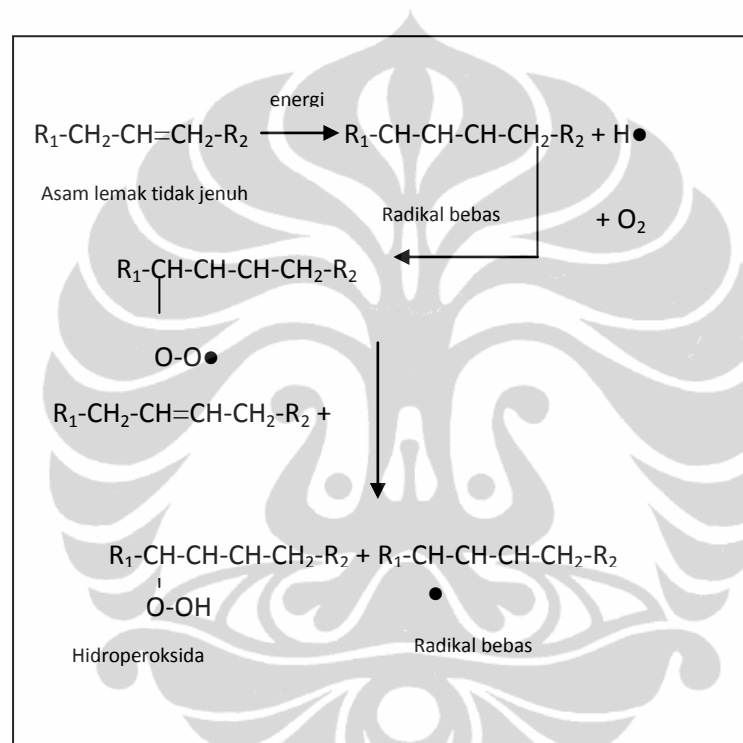
Minyak goreng murni dapat berubah menjadi minyak jelantah disebabkan karena proses oksidasi. Proses ini menyebabkan minyak goreng murni dapat mengalami ketengikan. Berikut penjelasan tentang proses oksidasi dan ketengikan yang terdapat dalam minyak goreng.

#### 2.3.1 Reaksi Oksidasi (Winarno, 1997)

Kerusakan lemak yang utama adalah timbulnya bau dan rasa tengik yang disebut proses ketengikan. Hal ini disebabkan oleh otoolsidasi radikal asam lemak tidak jenuh dalam lemak. Otoolsidasi dimulai dengan pembentukan radikal-radikal bebas yang disebabkan oleh faktor-faktor yang dapat mempercepat reaksi seperti cahaya, panas peroksida lemak atau hidroperoksida, logam-logam berat seperti Cu, Fe, Co dan Mn, logam porfirin seperti hematin, haemoglobin, mioglobin, klorofil, dan enzim-enzim lipoksidase.

Molekul-molekul lemak yang mengandung radikal asam lemak tidak jenuh mengalami oksidasi dan menjadi tengik. Bau tengik yang tidak sedap tersebut disebabkan oleh pembentukan senyawa-senyawa hasil pemecahan hidroperoksida. Menurut teori yang sampai kini masih dianut orang, sebuah atom hidrogen yang terikat pada suatu atom karbon yang letaknya di sebelah atom karbon lain yang mempunyai ikatan rangkap dapat disingkirkan oleh suatu kuantum energy sehingga membentuk radikal bebas.

Kemudian radikal ini dengan  $O_2$  membentuk peroksida aktif yang dapat membentuk hidroperoksida yang bersifat sangat tidak stabil dan mudah pecah menjadi senyawa dengan rantai karbon yang lebih pendek oleh radiasi energi tinggi, energi panas, katalis logam, atau enzim. Senyawa-senyawa dengan rantai C lebih pendek ini adalah asam-asam lemak, aldehida-aldehida dan keton yang bersifat volatil dan menimbulkan bau tengik pada lemak. Gambar 2.4 menunjukkan bagaimana terbentuknya hidroperoksida.



**Gambar 2.4** Reaksi oksidasi minyak (Hariskal, 2010)

### 2.3.2 Pencegahan Ketengikan (Winarno, 1997)

Tengik adalah kerusakan yang terjadi pada minyak, proses ketengikan sangat dipengaruhi oleh adanya prooksidan dan antioksidan. Prooksidan akan mempercepat terjadinya oksidasi, sedangkan antioksidan akan menghambatnya. Penyimpanan lemak yang baik adalah dalam tempat tertutup yang gelap dan dingin. Wadah lebih baik terbuat dari aluminium atau stainless steel; lemak harus dihindarkan dari logam besi atau tembaga. Bila minyak telah diolah menjadi bahan makanan, pola ketengikannya akan berbeda. Kandungan gula yang tinggi

mengurangi kecepatan timbulnya ketengikan, misalnya biskuit yang manis akan lebih tahan daripada yang tidak bergula.

Adanya antioksidan dalam lemak akan mengurangi kecepatan proses oksidasi. Antioksidan terdapat secara alamiah dalam lemak nabati dan kadang-kadang sengaja ditambahkan. Ada dua macam antioksidan yaitu antioksidan primer dan antioksidan sekunder.

#### a. Antioksidan Primer

Antioksidan primer adalah suatu zat yang dapat menghentikan reaksi berantai pembentukan radikal yang melepaskan hidrogen. Zat-zat yang termasuk golongan ini dapat berasal dari alam dan dapat pula buatan. Antioksidan alam antara lain tokoferol, lesitin, fosfatida, sesamol, gosipol dan asam askorbat. Antioksidan alam yang paling banyak ditemukan dalam minyak nabati adalah tokoferol. Sedangkan antioksidan sintetik yang banyak digunakan adalah senyawa-senyawa fenol yang biasanya agak beracun.

#### b. Antioksidan Sekunder

Antioksidan sekunder adalah suatu zat yang dapat mencegah kerja prooksidan sehingga dapat digolongkan sebagai sinergik. Beberapa asam organik tertentu, biasanya asam di- atau trikarboksilat, dapat mengikat logam-logam (sequestran). Misalnya satu molekul asam sitrat akan mengikat prooksidan Fe seperti sering dilakukan pada minyak kacang kedelai. EDTA (Etilendiamin Tetraasetat) adalah sequestran logam yang sering digunakan dalam minyak salad.

### **2.4 Minyak Jelantah di Indonesia**

Kenaikan harga minyak goreng curah terus terjadi sejak Agustus 2010, harga minyak goreng Rp 9.829,00 per kg, naik dari Juli 2010 yang hanya memiliki harga Rp 9.365,00 per kg. Kenaikan ini terus berlanjut di bulan-bulan selanjutnya termasuk menjelang akhir tahun ini. Pada minggu pertama bulan Desember, harga minyak goreng naik lagi menjadi Rp 10.753,00 per kg dari Rp 10.507,00 per kg di bulan November. Memasuki minggu ke-II pada bulan Desember 2010, harga ini menjadi Rp 10.821,00 per kg (Kemendag, 2010). Harga minyak goreng curah



dalam negeri memang sangat sensitif terhadap harga CPO di luar. Karena jika harga CPO naik, produsen lokal akan lebih memilih mengekspornya ke luar negeri ketimbang memasok kebutuhan dalam negeri. Inilah yang kemudian membuat permintaan dan pasokan minyak goreng curah dalam negeri menjadi timpang (Jimmy, 2010).

Kenaikan harga minyak goreng curah yang terjadi ini menyebabkan banyak warga terutama masyarakat miskin beralih ke minyak goreng jelantah. Banyak masyarakat miskin membeli minyak goreng ini kepada restoran siap saji seperti KFC, AW, Hoka-Hoka Bento, Mc-Donald dan restoran siap saji lainnya.

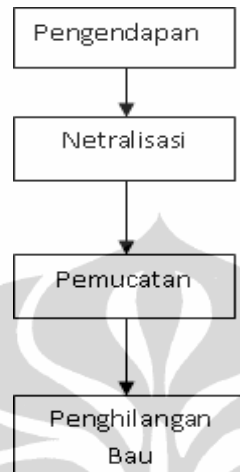
Salah satu contoh restoran siap saji seperti KFC dapat menghasilkan menghasilkan minyak goreng bekas sebanyak 33.750 liter per hari (Rosita dan Widasari, 2008).

## **2.5 Teknologi Pemurnian Minyak Jelantah**

Untuk memperoleh minyak yang bermutu baik, minyak dan lemak kasar harus dimurnikan dari bahan-bahan atau kotoran yang terdapat di dalamnya. Cara-cara pemurnian dilakukan dalam beberapa tahap (Winarno, 1997) :

- a. Pengendapan (settling) dan pemisahan gumi (degumming), bertujuan menghilangkan partikel-partikel halus yang tersuspensi atau berbentuk kolodial. Pemisahan ini dilakukan pemanasan uap dan adsorben, kadang-kadang dilakukan sentrifusa.
- b. Netralisasi dengan alkali, bertujuan untuk memisahkan senyawa-senyawa terlarut seperti fosfatida, asam lemak bebas dan hidrokarbon. Lemak dengan kandungan asam lemak bebas yang tinggi dipisahkan dengan menggunakan uap panas dalam keadaan vakum, kemudian ditambahkan alkali. Sedangkan lemak dengan asam lemak bebas rendah cukup ditambahkan NaOH atau garam  $\text{NaCO}_3$ , sehingga asam lemak ikut fase air dan terpisah dari lemaknya.
- c. Pemucatan bertujuan menghilangkan zat-zat warna dalam minyak dengan penambahan adsorbing agent seperti arang aktif, tanah liat, atau dengan reaksi-reaksi kimia. Setelah penyerapan warna lemak disaring dalam keadaan vakum.
- d. Penghilangan bau (deodorisasi) lemak, dilakukan dalam botol vakum, kemudian dipanaskan dengan mengalirkan uap panas yang akan membawa

senyawa volatile. Selesai proses deodorisasi, lemak harus segera didinginkan untuk mencegah kontak dengan  $O_2$ . Gambar 2.5 menunjukkan diagram proses pemurnian minyak.



**Gambar 2.5** Diagram proses pemurnian minyak

Fakta keberadaan minyak bekas yang sangat besar seperti yang telah diuraikan subbab sebelumnya maka sudah saatnya diperlukan suatu teknologi yang berguna untuk pemurnian minyak goreng bekas tersebut sehingga bisa dapat digunakan kembali salah satu tahapnya dapat dilakukan dengan cara diatas. Sejak tahun 1990 sudah banyak sekali teknologi yang digunakan untuk meningkatkan kualitas minyak jelantah ini agar dapat digunakan kembali.

Pada tahun 2008 penelitian untuk meningkatkan kualitas minyak goreng memakai karbon aktif dilakukan. Hasilnya adalah bilangan asam minimum sebesar 1,24, bilangan peroksida minimum sebesar 16,05, absorbansi sebesar 0.715 dan kadar air 0,4 %. Hasil ini didapatkan dengan menggunakan 20 gr karbon aktif per kg minyak goreng bekas dengan temperatur  $95^{\circ}C$  (Rosita dan Widasari, 2008). Pada tahun 2009 hal yang sama dilakukan yaitu menggunakan arang aktif dari ampas tebu sebagai adsorben pada pemurnian minyak goreng bekas dengan hasil pemurnian menunjukkan bahwa arang aktif yang digunakan dapat menurunkan kadar asam lemak bebas dan kadar air dalam minyak goreng bekas. Kadar air yang dihasilkan berkisar 1,5 - 5,3 % , kadar asam lemak bebas sekitar

1,3 pada adsorpsi menggunakan arang aktif b1c2 dan sekitar 0,8 pada adsorpsi menggunakan arang aktif a2b2c2 (Wijayanti, 2009).

Pemurnian memakai bentonit dan arang aktif yang dilakukan Sumarni dkk (2004) menunjukkan hasil bahwa bilangan asam bilangan peroksida juga mengalami penurunan namun minyak yang dihasilkan kurang memenuhi SNI. Kadar air yang diperbolehkan SNI (2002) di dalam minyak goreng adalah tidak boleh lebih dari 0,3 % dan bilangan asam tidak boleh lebih dari 2. Penelitian yang dilakukan oleh Taufik (2007) dengan menggunakan biji kelor menunjukkan hasil kadar asam lemak bebas (FFA) menurun sebesar 74,6 %, angka peroksida sebesar 84 %. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Muallifah (2009) dan menunjukkan hasil penurunan angka TBA sebesar 45,7 %, angka peroksida 46 % dan kadar air 94 %. Selain itu ada juga pemurnian minyak jelantah memakai filtrasi membrane berukuran pori 0,05  $\mu\text{m}$ , namun pemurnian minyak jelantah menggunakan metode membran mempunyai kelemahan yaitu umur membrane tidak terlalu lama (Andreas, 2004).

Berdasarkan uraian tersebut akan dilakukan penghilangan beberapa senyawa pengotor minyak jelantah. Dengan ini, untuk selanjutnya proses purifikasi minyak jelantah memakai teknologi pemurnian yang ada dapat lebih maksimal.

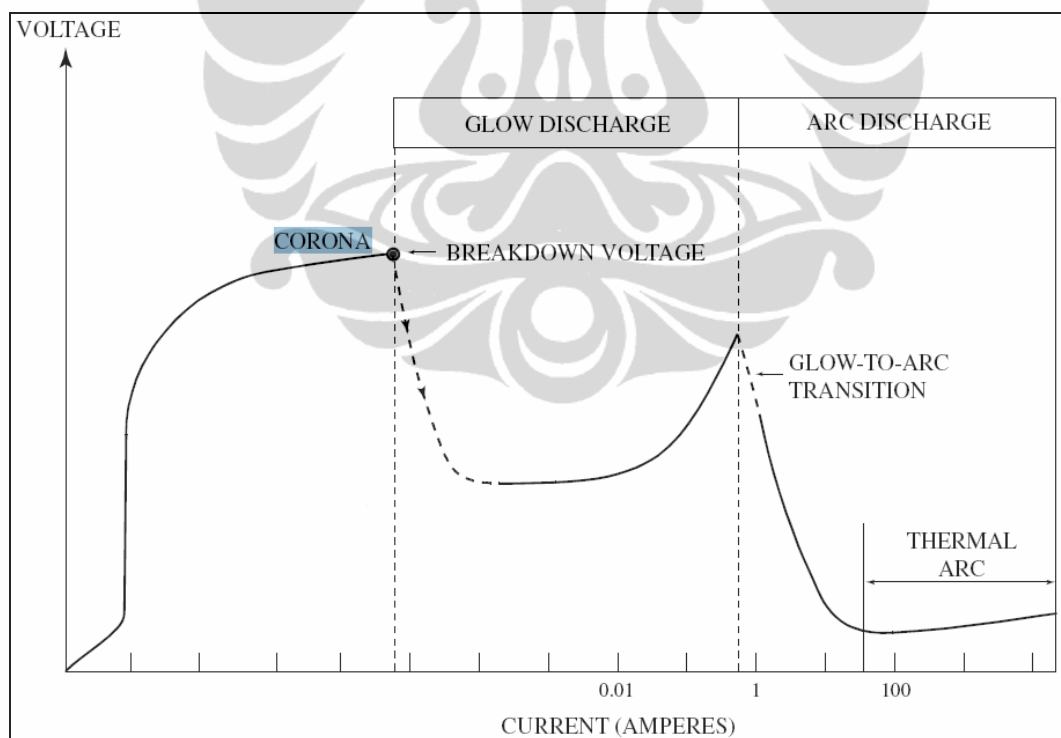
## 2.6 Teknologi Plasma

Plasma disebut keadaan keempat dari suatu materi, dimana padat, cair, dan gas adalah ketiga keadaan lainnya dari suatu zat. (Yamamoto dkk, 2004). Pada tahun 1928, Langmuir dan Tonks mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik (Tarenbaum, 1967). Plasma terjadi ketika terbentuk percampuran kuasinetral dari elektron, radikal, ion positif dan ion negative (Tseng, 1999). 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 (Chen and Davidson, 2002).

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 busur (*arc*) (Raizer, 1997). Lucutan yang terjadi sebelum lucutan busur adalah lucutan yang salah satu cara pembangkitannya menggunakan pasangan elektroda tak simetris yang akan membangkitkan lucutan di dalam daerah dengan medan listrik tinggi di sekitar elektroda dengan bentuk geometri sangat lengkung. Kondisi lucutan sebelum terjadinya lucutan busur dinamakan korona. Kondisi ini terjadi pada saat tegangan yang diberikan pada elektroda berada dalam ambang batas, sementara pada lucutan busur pada tegangan nol (Veldhuizen, 2002). Tipe lucutan plasma tersebut bisa dilihat pada gambar 4 dan bentuk lucutan korona dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Lucutan korona terdapat dalam dua bentuk yaitu lucutan korona positif dan lucutan korona negatif, dimana lucutan korona positif akan dibangkitkan pada terminal positif sumber tegangan dan lucutan korona negatif akan dibangkitkan pada terminal negatif sumber tegangan (Ibid, 2002).



**Gambar 2.6** Tipe plasma yang dihasilkan berdasarkan tegangan dan arus (Eliezer and Eliezer, 2001)

Plasma lucutan korona ini dapat dihasilkan melalui plasma non termal. Plasma jenis nontermal ini memiliki sifat densitas energi yang rendah. Elektron dengan energi yang cukup bertumbukan dengan gas latar (*background*) menghasilkan disosiasi, eksitasi dan ionisasi tingkat rendah tanpa peningkatan entalpi gas yang cukup besar. Hasilnya, suhu elektron melampaui suhu partikel-partikel berat hingga beberapa derajat perpangkatan dan karenanya memungkinkan untuk mempertahankan suhu keluaran (*discharge*) pada suhu yang jauh lebih rendah, bahkan pada suhu ruang. Plasma jenis ini menghasilkan spesi-spesi aktif yang lebih beragam, dan lebih besar energinya dibandingkan dengan spesi yang biasa dihasilkan pada reactor kimia. Keberadaan spesi-spesi aktif ini memungkinkan dilakukannya reaksi proses pada permukaan material yang tidak dapat dilakukan dengan cara lain (Roth, 2001).

Selain itu juga plasma lucutan korona dapat dihasilkan melalui arus listrik searah (DC) maupun bolak-balik (AC) yang memiliki perbedaan pada medan listrik yang dihasilkan. Plasma lucutan korona ini juga terdapat 2 bentuk yaitu lucutan korona positif maupun lucutan korona negatif (Yamamoto dkk, 2004).

Penerapan di industri dari plasma ini sangat banyak sekali digunakan, salah satu diantaranya adalah untuk membersihkan dari beberapa limbah dengan kategori sebagai berikut: limbah cairan organik terkonsentrasi yang berbahaya, limbah padatan organik berbahaya, limbah dari proses fabrikasi radioaktif level rendah dan bahan kimia berbahaya yang terdapat pada gas (Eliezer and Eliezer, 2001). Menurut Sugiarto (2006) teknologi plasma mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya proses penguraian senyawa organik berlangsung sangat cepat (Oktiawan, 2009). Plasma ini dapat memecah rantai kimia dan dekomposisi limbah berbahaya. Ini dilakukan dengan cara memapar limbah tersebut dengan plasma (Eliezer and Eliezer, 2001).

Menurut Sugiarto (2001) semakin besar tegangan yang dihasilkan semakin energi yang dihasilkan, energi ini yang mengakibatkan terjadinya proses fisika dan proses kimia dalam menguraikan senyawa organik. Proses fisika itu disebabkan oleh adanya *electron beam* dan *shockwaves*. Sedangkan proses kimia terjadi karena terbentuknya spesies aktif  $\text{OH}^\bullet$ ,  $\text{O}_3$  dan sinar UV (Oktiawan, 2009).

Sudah banyak penelitian yang berkembang untuk menghilangkan senyawa organik yang berbahaya memakai teknologi plasma diantaranya: penghancuran dari pentachlorophenol menggunakan *glow discharge plasma* (Sharma dkk, 2000), *bleaching* (pemucatan) dan degradasi dari limbah tekstil dengan plasma non thermal plasma yang dibangkitkan pada tekanan atmosfer (Abdelmalek dkk, 2006), penghilangan limbah organik pada larutan cair dengan *glidarc discharge* (Burlica, 2004) dan masih banyak lainnya.

Pada penelitian kali ini plasma akan menghilangkan senyawa malonaldehid dan kadar air dengan mengubahnya menjadi asam-asam lemak bebas. Seperti pada penelitian kholidah (2008), hasil yang didapatkan adalah hasil kelimpahan relatif asam-asam lemak penyusun ikan gurame.

Energi tinggi dari elektron yang dihasilkan oleh plasma lucutan korona akan menyebabkan air membentuk senyawa radikal dari H dan OH. Senyawa radikal OH yang dihasilkan dari air ini, kemungkinan akan bergabung dengan senyawa radikal yang terbentuk dari gugus aldehid sehingga membentuk gugus asam karboksilat yang bermuatan. Hal ini bisa disebabkan karena O mempunyai keelektroanitifan lebih besar dari H (Fessenden dan Fessenden, 1986). Selanjutnya gugus asam karboksilat bermuatan ini akan membentuk suatu senyawa asam karboksilat dengan senyawa-senyawa bermuatan lainnya yang dihasilkan dari pemutusan rantai pada asam lemak bebas, bisa dengan R<sup>-</sup> ataupun gugus karboksilat positif. Dan kemungkinan akan terbentuk senyawa asam karboksilat memiliki rantai panjang dan rantai pendek. Dan ada kemungkinan juga akan terbentuk H<sub>2</sub> karena bertemunya dua atom H radikal. Energi dari elektron setara dengan tegangan yang dibangkitkan, seperti contoh energi yang dihasilkan oleh elektron dari 5,5 kV, 8,2 kV dan 10,9 kV pada tegangan sekunder (setara dengan 100 V, 150 V dan 200 V pada tegangan primer) adalah 100 eV, 150 eV dan 200 eV (Gonick, 2001). Energi ini dapat memutus semua ikatan rantai kimia, karena tidak energi ikatan rantai kimia yang melebihi 10 eV. Berikut data dari energi ikatan setiap rantai kimia:

**Tabel 2.1.** Data Energi Ikatan Rantai Kimia (Yamamoto, 2004)

| Ikatan | Energi ikatan (eV) |
|--------|--------------------|
| H–H    | 4,5                |
| I–I    | 1,6                |
| H–I    | 3,1                |
| H–Cl   | 4,5                |
| Cl–Cl  | 2,5                |
| O–O    | 5,1                |
| C–H    | 4,3                |
| C–Cl   | 3,4                |
| C–C    | 3,6                |
| O–H    | 4,8                |
| C–F    | 5                  |
| OH–H   | 4,7                |
| N–O    | 6,1                |
| N–N    | 9,1                |
| O–H    | 0,25               |

## 2.7 Teknologi Ozon

Teknologi Ozon telah berkembang sejak abad 18 dan sudah banyak pengembangan teknologi ini dilakukan banyak orang. Berikut akan dijelaskan tentang Ozon secara umum dan bagaimana cara membentuk suatu ozon.

### 2.7.1 Ozon Secara Umum

Ozon ditemukan pada tahun 1840 oleh Christian Friedrich Schönbein dan kemudian pada tahun 1893 diaplikasikan sebagai disinfektan air minum. Penelitian terhadap ozon terus dilakukan dan pertama kali digunakan secara komersial pada tahun 1907 pada pengolahan air kota di Nice. Nama ozon diambil dari kata *ozein* yang berarti bau dalam bahasa Yunani kuno.

Ozon ( $O_3$ ) adalah molekul yang tersusun dari tiga buah atom oksigen. Molekul oksigen dapat dipecah dengan menggunakan energi tinggi untuk menghasilkan molekul O dan molekul O ini akan berikatan dengan molekul oksigen ( $O_2$ ) lainnya sehingga akan membentuk ozon ( $O_3$ ). Reaksi ini adalah reaksi *reversible* sehingga ozon dapat terdekomposisi kembali menjadi oksigen. Ozon merupakan oksidator yang kuat, hal ini tidak terlepas dari sifat ozon yang

dikenal memiliki sifat radikal sehingga sifat oksidator yang dimiliki ozon ini kemudian dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi antara lain untuk menghilangkan warna, menghilangkan bau, dan menguraikan senyawa organik (Pikatan, 2008). Gas ozon tidak dapat disimpan karena ozon secara spontan terurai kembali menjadi atom oksigen (Kogelschatz, 1988).

### 2.7.2 Pembentukan Ozon

Ozon terbentuk dari penguraian gas oksigen menjadi atom oksigen yang kemudian akan saling bertumbukan dengan molekul oksigen yang ada di sekitarnya. Ozon dapat terbentuk secara alamiah di alam dan dapat dibuat secara komersil dengan menggunakan metode tertentu.

## 2.8 Bilangan Asam dan Bilangan Peroksida

Pada minyak jelantah banyak terdapat pengotor-pengotor yang menyebabkan minyak itu tidak sehat dan rusak, dua diantaranya adalah Bilangan Asam dan Bilangan Peroksida. Berikut penjelasan tentang penentuan Bilangan Asam dan Bilangan Peroksida secara umum pada minyak jelantah.

### 2.8.1 Penentuan Bilangan Asam (Herlina dan Ginting, 2002)

Penentuan Bilangan Asam ini menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang terdapat di dalam suatu minyak. Bilangan Asam ini diukur berdasarkan berapa banyak mililiter NaOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas.

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{BM NaOH}}{\text{W sampel (gram)}} \quad (1.1)$$



### 2.8.2 Penentuan Bilangan Peroksida (Herlina dan Ginting, 2002)

Penentuan Bilangan Peroksida menunjukkan tingkat kerusakan dari lemak suatu minyak. Bilangan Peroksida ini diukur berdasarkan berapa banyak milliliter  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang digunakan.

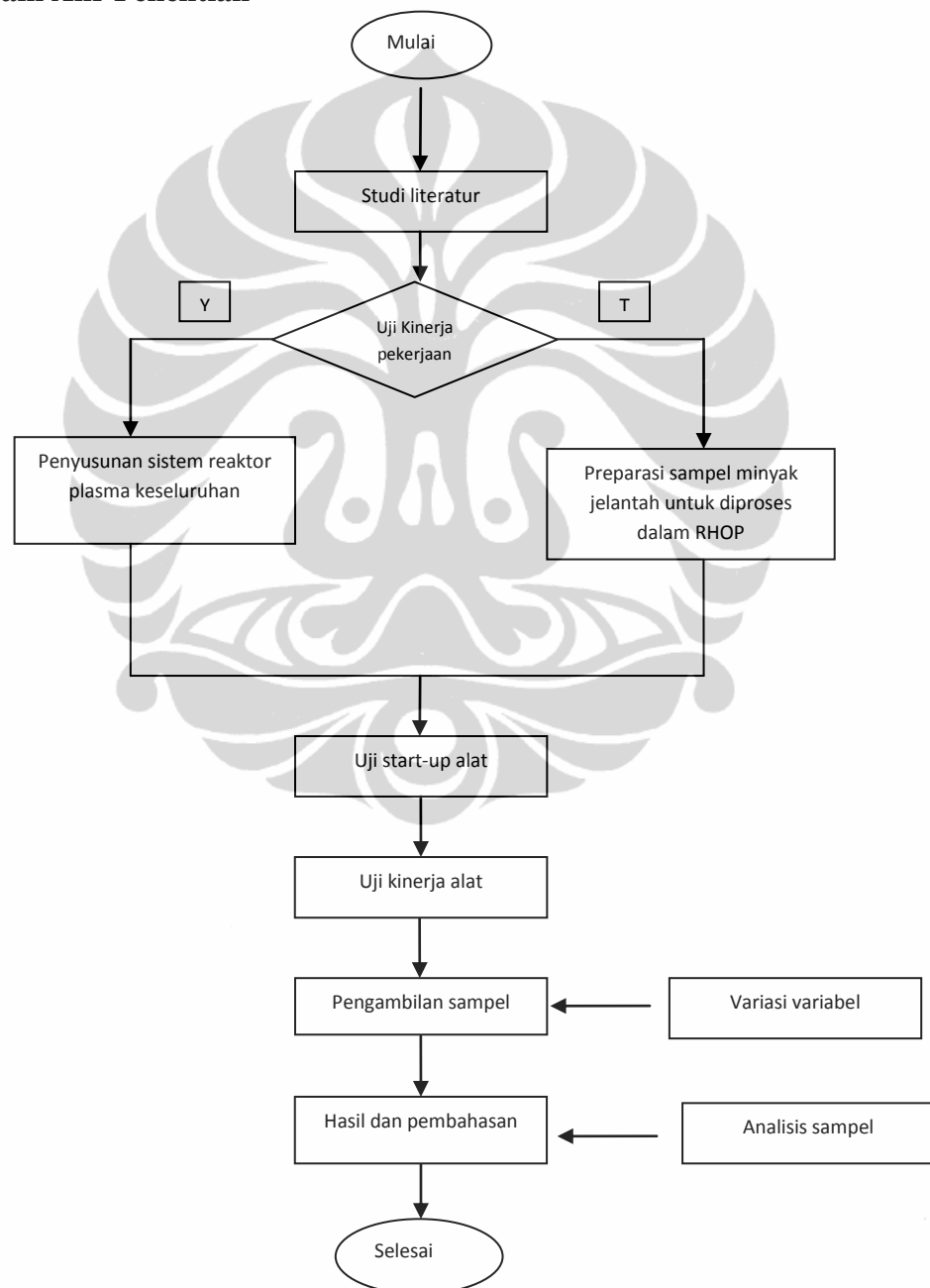
$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 1000}{W \text{ sampel (gram)}} \quad (1.2)$$



### BAB III METODE PENELITIAN

Pembahasan pada bab ini dapat di bagi atas empat bagian utama, yakni: diagram alir penelitian, deskripsi alat penelitian, alat dan bahan penelitian, prosedur penelitian.

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Rancangan Penelitian

Pada rancangan penelitian ini akan dibahas tentang bagaimana penyusunan secara lengkap Reaktor Hibrida Plasma Ozon serta sumber tegangan dan pembangkit tegangan tinggi yang digunakan.

#### 3.2.1 Penyusunan secara lengkap Reaktor Hibrida Plasma Ozon (RHOP)

Reaktor pengolahan ini merupakan tempat untuk mengontakkan ozon dengan limbah yang akan diolah. Reaktor ini berfungsi sekaligus untuk menghasilkan ozon. Bagian-bagian yang terdapat pada reaktor pengolahan ini adalah sebagai berikut:

##### a. Elektroda Tegangan Tinggi

Elektroda yang digunakan berbentuk pipa berbahan Stainless Steel tipe SS-316 dengan diameter 3/8 dimana salah satu ujungnya disumbat dan diberi lubang sebagai keluaran aliran limbah, sedangkan ujung yang lainnya dibiarkan terbuka yang akan dihubungkan dengan source limbah. Spesifikasi elektroda tegangan tinggi adalah sebagai berikut :

- Panjang : 36 cm
- Diameter dalam : 0,7 cm
- Diameter luar : 1 cm

##### b. Kawat Kasa SS-316

Kawat kasa terbuat dari bahan Stainless Steel tipe SS-316 yang dililitkan pada dinding reaktor bagian luar yang berfungsi sebagai elektroda.

##### c. Plasmatron

Plasmatron berfungsi sebagai penaik tegangan (*set-up*) sehingga menghasilkan energi yang cukup atau *corona* agar reaktor dapat menghasilkan plasma.

d. Pompa

Pompa digunakan sebagai pendorong aliran dari tangki penampung limbah menuju ke reaktor. Spesifikasi pompa adalah :

- Merek : Deng Yuan seri DY-2600
- Pressure : 80 – 90 psi
- Volt : 24 - 29 VDC
- Ampere : 0,8 A

Pompa dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pompa

e. Voltmeter

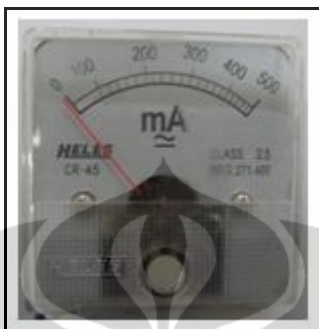
Voltmeter digunakan untuk mengukur besar tegangan yang dialirkan ke dalam reaktor. Voltmeter dipasang dengan sumber tegangan. Voltmeter yang digunakan bermerek Heles. Voltmeter yang digunakan jenis panel bermerek *HELES* dengan rentang 0 – 500 V Voltmeter dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Voltmeter

f. Amperemeter

Amperemeter digunakan untuk mengukur besar arus yang mengalir ke dalam rangkaian. Amperemeter dipasang seri pada rangkaian karena tahanan dalam amperemeter sangat kecil. Amperemeter yang digunakan jenis panel bermerek *HELES* dengan rentang 0 – 500 mA. Amperemeter dapat dilihat pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Amperemeter

g. Flow meter

Flowmeter digunakan untuk mengetahui debit limbah yang mengalir yang ditentukan sesuai dengan variabel. Flowmeter dapat dilihat pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5.** Flowmeter

h. Regulator Tegangan

Regulator tegangan berfungsi sebagai pengatur tegangan keluaran sesuai dengan yang diinginkan agar terladi pelepasan korona. Keluaran korona pada reaktor ditandai dengan bunyi yang mendengung pada reaktor. Regulator yang digunakan bermerek OKI dengan tegangan 2 kVA.

i. Selang

Selang berfungsi sebagai penghubung antara satu alat dengan alat lainnya. Selang yang digunakan berbahan silikon dan plastik polimer. Selang dapat dilihat pada Gambar 3.10.

j. Nipple

Nipple berfungsi sebagai masukan umpan. Nipple yang digunakan terbuat dari plastik dan Stainless

k. Elbow

Elbow berfungsi sebagai penghubung antara media dielektrik dan selang. Elbow terbuat dari bahan plastik.

l. Bak Penampung

Tangki penampung digunakan sebagai tempat menampung limbah sebelum dan sesudah proses.

### 3.3.2 Sumber Tegangan

Sumber tegangan yang digunakan adalah listrik tegangan bolak-balik (AC) yang berasal dari PLN. Listrik dari PLN ini kemudian diubah menjadi tegangan tinggi dengan menggunakan pembangkit tegangan tinggi plasmatron untuk menghasilkan tegangan yang akan digunakan di dalam penelitian, yaitu berkisar 100-200 volt.

### 3.3 Prosedur Penelitian

Pada prosedur penelitian ini dijelaskan beberapa hal yaitu, variabel penelitian, cara pembuatan alat, prosedur pemaparan minyak jelantah, prosedur pengambilan sampel, prosedur analisis dan prosedur perhitungan.

#### 3.3.1 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

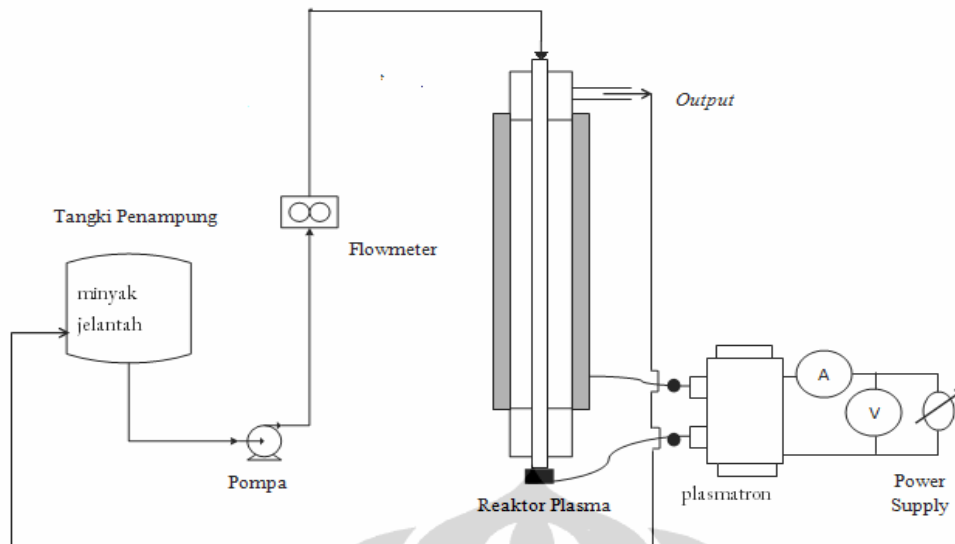
- Variabel bebas: tegangan input sebesar 100 V, 150 V dan 200 V dan waktu pemaparan plasma selama 120 menit dengan selang setiap 30 menit.
- Variabel kontrol: Suhu sistem (pada suhu ruang  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ).
- Variabel terikat: angka asam, indeks bias dan angka peroksida

#### 3.3.2 Pembuatan Alat

##### a. Merancang Bangun Alat

Reaktor pengolahan limbah serta peralatan-peralatan lainnya yang akan digunakan dalam penelitian ini dirangkai dan dibuat dengan berdasarkan skema alat percobaan pada Gambar 3.6.

Setelah semua peralatan tersusun dengan benar, maka selanjutnya adalah dilakukan proses pengujian reaktor yang berguna untuk memastikan tidak ada kerusakan alat yang dapat mempengaruhi kinerja peralatan yang digunakan serta mengetahui apakah reaktor tersebut siap untuk dioperasikan pada kondisi operasi yang sesuai dengan kondisi operasi yang akan digunakan di dalam penelitian.



**Gambar 3.6.** Skema Alat Percobaan

Alat:

- Reaktor plasma non-termal untuk tempat berlangsungnya reaksi
- 1 unit pembangkit (generator) plasma berupa NST
- 1 unit regulator tegangan sebagai pengubah tegangan masukan NST
- Amperemeter, voltmeter, dan flowmeter
- Selang silicon sebagai penyambung antara reaktor dan bak tempat penampung minyak jelantah dan injektor
- Kabel tegangan tinggi sebagai penghubung reaktor dan pembangkit plasma
- 1 buah kabel penghubung pembangkit plasma dan cok listrik PLN
- Kabel serat untuk menghubungkan sumber arus dan tegangan terhadap amperemeter dan voltmeter
- 1 Terminal blok untuk membagi arus sehingga bisa dihubungkan dengan amperemeter dan voltmeter
- 1 Saklar on/off untuk membangkitkan plasma agar lebih aman.

Kesemua alat diatas dirakit dan dibangun pada sebuah dinding *acrylic* yang berkerangka *stainless steel*.



#### b. Uji Start Up Alat

Pengujian start up alat dilakukan dengan cara pengaliran larutan NaOH, pengujian ini dilakukan untuk mengidentifikasi apakah pada alat yang dibuat terdapat kebocoran sekaligus untuk melihat apakah pompa dapat bekerja dengan baik. Selain itu juga dilakukan pengujian plasma yang berguna untuk mengetahui apakah plasma tersebut dapat bangkit atau tidak. yaitu dengan cara menghubungkan reaktor dengan sumber tegangan dan pengaliran oksigen melalui injector. Kebangkitan plasma lucutan korona ditandai dengan adanya sinar keungu-unguan pada reaktor.

#### 3.3.3 Prosedur Pemaparan Minyak Jelantah oleh Plasma

- Letakkan minyak jelantah pada tangki penampung.
- Nyalakan power supply
- Atur tegangan primer sekitar 100 V (setara dengan 5,5 kV pada tegangan sekunder) dengan mengatur slide regulator tegangan.
- Setelah 30 menit, ambil sampel untuk dianalisis kemurnian minyak jelantah tersebut.
- Ulangi prosedur 1, untuk pengambilan sampel sesuai dengan variabel waktu yang telah ditentukan sebelumnya.
- Ulangi prosedur di atas dengan menggunakan tegangan 150 V dan 200 V pada tegangan primer (setara dengan 5,5 kV dan 10,9 kV pada tegangan sekunder).
- Bandingkan antara minyak jelantah yang tidak dipapar plasma dan yang dipapar plasma dengan variable bebas yang telah ditentukan.

#### 3.3.4 Prosedur Pengambilan Sampel

- Sampel diambil setelah minyak jelantah di papar plasma sesuai dengan variabel waktu yang telah ditentukan
- Ambil sampel minyak jelantah yang terdapat pada bak penampung.
- Lakukan analisis karakteristik minyak.

### 3.3.5 Prosedur Analisis

Prosedur analisis ini membahas tiga faktor yang terpenting dalam kemurnian suatu minyak goreng yaitu Bilangan Asam Lemak, Bilangan Peroksida dan Indeks Bias.

#### a. Prosedur Penentuan Bilangan Asam Lemak (SNI, 1995)

- Siapkan buret 100 mL
- Masukkan NaOH 0,5M ke dalam buret
- Masukkan sampel yang telah dipapar plasma ke dalam labu erlenmeyer 250 mL sebanyak 12 g
- Tambahkan etanol 95 % sebanyak 5 tetes.
- Teteskan indikator pp ke dalam sampel sebanyak 3 tetes
- Titrasikan sampel tersebut sampai terjadi perubahan warna.
- Catat berapa mL NaOH yang terpakai untuk titrasi
- Timbang sampel.
- Hitung angka asam lemak

#### b. Prosedur Penentuan Bilangan Peroksida (Muallifah, 2009)

- Timbang sampel sebanyak 5 gram
- Masukkan sampel ke dalam labu erlenmeyer 250 ml kemudian ditambahkan 30 ml larutan asam asetat-kloroform.
- Tambahkan 0,5 ml larutan KI dan mendiamkannya selama 1 menit dan setelah itu ditambahkan 30 ml akuades.
- Titrasikan campuran dengan 0,01 N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  sampai warna kuning hilang
- Tambahkan 0,5 ml larutan pati 1% dan mentitrasi kembali sampai warna biru hilang.
- Hitung angka peroksida.

#### c. Prosedur Penentuan Indeks Bias

- Ambil minyak pada masing-masing sampel
- Letakkan minyak pada alat refraktometer untuk diukur indeks biasnya

### 3.3.6 Prosedur Perhitungan

Prosedur ini menjelaskan bagaimana perhitungan angka asam dan angka peroksida pada minyak jelantah yang telah diproses dalam reaktor plasma.

#### a. Angka Asam

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{BM NaOH}}{\text{W sampel (gram)}} \quad (3.1)$$

- ml NaOH = Jumlah NaOH yang digunakan dalam titrasi (ml)  
 N NaOH = Normalitas NaOH yang digunakan  
 BM NaOH = Berat molekul NaOH (g/mol)  
 w = Berat sampel (g)

#### b. Angka Peroksida

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 1000}{\text{W sampel (gram)}} \quad (3.2)$$

- w = Berat sampel (g)  
 ml Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = Jumlah Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang digunakan dalam titrasi (ml)  
 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = Normalitas Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang digunakan

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dirancang menggunakan reaktor transparan berbentuk tabung yang terbuat dari bahan gelas borosilikat sebagai penghalang dielektrik. Pembangkit plasma yang digunakan adalah plasmatron dengan sumber tegangan adalah arus bolak-balik dari listrik PLN. Terdapat dua elektroda yang digunakan pada penelitian ini. Elektroda pertama yang digunakan adalah batang logam *stainless steel* jenis SS-316 berongga dengan sisi bawah tertutup dan diberi ulir untuk baut.. Elektroda ini terletak dalam tabung reaktor dan bagian yang berulir dihubungkan dengan kabel tegangan tinggi ke plasmatron. Elektroda kedua berbentuk jala terbuat dari *stainless steel* jenis SS-304 yang diselubungkan pada tabung reaktor borosilikat dan pada bagian tengahnya dihubungkan pada plasmatron.

### **4.1 Pengujian Pola Plasma pada RHOP**

Langkah-langkah pengujian RHOP dilakukan dalam 2 (dua) tahapan utama, yang pertama adalah pengamatan profil plasma dalam reaktor tanpa beban cairan (hanya berisi gas/udara) ,dan kemudian profil plasma dalam reaktor yang dialiri oleh cairan (akuades dan minyak ).

#### **4.1.1 Pengujian Pola Plasma Dalam RHOP tanpa Beban Cairan**

Setelah reaktor plasma selesai dirakit, dilakukan pengujian awal reaktor dengan cara mengaktifkan reaktor dengan menghubungkan sumber tegangan tinggi (plasmatron) ke sumber arus, yakni listrik PLN.

Dengan mengikuti prosedur yang ada pada bab tiga, reaktor dinyalakan sampai terbentuk fenomena munculnya plasma pada reaktor. Pada pengujian ini reaktor tidak ada umpan yang digunakan hanya berisi udara saja. Tegangan masukan diatur menggunakan regulator tegangan dengan memutar bagian atasnya sehingga dapat diperhatikan pada tegangan berapa plasma sudah mulai muncul pada reaktor.

Pada tegangan primer plasmatron sebesar 70 Volt atau setara dengan 3,8 kV pada sekunder, plasma sudah mulai muncul ditandai dengan adanya bunyi dengungan pelan yang timbul akibat adanya lucutan listrik yang mengalir dari elektroda jala ke elektroda batang pada bagian dalam tube reaktor. Lucutan listrik ini terhalang oleh gelas borosilikat yang berfungsi sebagai penghalang dielektrik. Tegangan maksimal yang diperbolehkan tanpa beban cairan adalah 200 volt atau setara dengan 10,9 kV pada sekunder karena diatas tegangan tersebut sudah mulai timbulnya *arc* yang menyebabkan suhu tabung reaktor naik. Kenaikan suhu ini dapat menyebabkan reaktor pecah.

#### 4.1.2 Pengujian Pola Plasma Dalam RHOP dengan Beban Cairan (Akuades) yang Disirkulasi

Pada pengujian ini reaktor menggunakan umpan cairan berupa akuades. Tegangan masukan diatur menggunakan regulator tegangan dengan memutar bagian atasnya sehingga dapat diperhatikan pada tegangan berapa plasma sudah mulai muncul pada reaktor.

Pada tegangan 3,8 kV plasma sudah mulai muncul ditandai dengan adanya bunyi dengungan pelan yang timbul akibat adanya lucutan listrik yang mengalir dari elektroda jala ke elektroda batang pada bagian dalam tube reaktor. Lucutan listrik ini terhalang oleh gelas borosilikat yang berfungsi sebagai penghalang dielektrik. Dan semakin tegangan dinaikkan munculnya plasma semakin jelas, tegangan maksimal pada beban cairan akuades ini yang diperbolehkan adalah 13,6 kV.

#### 4.1.3 Pengujian Pola Plasma Dalam RHOP dengan Beban Cairan (Minyak Jelantah) yang Disirkulasi

Pada pengujian ini reaktor menggunakan umpan cairan berupa minyak jelantah. Pada tegangan sekunder 5,5 kV, tampak bahwa plasma sudah mulai muncul ditandai dengan adanya bunyi dengungan pelan yang timbul akibat adanya lucutan listrik yang mengalir dari elektroda jala ke elektroda batang pada bagian dalam tube reaktor. Lucutan listrik ini terhalang oleh gelas borosilikat yang berfungsi sebagai penghalang dielektrik. Sama halnya dengan pengujian tanpa

beban cairan tegangan maksimal yang diperbolehkan untuk minyak jelantah ini adalah 200 Volt pada tegangan primer atau setara dengan 10,9 kV pada tegangan sekunder karena di atas tegangan tersebut sudah mulai timbulnya *arc* yang menyebabkan suhu tabung reaktor naik.

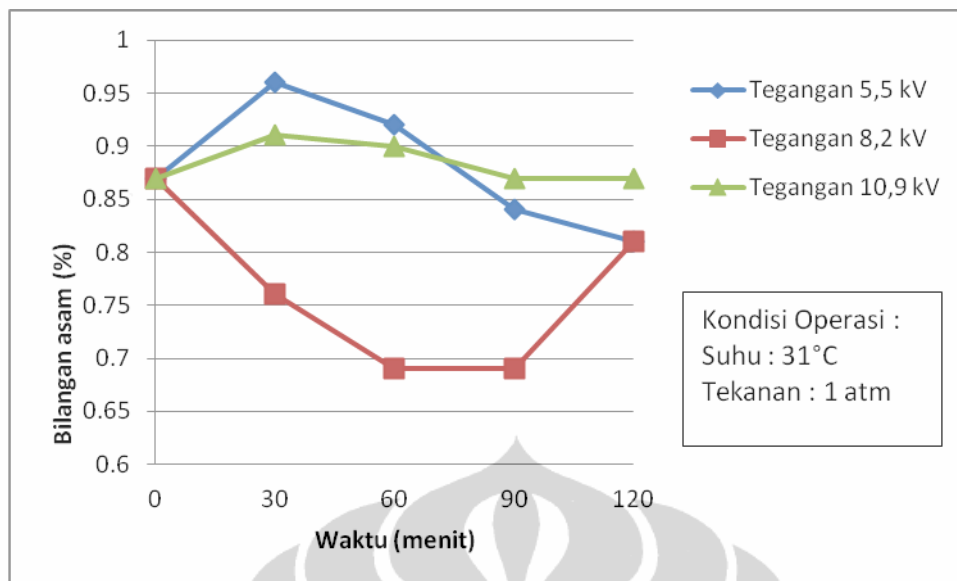
Jadi tegangan sekunder plasmatron maksimal dalam pengujian karakteristik minyak jelantah terhadap plasma lucutan korona ini adalah 10,9 kV.

#### 4.2 Pengaruh Tegangan Plasma Terhadap Bilangan Asam pada Minyak Jelantah

Pada percobaan berikut minyak jelantah dipapar plasma dengan tegangan 5,5 kV, 8,2 kV dan 10,9 kV dengan rentang waktu 0 - 120 menit. Dan setiap 30 menit sampel diambil dan dimasukkan ke dalam botol dan didiamkan selama beberapa jam. Selanjutnya sampel tersebut dianalisis bilangan asamnya. Tujuannya adalah menentukan seberapa besar asam lemak bebas masih terkandung didalam minyak jelantah setelah dipapar plasma. Berikut hasil dan pembahasan pengaruh tegangan terhadap bilangan asam pada minyak jelantah yang dipapar plasma.

**Tabel 4.1** Hasil Bilangan Asam pada Minyak Jelantah yang Dipapar Plasma

| WAKTU (menit) | Asam Lemak (%)  |                 |                  |
|---------------|-----------------|-----------------|------------------|
|               | Tegangan 5,5 kV | Tegangan 8,2 kV | Tegangan 10,9 kV |
| 0             | 0,87            | 0,87            | 0,87             |
| 30            | 0,96            | 0,76            | 0,91             |
| 60            | 0,92            | 0,69            | 0,9              |
| 90            | 0,84            | 0,69            | 0,87             |
| 120           | 0,81            | 0,81            | 0,87             |



**Gambar 4.1** Pengaruh Tegangan dan Waktu Terhadap Bilangan Asam

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa bilangan asam berubah pada saat kondisi tegangan tertentu, ada yang menunjukkan penurunan dan pada saat kondisi tertentu lainnya ada yang menunjukkan kenaikan. Namun dari 3 tegangan yang diujikan terlihat bahwa 8,2 kV pada tegangan sekunder (setara dengan 150 V pada tegangan primer), bilangan asam menunjukkan penurunan yang cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan ini bisa dihasilkan penurunan yang cukup bagus. Jika kita melihat dari grafik yang ada, bilangan asam pada saat tegangan 5,5 kV bilangan asam mengalami kenaikan, selanjutnya pada tegangan 8,2 kV bilangan asam mengalami penurunan dan pada saat tegangan 10,9 kV bilangan asam mengalami kenaikan kembali. Hal ini disebabkan karena reaksi kompleks pada minyak jelantah yang dipapar plasma..

Energi yang dihasilkan oleh elektron dari 5,5 kV, 8,2 kV dan 10,9 kV pada tegangan sekunder (setara dengan 100 V, 150 V dan 200 V pada tegangan primer) adalah 100 eV, 150 eV dan 200 eV (Gonick, 2001). Jika kita melihat energi ini, hal ini sangatlah besar dan energi ini bisa memecah rantai kimia, karena tidak ada energi ikatan suatu rantai kimia yang melebihi dari 100 eV seperti yang ditampilkan pada tabel 2.1 pada bab 2

Dilihat dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa setiap ikatan antar atom bisa diputus dengan ketiga tegangan tersebut. Setelah rantai tersebut putus atom-

atom tersebut kembali membentuk sebuah ikatan, namun kita tidak mengetahui apakah ikatan tersebut akan kembali seperti semula atau tidak, karena banyaknya senyawa yang terdapat di dalam minyak jelantah sehingga yang terjadi adalah reaksi kompleks. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui senyawa apa yang terbentuk didalam minyak tersebut. Namun dari hasil yang ditunjukkan bahwa bilangan asam yang dipapar plasma tidak menunjukkan hasil yang bagus, karena penurunan yang paling rendah hanya sampai 0,69 % sedangkan SNI mensyaratkan bahwa bilangan asam tidak boleh melebihi 0,3%.

**Tabel 4.2** Standar SNI Minyak Goreng

| Parameter                   | Standard SNI |
|-----------------------------|--------------|
| Kadar air (%)               | Max 0,3      |
| Kadar FFA (%)               | Max 0,3      |
| Bilangan Peroksida (meq/kg) | Max 2        |

#### **4.3 Pengaruh Waktu Paparan Plasma Terhadap Bilangan Asam pada Minyak Jelantah**

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pengaruh waktu terhadap minyak jelantah yang dipapar plasma tidak menentu. Hal ini disebabkan adanya reaksi yang kompleks pada minyak jelantah yang dipapar plasma. Jadi dapat disimpulkan bahwa pengaruh waktu tidak sebanding dengan pengaruh tegangan terhadap bilangan asam minyak jelantah yang dipapar plasma.

#### **4.4 Pengaruh Tegangan Plasma Terhadap Bilangan Peroksida Pada Minyak Jelantah**

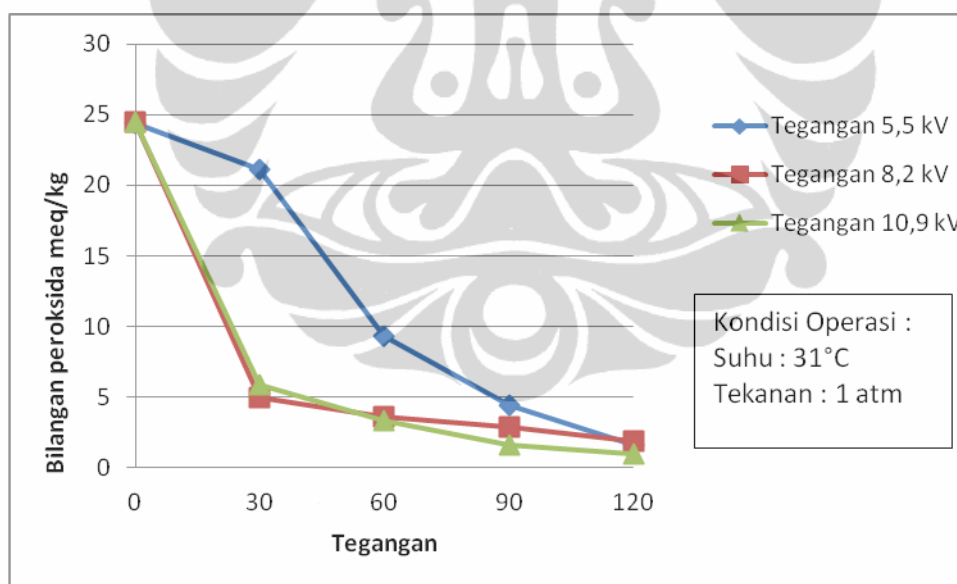
Pada percobaan berikut minyak jelantah dipapar plasma dengan 5,5 kV, 8,2 kV dan 10,9 kV pada tegangan sekunder (setara dengan 100 V, 150 V dan 200 V pada tegangan primer) dengan rentang waktu 0 – 120 menit. Dan setiap 30 menit sampel diambil dan dimasukkan ke dalam botol dan didiamkan selama beberapa



jam. Selanjutnya sampel tersebut dianalisis bilangan peroksida. Tujuannya adalah menentukan seberapa besar kerusakan minyak jelantah setelah dipapar plasma. Berikut hasil dan pembahasan pengaruh tegangan terhadap bilangan peroksida pada minyak jelantah yang dipapar plasma.

**Tabel 4.3** Hasil Bilangan Peroksida Pada Minyak Jelantah yang Dipapar Plasma

| Waktu (Menit) | Bilangan Peroksida (meq/kg) |                 |                  |
|---------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
|               | Tegangan 5,5 kV             | Tegangan 8,2 kV | Tegangan 10,9 kV |
| 0             | 24,4                        | 24,44           | 24,44            |
| 30            | 21,1111                     | 5               | 5,83             |
| 60            | 9,3                         | 3,64            | 3,29             |
| 90            | 4,44                        | 2,83            | 1,58             |
| 120           | 1,63                        | 1,88            | 0,95             |



**Gambar 4.2** Pengaruh Tegangan dan Waktu Terhadap Bilangan Peroksida

Dari Gambar 4.2 kita ketahui bahwa semakin besar tegangan bilangan peroksida semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa plasma dapat memperbaiki kualitas minyak yang tadinya berkualitas buruk menjadi minyak yang berkualitas baik. Kualitas minyak buruk atau tidaknya dapat dilihat dari

ketengikan minyak dan salah satu ketengikan minyak dapat diukur dari bilangan peroksida. Standard SNI memperbolehkan maksimal bilangan peroksida yang terdapat pada minyak jelantah adalah 2 (Wijayaningsih, 2010). Jika kita melihat dari data yang ada plasma dapat menurunkan bilangan peroksida jauh dibawah batas maksimal hingga 0,95. Namun jika dibandingkan dengan minyak goreng yang baru hal ini masih jauh karena minyak murni memiliki bilangan peroksida sebesar 0,15.

Proses ketengikan disebabkan oleh otooksidasi radikal asam lemak tidak jenuh yang terdapat di dalam minyak. Otooksidasi dimulai dengan pembentukan radikal-radikal bebas yang disebabkan oleh faktor-faktor yang dapat mempercepat reaksi seperti cahaya, panas, peroksida lemak atau hidroperoksida, logam-logam berat seperti Cu, Fe, Co dan Mn, logam porfirin seperti hematin, hemoglobin, myoglobin, klorofil, dan enzim-enzim lipoksidase. Molekul-molekul lemak yang mengandung radikal asam lemak tidak jenuh mengalami oksidasi dan menjadi tengik. Bau tengik yang tidak sedap tersebut disebabkan oleh pembentukan senyawa-senyawa hasil pemecahan hidroperoksida. Menurut teori yang sampai kini masih dianut orang, sebuah atom hidrogen yang terikat pada suatu atom karbon yang letaknya di sebelah atom karbon lain yang mempunyai ikatan rangkap dapat disingkirkan oleh suatu kuantum energi sehingga membentuk radikal bebas.

Kemudian radikal ini dengan  $O_2$  membentuk peroksida aktif yang dapat membentuk hidroperoksida yang bersifat sangat tidak stabil dan mudah pecah menjadi senyawa dengan rantai karbon yang lebih pendek oleh radiasi energi tinggi, energi panas, katalis logam, atau enzim. Senyawa-senyawa dengan rantai C lebih pendek ini adalah asam-asam lemak, aldehida-aldehida dan keton yang bersifat volatil dan menimbulkan bau tengik pada lemak.

Proses ketengikan sangat dipengaruhi oleh adanya prooksidan dan antioksidan. Prooksidan akan mempercepat terjadinya oksidasi, sedangkan antioksidan akan menghambatnya. Antioksidan sendiri ada dua macam yaitu antioksidan primer dan antioksidan sekunder. Antioksidan primer adalah suatu zat yang dapat menghentikan reaksi berantai pembentukan radikal yang melepaskan

hidrogen. Zat-zat yang termasuk golongan ini dapat berasal dari alam dan dapat pula buatan.

Antioksidan sekunder adalah suatu zat yang dapat mencegah kerja prooksidan sehingga dapat digolongkan sebagai sinergik. Beberapa asam organik tertentu, biasanya asam di-atau trikarboksilat, dapat mengikat logam-logam (sequestran). Misalnya satu molekul asam sitrat akan mengikat prooksidan Fe seperti dilakukan pada minyak kacang kedelai. EDTA (Etilendiamin tetraasetat) adalah sequestran logam yang sering digunakan dalam minyak salad.

Bilangan peroksida turun disebabkan karena terkonversinya senyawa peroksida menjadi senyawa pengotor seperti aldehid dan keton.

Hal ini disebabkan adanya energi radiasi dari plasma. Senyawa peroksida ini bersifat tidak stabil sehingga akan mudah sekali terkonversi. Senyawa aldehid inilah yang menyebabkan tengiknya suatu minyak. Setelah itu terkonversi menjadi senyawa aldehid, senyawa ini selanjutnya akan terkonversi menjadi senyawa lain yang tidak menyebabkan minyak tengik. Namun diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi senyawa lain tersebut.

Bau tengik ini hilang juga disebabkan karena adanya ozon yang mengikat logam-logam seperti besi dan mangan. Ozon ini dihasilkan dari plasma yang bereaksi dengan oksigen.

#### **4.5 Pengaruh Waktu Paparan Plasma Terhadap Bilangan Peroksida Pada Minyak Jelantah**

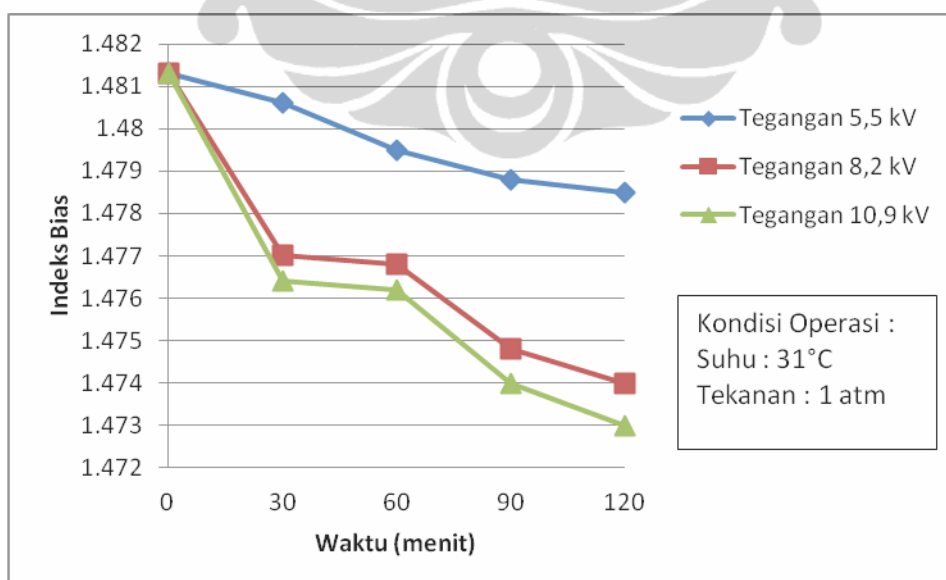
Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pengaruh waktu terhadap bilangan peroksida pada minyak jelantah yang dipapar plasma. Hasil di atas menunjukkan bahwa semakin lama paparan yang terjadi, maka penurunan bilangan peroksida semakin besar. Hal ini terjadi disebabkan karena hilangnya senyawa peroksida. Penjelasan tentang bagaimana hilangnya senyawa peroksida telah dijelaskan sebelumnya pada sub-bab 4.5. Jadi dapat disimpulkan bahwa pengaruh waktu sebanding dengan pengaruh tegangan terhadap bilangan peroksida minyak jelantah yang dipapar plasma.

#### 4.6 Pengaruh Tegangan Plasma Terhadap Indeks Bias Pada Minyak Jelantah

Pada percobaan berikut minyak jelantah dipapar plasma dengan 5,5 kV, 8,2 kV dan 10,9 kV pada tegangan sekunder (setara dengan 100 V, 150 V dan 200 V pada tegangan primer) dengan rentang waktu 0 - 120 menit. Dan setiap 30 menit sampel diambil dan dimasukkan ke dalam botol dan didiamkan selama beberapa jam. Selanjutnya sampel tersebut dianalisis indeks biasnya. Tujuannya adalah menentukan seberapa kejernihan minyak jelantah setelah dipapar plasma. Berikut hasil dan pembahasan pengaruh tegangan terhadap indeks bias minyak jelantah yang dipapar plasma

**Tabel 4.4** Hasil Indeks Bias Pada Minyak Jelantah yang Dipapar Plasma

| Waktu (Menit) | Indeks Bias     |                   |                  |
|---------------|-----------------|-------------------|------------------|
|               | Tegangan 5,5 kV | Tegangan 8, 2 k V | Tegangan 10,9 kV |
| 0             | 1,4813          | 1,4813            | 1,4813           |
| 30            | 1,4806          | 1,477             | 1,4764           |
| 60            | 1,4795          | 1,4768            | 1,4762           |
| 90            | 1,4788          | 1,4748            | 1,474            |
| 120           | 1,4785          | 1,474             | 1,473            |



**Gambar 4.3** Pengaruh Tegangan dan Waktu Terhadap Indeks Bias

Indeks bias digunakan untuk mengukur kejernihan dari suatu minyak. Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin besar tegangan indeks bias semakin menurun. Data di atas menunjukkan indeks bias sangat efektif pada tegangan 10,9 kV (setara dengan 200 V pada tegangan primer) dan waktu 120 menit. Namun hasilnya belum memenuhi standar umum dari suatu minyak goreng, standar umum dari suatu minyak goreng adalah 1,4565 – 1,4585 (Muallifah, 2009). Hal ini sebanding dengan hasil pada bilangan peroksida, karena semakin cerah warna menunjukkan ketengikan minyak semakin berkurang. Semakin cerahnya suatu minyak ini disebabkan juga karena plasma menghilangkan partikel halus tersuspensi seperti protein, karbohidrat, garam, gula serta bumbu rempah-rempah dengan cara mengkonversinya menjadi senyawa lain. Namun diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi senyawa lain tersebut.

#### **4.7 Pengaruh Waktu Paparan Plasma Terhadap Indeks Bias pada Minyak Jelantah**

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa pengaruh waktu terhadap indeks bias pada minyak jelantah yang dipapar plasma. Hasil di atas menunjukkan bahwa semakin lama paparan yang terjadi, maka penurunan indeks bias semakin besar. Hal ini disebabkan hilangnya senyawa yang menyebabkan minyak menjadi hitam yaitu seperti partikel halus tersuspensi seperti protein, karbohidrat, garam, gula serta bumbu rempah-rempah. Jadi dapat disimpulkan bahwa pengaruh waktu sebanding dengan pengaruh tegangan terhadap indeks bias minyak jelantah yang dipapar plasma

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Efek paparan plasma lucutan korona dapat menurunkan asam lemak secara efektif pada tegangan 8,2 kV (setara dengan 150 V pada tegangan primer) dengan waktu 90 menit.
2. Semakin besar tegangan dan waktu maka bilangan peroksida dan indek bias semakin menurun.
3. Semakin lama waktu paparan plasma pengaruh tegangan kurang berpengaruh pada bilangan peroksida.
4. Efek paparan plasma lucutan korona sangat efektif dalam meningkatkan perbaikan minyak, hal ini ditandai dengan menurunnya bilangan peroksida yang cukup jauh.
5. Efek paparan plasma lucutan korona tidak efektif untuk menurunkan bilangan asam dan menurunkan indeks bias.

#### 5.2 Saran

Investigasi karakteristik minyak jelantah melalui efek paparan plasma lucutan korona perlu diadakan penelitian lebih lanjut. Hal ini bertujuan untuk menentukan senyawa (produk) apa yang terbentuk pada minyak jelantah setelah dipapar plasma. Sehingga reaksi-reaksi yang terjadi pada minyak jelantah yang dipapar plasma dapat diramalkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmalek, F., Ghezzer, M.R., Mohamed, B., Addou, A., Brisset, J.L. (2006). *Bleaching and Degradation of Textile Dyes by Non-thermal Plasma Process at Atmospheric Pressure*, Ind. Eng. Chem. Res. 45: 23–29.
- Anonim. (2010). *Kenaikan CPO Terus Dongkrak Harga Minyak Goreng*. . <http://www.arsipberita.com> [Accesed 9 Maret 2011].
- Andreas. (2004). *Kajian Proses Pemurnian Minyak Goreng Bekas dengan Metode Filtrasi Membran Berukuran Pori 0.05  $\mu\text{m}$* . S1 Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Buckle, K.A. (1987). *Ilmu Pangan*, a.b. Hari Purnomodan Adiono. UI-Press, Jakarta.
- Burlica, R., Kirkpatrick, M.J., Finney, W.C., Clark, R.J., Locke, B.R. (2004). *Organic Dye Removal from Aqueous Solution by Glidarc Discharge*, J. Electrostat. 62: 309–321.
- 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.
- Darmawan, S. (2006). *Pembuatan Minyak Kemiri dan Pemurniannya dengan Arang Aktif dan Bentonit*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 24:413-423.
- Dewi, Y. (2001). *Studi Kualitas Kandungan Minyak Goreng Bekas Penggunaan Kerupuk Putih pada Pemisahan Yang Berada di Kecamatan Sukun dan Belimbing Kota Malang*. S1 Skripsi. Universitas Brawijaya, Malang.
- Eliezer, S dan Eliezer, Y. (2001). *The Fourth State of Matter: An Introduction to Plasma Science* (2nd ed.). Bristol and Philadelphia, Institute of Physics Publishing.
- Fessenden, R. J dan Fessenden, J. S. (1986). *Kimia Organik*, Jilid 2, edisi ketiga, a.b. Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hariskal. (2010). *Kerusakan Minyak Goreng*. <http://hariskal.wordpress.com/>. Diakses tanggal 29 Mei 2012.
- Herlina, N dan Ginting M. H. S. (2002). *Lemak dan Minyak*, USU.

- Ketaren, S. (2008). *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. UI-Press, Jakarta.
- Muallifah, S. (2009). *Penentuan Angka Asam Thiobarbiturat dan Angka Peroksida Pada Minyak Goreng Bekas Hasil Pemurnian Dengan Karbon Aktif dari Biji Kelor (*moringa oleifera*, lamk)*. S1 Skripsi. Universitas Islam Negeri Malang, Malang.
- Oktiawan, W., Sutrisno, E., Fuadah, U. (2009). *Pengolahan Limbah Cair Industri Gula Dengan Teknologi Plasma Sistem Non Contact Electrodes Dengan Oxygen Atmosphere Terhadap Variasi Tegangan dan Banyaknya Sirkulasi*. Jurnal Presipitasi, Vol 6.
- Pikatan, S. (2008). 'Ozon di Atmosfir, Erosi Pada Lapisan Ozon Mengancam Kehidupan di Permukaan Bumi'. *Buletin Ilmiah Universitas Surabaya*, Vol 1 no. 1, 1 – 7.
- Pomeranz, Y dan M. Clifton. (1994). *Food Analysis Theory and Practice*. Westport, AVI Publisher Companies, Inc.
- Raizer, Y.P.(1997). *Gas Discharge Physics*. Springer-Verlag, Berlin.
- Rosita, A. F dan Widasari, W. A. (2008). *Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas Dari KFC Dengan Menggunakan Adsorben Karbon Aktif*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Roth, J. Reece. (2001). *Industrial Plasma Engineering, Vol. I*. New York: Taylor & Francis Group.
- Sharma, A.K., Josephson, G.B., Camaioni, D.M., Goheen, S.C. (2000). *Destruction of pentachlorophenol using glow discharge plasma process*, Environ. Sci. Technol. 34: 2267–2272.
- SNI. (2002). *Minyak Goreng*. BSN (Badan Standarisasi Nasional), Jakarta.
- SNI. (1995). *SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis*. Dewan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Tarenbaum, S.B. (1967). *Plasma Physics*. New York, McGraw-Hill Publisher Companies, Inc.
- Taufiq, M. (2007). *Pemurnian Minyak Goreng Bekas (Jelantah) Menggunakan Biji Kelor (*Moringa olifera Lamk*)*. Universitas Islam Negeri Malang, Malang.



- Tseng Tseng, C.H. (1999). *The application of Pulsed Corona Discharge Technology in Flue Gas Desulfurization and Denitrification*. The Air & Waste Management Association's 92<sup>nd</sup> Annual Meeting & Exhibition, St. Louis, Missouri, USA.
- Veldhuizen, E.M. dan Rutgers, W.R. (2002). *Corona Discharges: Fundamental and Diagnostics*, Journal Physics D: Appl. Phys. Vol35.
- Widayat, Suherman, Haryani K. (2006). *Optimasi Proses Adsorpsi Minyak Goreng Bekas dengan Adsorben Zeolit Alam: Studi Pengurangan Bilangan Asam*. Jurnal Teknik Gelagar 17:77-82.
- Winarno, F.G. (1997). *Kimia Pangan dan Gizi*. Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wijayanti, R. (2009). *Arang Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. S1 Skripsi. Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wijayaningsih, F. (2010). *Pengaruh Variasi Suhu Pemanasan Karbon Aktif Polong Buah Kelor (*Moringa oleifera*. Lamk) Terhadap Perubahan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas (FFA) Pada Proses Bleaching Minyak Goreng Bekas*. S1 Skripsi. Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Malang, Malang.
- Yamamoto, Toshiaki dan Okubo, Masaaki. (2004). *Non-thermal Plasma Technology. Handbook of Environmental Engineering, Volume 5: Advanced Physicochemical Treatment Technologies*. Totowa, NJ: The Humana Press Inc.