

**PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN PEMUCAT  
TERHADAP KARAKTERISTIK  
ROLLING OIL BEKAS HASIL COLD STRIPPING**

**Oleh  
ANDRIANY DEWI  
F 28. 1020**



**1 9 9 5  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
B O G O R**

## RINGKASAN

*Rolling oil* digunakan di PT Krakakatau Steel untuk menipiskan baja dengan sistem penekanan. Penipisan dilakukan dengan cara melewati plat baja pada 5 buah stand yang masing-masing stand terdiri dari 2 buah *work roll* dan *back up roll*. *Rolling oil* berfungsi selain sebagai pelumas, juga memiliki efek mendinginkan dan untuk mengurangi gesekan antara permukaan plat dengan roll. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memurnikan *rolling oil* bekas agar memiliki karakteristik yang mendekati karakteristik *rolling oil* segar dengan cara pemucatan (*bleaching*).

Jenis analisis yang dilakukan adalah Bilangan Asam, Bilangan Penyabunan, Bilangan Peroksida, Bilangan Iod, Bobot Jenis, Kadar Abu, Warna (% transmisi), Viskositas, Rendemen, Fraksi Tak Tersabunkan, Unsur Logam, dan Kromatografi Gas. Rancangan Percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan 2 kali ulangan. Jenis minyak yang digunakan dibagi dalam dua blok, yaitu minyak tahap awal ( $K_1$ ) dan minyak tahap akhir ( $K_2$ ) pada periode yang sama. Penelitian ini menggunakan dua jenis bahan pemucat, yaitu asam oksalat dengan konsentrasi, 0.25 persen, 0.5 persen, dan 0.75 persen, dan bentonit dengan konsentrasi 0.5 persen, 1.5 persen, dan 2.5 persen, serta kombinasi kedua bahan pemucat tersebut, dan dibandingkan dengan tanpa penambahan bahan pemucat.

Hasil Analisis Sidik Ragam didapatkan bahwa kedua jenis bahan pemucat tersebut berpengaruh nyata terhadap Bilangan Asam, Bilangan Penyabunan, Rendemen, Warna (% transmisi), dan Kadar Abu. Bentonit cenderung menurunkan bilangan asam, bilangan peroksida, bobot jenis, rendemen, warna (% transmisi), kadar abu, unsur logam, dan cenderung menaikkan bilangan penyabunan.

Asam oksalat cenderung menaikkan bilangan asam, rendemen, dan cenderung menurunkan bilangan penyabunan, bilangan peroksida, bobot jenis, viskositas, warna (% transmisi), kadar abu, dan unsur logam. Hasil pemucatan terbaik adalah dengan menggunakan asam oksalat 0.75 % dan bentonit 0.5 % (O4B2), dengan nilai bilangan asam 4.31, bilangan penyabunan 198.11, bilangan peroksida 1.43, bilangan Iod 53.35, kadar abu 0 ppm, bobot jenis 0.9164, viskositas 35 cp, dan warna (% transmisi) 82 persen.



PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN PEMUCAT  
TERHADAP KARAKTERISTIK  
*ROLLING OIL* BEKAS HASIL *COLD STRIPPING*

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

Oleh

ANDRIANY DEWI

F 28.1020

1996

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR



FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN PEMUCAT  
TERHADAP KARAKTERISTIK  
*ROLLING OIL* BEKAS HASIL *COLD STRIPPING*

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN  
pada JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

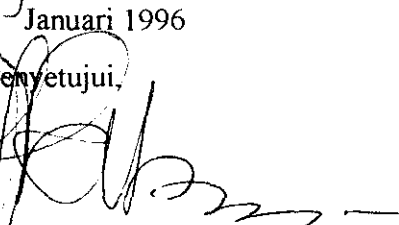
Oleh

ANDRIANY DEWI

F 28.1020

Dilahirkan di Bogor, 25 Agustus 1973

Tanggal Lulus : 15 Januari 1996

29  
Bogor, Januari 1996  
Menyetujui,  
  
Ir. S. Ketaren, MS  
Dosen Pembimbing



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena kepada rahmat-Nya dan karunia-Nya maka skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini dibuat berdasarkan kepada penelitian yang dilakukan di laboratorium Pengawasan Mutu dan Teknik Kimia Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, IPB Bogor yang bertujuan untuk memenuhi persyaratan meraih gelar Sarjana Teknologi Pertanian pada Jurusan Teknologi Industri Pertanian.

Dalam kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Mama, Papa, dan adik-adik, yang telah memberi dorongan moril dan materiil kepada penulis.
2. Ir. S. Ketaren, MS, selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Ir. Muslich dan Dr. Ir. Erliza Noor, selaku dosen penguji yang telah menguji Penulis dalam ujian skripsi.
4. Serri, Del, Bun, Wita, Meri, Nita, yang telah menempuh kuliah ini bersama-sama hingga selesai kuliah.
5. Ibu Sri, Wiwit, dan Bazi, yang membantu penulis selama penelitian.
6. Sisi, Indah, dan Riszty, akhirnya kita selesai juga dan diwisuda bersama.
7. Teman-teman TIN 28, yang telah menempuh semua suka dan duka bersama-sama di kampus tercinta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun diperlukan untuk penelitian lanjutan pada masa yang akan datang. Terakhir penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Bogor, Januari 1996

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
I. PENDAHULUAN .....	1
A. LATAR BELAKANG .....	1
B. TUJUAN PENELITIAN.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
A. <i>ROLLING OIL</i> .....	3
B. DAUR ULANG <i>ROLLING OIL</i> .....	7
C. KERUSAKAN MINYAK .....	9
D. PEMUCATAN <i>ROLLING OIL</i> .....	11
1. Pemucatan dengan Menggunakan Senyawa Pembentuk Komplek .....	12
2. Pemucatan dengan Menggunakan <i>Activated Clay</i> (Bentonit) .....	13
III. BAHAN DAN METODA .....	17
A. BAHAN DAN ALAT .....	17
B. METODA PENELITIAN.....	18
1. Penelitian Pendahuluan .....	19
2. Penelitian Utama .....	19
3. Rancangan Percobaan .....	19



Has Cipta: Produk dari Universitas Indonesia  
 1. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya kami untuk keperluan pendidikan dan penelitian  
 2. Diperlukan izin resmi dari IPB University untuk keperluan lain  
 3. Dilarang memperjualbelikan dan menyalahgunakan karya kami untuk tujuan komersial apapun tanpa izin IPB University

	Halaman
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	22
A. PENELITIAN PENDAHULUAN .....	22
1. Bahan Baku .....	22
2. Sentrifugasi .....	26
3. Jenis Bahan Pemucat .....	28
B. PENELITIAN UTAMA .....	30
1. Bilangan Asam .....	30
2. Bilangan Penyabunan .....	32
3. Bilangan Peroksida .....	34
4. Bilangan Iod .....	35
5. Bobot Jenis .....	36
6. Viskositas .....	37
7. Rendemen .....	37
8. Warna (% transmisi) .....	39
9. Kadar Abu .....	41
10. Fraksi Tak Tersabunkan .....	42
11. Unsur Logam .....	43
12. Analisis dengan Kromatografi Gas .....	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	46
A. Kesimpulan .....	46
B. Saran .....	46
DAFTAR PUSTAKA .....	47
LAMPIRAN .....	47

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Standar <i>Rolling Oil</i> .....	6
Tabel 2. Spesifikasi Asam Oksalat .....	13
Tabel 3. Komposisi Kimia Bentonit .....	16
Tabel 4. Periode Pengambilan Sampel .....	18
Tabel 5. Hasil Karakterisasi <i>Rolling Oil</i> segar dan <i>Rolling Oil</i> Bekas .....	22
Tabel 6. Hasil Analisis Unsur Logam <i>Rolling Oil</i> Segar dan <i>Rolling Oil</i> Bekas ....	25
Tabel 7. Hasil Rendemen dengan Beberapa Perlakuan Sentrifugasi .....	26
Tabel 8. Hasil Karakterisasi <i>Rolling Oil</i> Bekas sebelum dan Sesudah Sentrifugasi .....	27
Tabel 9. Hasil Analisis Unsur Logam <i>Rolling Oil</i> Bekas sebelum dan sesudah Sentrifugasi .....	28
Tabel 10. Nilai Transmisi Minyak yang dipucatkan dengan Beberapa Jenis Bahan Pemucat .....	29
Tabel 11. Hasil Analisis Unsur Logam .....	44
Tabel 12. Hasil Analisis Kromatografi Gas .....	45



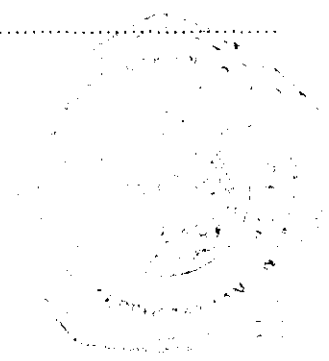
## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Ikatan Kompleks $\text{Ca}^{2+}$ engan EDTA .....	12
Gambar 2. Diagram Alir Proses Pemucatan <i>Rolling Oil</i> .....	21
Gambar 3. Hubungan antara Bilangan Asam dengan Bahan Pemucat .....	33
Gambar 4. Hubungan antara Bilangan Penyabunan dengan Bahan Pemucat .....	35
Gambar 5. Hubungan antara Rendemen dengan Bahan Pemucat .....	38
Gambar 6. Hubungan antara Warna dengan Bahan Pemucat .....	40
Gambar 7. Hubungan antara Kadar Abu dengan Bahan Pemucat .....	42
Gambar 8. Hubungan antara Fraksi Tak Tersabunkan dengan Bahan Pemucat .....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

### Halaman

Lampiran 1.	Prosedur Analisis Sifat Fisiko Kimia Minyak .....	49
Lampiran 2.	Hasil Analisis <i>Rolling Oil</i> selama 3 Periode .....	61
Lampiran 3.	Rekapitulasi Hasil Analisis <i>Rolling Oil</i> Bekas dengan Beberapa Macam Konsentrasi Bahan Pemucat .....	63
Lampiran 4a.	Tabel Sidik Ragam Bilangan Asam .....	65
Lampiran 4b.	Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Asam Oksalat terhadap Bil. Asam .....	65
Lampiran 4c.	Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Bentonit terhadap Bil. Asam.....	65
Lampiran 4d.	Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Interaksi terhadap Bil. Asam.....	66
Lampiran 5a.	Tabel Sidik Ragam Bilangan Penyabunan .....	66
Lampiran 5b.	Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Asam Oksalat terhadap Bilangan Penyabunan .....	66
Lampiran 5c.	Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Bentonit terhadap Bilangan Penyabunan .....	66
Lampiran 5d.	Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Interaksi terhadap Bilangan Penyabunan .....	66
Lampiran 6a.	Tabel Sidik Ragam Bilangan Peroksida .....	67
Lampiran 6b.	Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Interaksi terhadap Bil. Peroksida .....	67
Lampiran 7a.	Tabel Sidik Ragam Bilangan Iod.....	67
Lampiran 8a.	Tabel Sidik Ragam Kadar Abu .....	67
Lampiran 8b.	Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh As. Oksalat terhadap Kadar Abu .....	68
Lampiran 8c.	Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Bentonit terhadap Bil. Asam.....	68
Lampiran 9a.	Tabel Sidik Ragam Bobot Jenis .....	68



	Halaman
Lampiran 10a. Tabel Sidik Ragam Viskositas .....	69
Lampiran 10b. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Interaksi terhadap Viskositas .....	69
Lampiran 11a. Tabel Sidik Ragam Rendemen .....	69
Lampiran 11b. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Asam Oksalat terhadap Rendemen .....	70
Lampiran 11c. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Bentonit terhadap Rendemen .....	70
Lampiran 12a. Tabel Sidik Ragam Warna (% transmisi) .....	70
Lampiran 12b. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh As. Oksalat terhadap Warna (% transmisi) .....	71
Lampiran 12c. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Bentonit terhadap Warna (% transmisi) .....	71
Lampiran 13a. Kromatogram dari <i>Pure Oil</i> .....	72
Lampiran 13b. Kromatogram dari <i>Rolling Oil</i> Periode Awal (O1B1) .....	73
Lampiran 13c. Kromatogram dari <i>Rolling Oil</i> Periode Awal dengan penambahan Asam Oksalat 0.25 % dan bentonit 0.5 % (O2B2) .....	74
Lampiran 13d. Kromatogram dari <i>Rolling Oil</i> Periode Awal dengan penambahan Asam Oksalat 0.5 % dan bentonit 1.5 % (O3B3) .....	75
Lampiran 13e. Kromatogram dari <i>Rolling Oil</i> Periode Awal dengan penambahan Asam Oksalat 0.75 % dan bentonit 2.5 % (O4B4) .....	76
Lampiran 13f. Kromatogram dari <i>Rolling Oil</i> Periode Akhir dengan penambahan Asam Oksalat 0.25 % dan bentonit 0.5 % (O2B2) .....	77
Lampiran 13g. Kromatogram dari <i>Rolling Oil</i> Periode Akhir dengan penambahan Asam Oksalat 0.5 % dan bentonit 1.5 % (O3B3) .....	78
Lampiran 13h. Kromatogram dari <i>Rolling Oil</i> Periode Akhir (O1B1) .....	79
Lampiran 13i. Kromatogram dari <i>Rolling Oil</i> Periode Akhir dengan penambahan Asam Oksalat 0.75 % dan bentonit 2.5 % (O4B4) .....	80

## I. PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Saat ini banyak sekali industri yang menggunakan minyak nabati baik sebagai bahan utama maupun tambahan. Misalnya minyak pelumas nabati yang dibuat dari CPO yang merupakan bahan baku utama minyak pelumas yang digunakan untuk menipiskan logam dengan sistem penekanan (*Rolling oil*).

Minyak pelumas ini digunakan di PT Krakatau Steel, khususnya di pabrik CRM (*Cold Rolling Mill*) dimana pabrik ini menghasilkan baja lembaran dingin. Baja yang dibawa ke pabrik CRM ini berasal dari pabrik HSM (*Hot Strip Mill*) dengan ketebalan yang besar. Sementara konsumen menginginkan baja dengan ketebalan yang rendah sehingga mudah dibentuk, karena itu baja dari HSM ditipiskan di pabrik CRM dengan sistem penekanan. Penipisan ini dilakukan dengan cara melewati lembaran baja pada 5 stand, dimana masing-masing stand terdiri dari 2 buah *work up roller* dan 2 buah *back up roller*. *Rolling oil* berfungsi selain sebagai pelumas, juga memiliki efek mendinginkan dan untuk mengurangi gesekan antara permukaan plat dengan *roll*.

Selama proses penipisan ini terjadi kenaikan suhu akibat tekanan *back up roller*, dan *work up roller*. Untuk mengatasi hal tersebut digunakan air sebagai pendingin (*coolant*) dan pelumas (*rolling oil*) untuk mengurangi gesekan antara lembaran baja dan *roller* serta proteksi lembaran baja dari karat. Air dan pelumas disemprotkan sekaligus ke permukaan baja. Keduanya tercampur dalam bentuk emulsi (o/w) tidak stabil.

Setelah dipakai untuk proses penipisan baja, *rolling oil* di daur ulang di unit RCP (*Roll Coolant Plant*) selanjutnya *rolling oil* tersebut dialirkan kembali ke pabrik CRM. Proses pengolahan *rolling oil* ini antara lain dengan melakukan

proses *skimming* dan separasi (separasi pertama dan separasi kedua) sehingga didapatkan *recovered oil* untuk di daur ulang.

Minyak pelumas digunakan berulang kali dalam suhu tinggi sehingga dapat mengalami kerusakan yang akan menurunkan mutu minyak pelumas tersebut. Jenis kerusakan yang dapat terjadi selama proses *stripping* antara lain proses hidrolisis, oksidasi, polimerisasi, dan reaksi asam lemak dengan ion logam. Proses ini mengakibatkan kerusakan berupa terbentuknya senyawa polimer, asam lemak bebas dan sisa-sisa logam yang terkikis, sehingga minyak pelumas bekas tersebut jika dipakai ulang akan memiliki kinerja pelumasan yang rendah. Sedangkan dampak terhadap plat baja sendiri adalah timbulnya noda yang akan menurunkan kualitas baja tersebut.

Salah satu cara untuk mendaur ulang minyak pelumas bekas adalah dengan cara menghilangkan kotoran, dan meningkatkan kinerja pelumasan minyak tersebut melalui proses pemurnian minyak yang meliputi tahap-tahap *degumming*, netralisasi, dan *bleaching*. Kadang-kadang satu atau lebih dari tahapan tersebut tidak dilakukan, tergantung pada tujuan pemurnian.

Pemucatan adalah suatu tahap proses pemurnian untuk menghilangkan zat warna yang tidak disukai dalam minyak. Pemucatan ini dilakukan dengan mencampurkan minyak dengan sejumlah kecil adsorben, seperti tanah serap (*fuller earth*), lempung aktif (*bleaching clay*), arang aktif, dan juga dapat dengan menggunakan bahan kimia (Ketaren, 1986).

Zat warna alamiah dapat dipisahkan dengan menggunakan adsorben (arang aktif atau *bleaching clay*), sedangkan logam dan senyawa organologam berwarna dapat dipisahkan secara efektif dengan menggunakan *chelating agent*, seperti asam sitrat, asam oksalat, asam tartarat, dan EDTA.



## B. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memurnikan minyak pelumas nabati bekas sehingga karakteristik dari minyak pelumas bekas ini diharapkan dapat mendekati karakteristik minyak pelumas segar, melalui tahap pemurnian berupa proses pemucatan (*bleaching*).



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. ROLLING OIL

Pelumas adalah campuran hidrokarbon ditambah zat-zat kimia tertentu yang disebut aditif. Kegunaan utama pelumas adalah untuk mencegah agar komponen-komponen bergerak dalam mesin tidak saling kontak (Hartomo, 1991). Bahan dasar minyak pelumas umumnya dibagi dalam 2 bagian, yaitu minyak mineral yang diperoleh dari pengolahan minyak bumi dan minyak nabati dan hewani yang diekstrak dari tanaman dan hewan (La Puppung, 1986).

Minyak mineral berbeda dengan minyak nabati jika berada pada plat logam. Minyak nabati akan mengalir ke bagian plat logam yang paling panas, sedangkan minyak mineral tetap ditempat semula (tidak mengalir). Sifat minyak nabati tersebut di atas, disebabkan karena penurunan tegangan permukaan yang begitu cepat akibat kenaikan suhu, sehingga meningkatkan daya penetrasi dan sifat menyebar (*spreading property*) minyak pada permukaan plat logam.

Baja merupakan bahan baku yang lebih tahan terhadap cacat daripada kebanyakan logam non-besi secara umum. Kelebihan dari operasi ini secara normal dibutuhkan dengan menggunakan *rolling oil* dengan sifat mendinginkan yang lebih efisien. Untuk memenuhi syarat ini, *rolling oil* dengan fase minyak teremulsi dalam air (*O W*) dikembangkan (Cook, 1980).

Dalam beberapa kasus, konsentrasi minyak dalam air sekitar 1-10 persen dengan emulsifier berbentuk seperti susu. Salah satu masalah yang sering dialami oleh *rolling oil* adalah degradasi mikroba. Senyawa emulsi tertentu dengan adanya air selama penyimpanan merupakan lingkungan yang baik bagi pertumbuhan mikroba perusak lemak/minyak.

Kegunaan *rolling oil* adalah untuk menurunkan gaya *roller* yang dibutuhkan untuk mencapai nilai koefisien gesek yang diperlukan pada bagian *roller*. Dengan menggunakan *rolling oil*, lembaran baja yang dihasilkan lebih baik, mengurangi

licin pada *roller*, mengurangi *strip* dan menurunkan suhu *roller*, dan yang paling utama adalah melindungi permukaan *strip* dari korosi setelah penggilingan (Anonymous, 1994).

Tipe *rolling oil/coolant* yang akan digunakan pada operasi penggilingan bergantung pada beberapa faktor, yaitu: tipe bahan yang akan di *roller*, ketebalan *strip* dan reduksi, cara penggunaan langsung pelumas dan pendingin, kecepatan mill, kebutuhan akhir *strip*, proses pengikutnya.

Sistem pendingin pada CRM dirancang untuk digunakan pada 2 tipe yang berbeda, minyak nabati untuk menghasilkan plat tipis dibawah 0.4 mm dan minyak mineral untuk ketebalan antara 0.2-3.2 mm dan lebar 600-1800 mm (Matsunaga, 1978).

Viskositas *rolling oil* menurun dengan kenaikan suhu pada *roller* kecepatan tinggi dan viskositasnya lebih rendah dari minyak murni karena *rolling oil* yang digunakan dalam bentuk emulsi.

Pengerolan baja cara dingin (*Cold Rolling of Steel*) akan meningkatkan densitas, kekuatan, kekerasan pada permukaan akhir dan menghasilkan ukuran yang lebih tepat dan sesuai untuk proses pembuatan baja berikutnya. Selama proses penggilingan akan menghasilkan lembaran plat (*strip*) baja. *Roll mill* akan menipiskan plat baja dengan bantuan *rolling oil* yang dapat mengurangi gesekan antara permukaan plat baja dan *roller*. Fungsi utama *rolling oil* adalah untuk mendinginkan dan melindungi *strip* dan *roller* dari karat, abrasi, dan kerusakan lainnya (Anonymous, 1960).

Jika jumlah *rolling oil* yang digunakan terlalu sedikit, dapat menyebabkan permukaan *strip* koyak dan sebagian logam terikut pada *roller*. Sedangkan jika *rolling oil* yang digunakan terlalu banyak, maka *roller* akan *slip* atau licin dan proses penipisan berjalan tidak sempurna, ini dikenal sebagai *lack of bite*.

Minyak sawit/ substitute minyak sawit, dan minyak mineral kadang-kadang disemprotkan ke *roller*, tapi biasanya secara serentak disemprotkan dengan air yang berfungsi untuk mendinginkan (*cooling*). Cara lain adalah dengan

yang berfungsi untuk mendinginkan (*cooling*). Cara lain adalah dengan mencampurkan *rolling oil* dan air dicampurkan terlebih dahulu sebelum digunakan. Kedua campuran tersebut biasanya dibubuhi emulsifier sehingga membentuk sistem emulsi yang tidak stabil atau stabil.

Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai substitute minyak mineral dan minyak sawit antara lain bermacam-macam minyak nabati dan hewani, gliserida, asam lemak, sabun, alkohol berbobot molekul tinggi, petrokimia, dan berbagai senyawa sintetik.

*Rolling oil* pada *roller mill* perlu sekali jika ingin dihasilkan kualitas produk yang tinggi tanpa ada kerusakan pada *roller* dan produk itu sendiri. Ketika *rolling oil* digunakan pada *roller mill* akan mempengaruhi koefisien gesek bagian *roller* sehingga akan mengurangi kecepatan *roller*. Pengurangan kecepatan tersebut tergantung pada sifat *rolling oil* dan jumlah pemakaiannya (Cook, 1980).

*Rolling oil* terutama dalam *Cold Rolling Mill* (CRM) dan merupakan volume terbesar dalam pemakaian pada tipe pelumasan. Minyak sawit merupakan minyak nabati alami yang digunakan untuk *roller* dingin. Minyak sawit dan substitute minyak sawit membutuhkan panas agar tidak membeku pada waktu digunakan dan membentuk emulsi dengan air sebelum disemprotkan ke *roller mill* melalui *nozzle*. Kemampuan emulsi (o/w) membasahi *roller* baja dan *strip* baja merupakan sifat yang terpenting (Booser, 1983).

Tabel 1. Standar *rolling oil* <sup>a</sup>

Jenis analisa	Nilai
Bilangan asam (mg NaOH/g)	8- 12
Bilangan Penyabunan (mg KOH/g)	190 - 200
Spesific gravity (50°C)	0.895 ± 0.01
Viskositas (50°C, cp)	28 - 38

<sup>a</sup> Ichikawa (1992)

Menurut Matsunaga (1978), karakteristik *rolling oil* yang baik adalah:

- Jumlah Bahan : Banyaknya minyak pelumas yang digunakan tergantung pada kecepatan *roller* dan beban *roller*, dan dengan makin tipis ketebalannya maka kebutuhan minyak pelumas makin besar
- Polaritas : Kemampuan minyak menyusup kedalam pori-pori plat baja selama proses *rolling*.
- Emulsifikasi : Sistem emulsi harus stabil dan tidak pecah selama pemakaian
- Kebersihan : Tidak menghasilkan noda pada plat yang dihasilkan selama dan sesudah proses *rolling*
- Mencegah karat : Dapat melindungi baja dari karat sesudah proses *rolling*
- Pendingin : Adanya air dapat mencegah kenaikan suhu selama proses *rolling* karena panas yang timbul akibat friksi.

## B. DAUR ULANG *ROLLING OIL*

*Roll Coolant Plant* (RCP) merupakan bagian dari unit *Tandem Cold Mill* (TCM), karena di dalam *Roll Coolant Plant* (RCP) ini *rolling oil* didaur ulang agar dapat digunakan kembali untuk proses penipisan baja, dan juga di tempat ini air diproses agar dapat digunakan sebagai *coolant* (Anonymous, 1960). Selama proses penipisan plat baja cara dingin, selalu timbul dua kejadian, yaitu peningkatan suhu pada *work roller*, *back up roller* dan plat baja, dan terjadinya gesekan antar *work roller* dengan permukaan plat.

Sistem penipisan plat baja dilakukan dengan menggunakan sepasang *work roller* dan sepasang *back up roller* yang berada dalam satu stand pada *tandem mill* dengan putaran yang cukup tinggi. *Rolling oil* yang sudah dipakai di stand 2,3,4, dan 5 kemudian dialirkan melalui pipa ke RCP (*Roll Coolant Plant*), yang merupakan unit untuk proses daur ulang *rolling oil* bekas. Di RCP terdapat *skimmer* yang berfungsi untuk memisahkan *rolling oil* bekas dari air, kemudian

disimpan dalam *skimming tank* yang dilengkapi dengan agitator, dan *heating mantel* (Anonymous, 1994).

Dari *skimming tank*, *rolling oil* dialirkan ke *first separator* dengan tipe tiga fase (minyak-air-endapan) yang berfungsi untuk memisahkan fraksi minyak, air dan endapan berupa lumpur. Hasil yang di dapat dari *skimmer* masih mengandung endapan, minyak, dan air tersebut harus dibuang karena akan mengganggu proses dan merusak mesin. Di dalam *first separator* terdapat satu alat sentrifugasi yang bekerja pada suhu sekitar  $90^{\circ}\text{C}$ . Hasil dari *first separator* ditampung dalam *first separator tank* yang berfungsi untuk menyimpan minyak (*separated oil*) yang dilengkapi dengan agitator dan *heating mantel* pemanas agar suhu minyak dapat dipertahankan pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  (Yang, 1980).

*Separated oil* tersebut dimasukkan kedalam *second separator* tipe dua fase (air-minyak), yang berfungsi sebagai pompa minyak ke dalam *recovery tank* sehingga diperoleh *recovered oil*. *Recovery tank* berfungsi untuk menyimpan *recovered oil* dan didalam tanki ini terdapat *heating mantel* agar suhu  $80^{\circ}\text{C}$  dapat dipertahankan.

*Metering pump* berfungsi untuk memompa *rolling oil* dan air ke tanki pencampur (*mixing tank*) pada perbandingan tertentu, dimana pada *mixing tank* terdapat agitator dan *heating mantel* untuk mempertahankan suhu  $80^{\circ}\text{C}$  dan akhirnya disemprotkan ke lima buah stand dengan menggunakan *feeding pump*. Masalah yang sering dihadapi pada pengerolan baja lembaran dingin adalah jika *rolling oil* yang disemprotkan terlalu banyak, maka akan terbentuk lapisan pada *strip* baja, dan akhirnya menguap serta meninggalkan noda setelah proses *annealing* (Anonymous, 1989). *Nozzle* di atas *work roller* akan mempengaruhi efisiensi *cooling* dan pelumasan. *Rolling oil* disemprotkan pada bagian atas dan bagian bawah *strip* yang bergerak diantara dua *roller*.



### C. KERUSAKAN MINYAK

Sifat-sifat dan daya tahan minyak terhadap kerusakan sangat tergantung pada komponen penyusunnya, terutama kandungan asam lemaknya (Djarmiko dan Wijadaja, 1984). Menurut Jacobs (1958), penyebab kerusakan pada struktur minyak dan komposisi minyak terutama disebabkan oleh hidrolisis, oksidasi, dan polimerisasi sehingga warna menjadi gelap, viskositas tinggi dan terbentuk polimer.

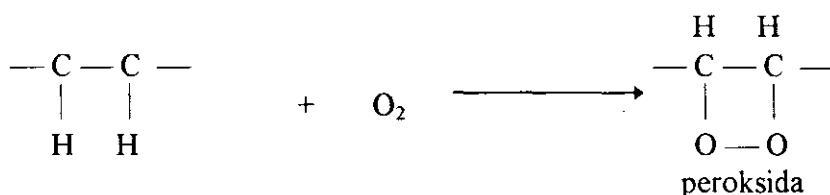
Menurut Djarmiko dan Ketaren (1985), kotoran atau bahan asing dalam minyak terdiri dari :

1. Komponen-komponen yang tidak larut dalam minyak atau lemak dan terdispersi dalam minyak. Kotoran ini terdiri dari jaringan-jaringan, serat, abu, mineral seperti Fe, Mg, Cu, Ca, getah, lendir, dan air. Kotoran ini dipisahkan dengan cara mekanis seperti penyaringan, pengendapan dan pemusingan.
2. Komponen-komponen yang berbentuk suspensi koloid dalam minyak atau lemak. Kotoran ini terdiri dari fosfatida, senyawa yang mengandung nitrogen dan senyawa kompleks lainnya. Kotoran ini dapat dihilangkan dengan menggunakan uap panas, elektrolisa disusul dengan proses pengendapan, pemusingan atau penyaringan dengan menggunakan adsorben.
3. Komponen-komponen yang dapat larut dalam minyak atau lemak. Kotoran ini terdiri dari asam lemak bebas, sterol, hidrokarbon, turunan dari mono dan digliserida yang dihasilkan dari hidrolisa trigliserida, zat warna lainnya yang dihasilkan dari proses oksidasi dan dekomposisi minyak yang terdiri dari keton, aldehid, dan resin serta zat warna lainnya yang belum dapat diidentifikasi.

Logam-logam berat terutama yang mempunyai valensi dua atau lebih, seperti Co, Cu, Fe, Mn, Ni, dan lainnya biasanya akan mempercepat oksida lemak, karena pada suhu dibawah 75°C katalis logam ikut membantu peroksida dalam menyerang molekul asam lemak yang masih utuh (Ketaren, 1986).

Air yang dikandung oleh minyak atau lemak dalam jumlah tertentu merupakan penyebab terjadinya reaksi hidrolisis yang akan menguraikan minyak atau lemak menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Kerusakan oksidatif disebabkan karena terjadinya penambahan molekul oksigen pada ikatan rangkap asam lemak tidak jenuh, membentuk peroksida yang labil. Peroksida ini akan berisomer dengan air membentuk series yang kompleks, terutama aldehid, keton, asam lemak yang berat molekulnya rendah (Jacobs, 1958).

Menurut Bailey (1950), pada tahap pertama proses oksidasi akan terbentuk peroksida yang merupakan senyawa kimia yang tidak stabil. Reaksi pembentukan peroksida dapat dijelaskan sebagai berikut:



Proses oksidasi merupakan penyebab kerusakan yang paling penting akibat adanya aksi oksigen udara terhadap lemak. Oksidasi oleh oksigen akan terjadi secara spontan jika bahan yang mengandung lemak dibiarkan kontak dengan udara. Kecepatan oksidasi ini tergantung pada tipe lemak dan kondisi penyimpanannya.

Senyawa peroksida yang terbentuk akibat oksidasi akan terurai menjadi senyawa dengan gugus karboksil, asam hidroksi dan polimer asam lemak akibat *partial oxidation* (Kummerow, 1962). Pemanasan dengan adanya oksigen pada suhu tinggi (*thermal oxidation*) akan mengakibatkan penurunan tingkat kejenuhan minyak sehingga akan mengakibatkan penurunan bilangan Iod minyak. Sebaliknya akan terjadi peningkatan jumlah asam konjugasi sampai kondisi maksimum dan akan menurun kembali (Johnson dan Kummerow, 1957).

#### D. PEMUCATAN *ROLLING OIL*

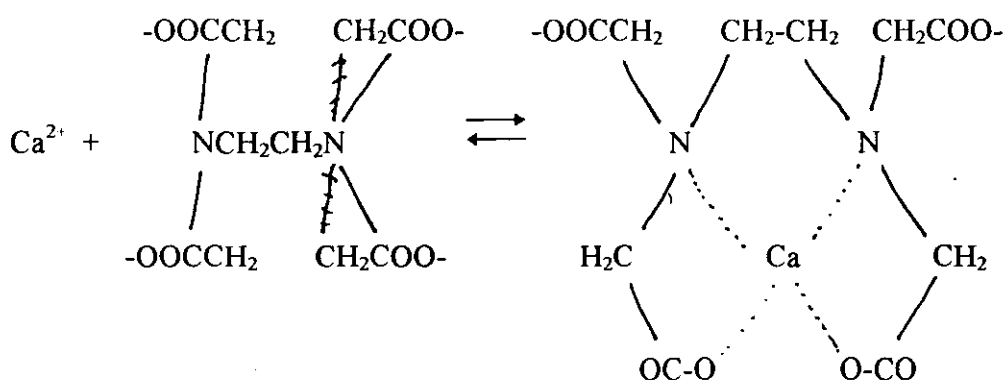
Pemurnian minyak bertujuan untuk memperbaiki kualitas minyak dengan jalan menghilangkan kotoran yang tidak diinginkan agar diperoleh minyak dengan karakteristik yang sesuai dengan keinginan konsumen (Mahatta, 1975). Tahap-tahap pemurnian minyak adalah perlakuan pendahuluan (*degumming*), disusul proses netralisasi dan pemucatan. Pemucatan adalah suatu tahap proses pemurnian untuk menghilangkan zat warna yang tidak disukai dalam minyak. Pemucatan ini dilakukan dengan mencampurkan sejumlah kecil adsorben, seperti tanah serap (*fuller earth*), lempung aktif (*bleaching clay*) dan arang aktif dan juga dapat dengan menggunakan bahan kimia (Ketaren, 1986).

Zat warna dalam minyak akan diserap oleh permukaan adsorben. Adsorben tersebut juga akan menyerap suspensi koloid (gum atau resin) serta hasil degradasi minyak seperti peroksida. Jumlah adsorben yang dibutuhkan untuk menghilangkan warna minyak tergantung dari macam dan tipe warna dalam minyak serta seberapa jauh warna tersebut akan dihilangkan (Ketaren, 1985).

Logam yang dapat menyebabkan minyak berwarna gelap, dapat dipisahkan dari minyak dengan penambahan bahan kimia yang dapat membentuk kompleks (*chelating agent*), misalnya asam tartarat, asam sitrat, asam oksalat, dan EDTA. Bahan pengikat yang digunakan biasanya berbentuk bubuk yang ditambahkan ke dalam minyak, selanjutnya diaduk beberapa menit dan didiamkan sampai terbentuk endapan.

Untuk memperoleh ikatan metal yang stabil, diperlukan ligand yang mampu membentuk cincin dengan 5-6 sudut dengan sebuah logam, misalnya ikatan antara EDTA dengan  $\text{Ca}^{2+}$ . Ion logam koordinasi dengan pasangan elektron dari atom nitrogen EDTA dan juga empat gugus karboksil yang terdapat dalam molekul EDTA. Reaksi pembentukan ion logam  $\text{Ca}^{2+}$  dengan EDTA dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Ikatan kompleks  $\text{Ca}^{2+}$  dengan EDTA (Lindsay di dalam Fennema, 1985)

### 1. Pemucatan Minyak dengan Menggunakan Senyawa Pembentuk Kompleks

Warna suatu substrat dapat dipucatkan atau dipudarkan dengan suatu bahan pemucat melalui proses fisik dan kimia. Proses ini melibatkan proses oksidasi, reduksi, atau adsorpsi, yang membuat sesuatu dengan benda berwarna atau kotor menjadi lebih mudah lepas dan mudah dihilangkan selama proses pemucatan. Pemucatan dapat pula melibatkan proses kimia yang mengubah kemampuan bagian molekul berwarna untuk menyerap cahaya, dengan mengubah derajat ketidakjenuhannya, atau melalui reaksi kimia yang dapat membentuk kompleks.

Senyawa pembentuk kompleks merupakan sejenis molekul organik atau inorganik ( yang disebut ligand), yang menyebabkan ion logam mempunyai lebih dari satu posisi, misalnya melalui dua atau lebih grup donor elektron dalam ligand. Senyawa pembentuk kompleks digolongkan menjadi dua, yaitu berdasarkan jumlah grup koordinasi gugus yang dihasilkan, dan jumlah cincin pengikat yang dapat dibentuk dengan ion logam (Kirk dan Othmer, 1965).

Penggunaan senyawa pembentuk kompleks sebagai penghambat aktivitas logam digunakan dalam mengurangi aktivitas ion-ion logam pengotor di dalam

produk, penghilangan ion-ion logam yang membentuk endapan yang tidak diinginkan. Bahan-bahan yang mempunyai sifat tersebut adalah asam sitrat, oksalat, tartarat, glukonat, asam etilen diamin tetra asetat (EDTA), asam nitro tri asetat (NTA), poliamin dan asam isoaskorbat.

Asam oksalat adalah asam yang paling sederhana dari asam dikarboksilat dengan rumus molekul  $(\text{COOH})_2$ , titik cair  $189,5^\circ\text{C}$ , berbau, higroskopis, putih (Hill, 1960). Asam oksalat anhidrous dapat menyublim dengan mudah pada suhu diatas  $100^\circ\text{C}$ ; kurang stabil pada suhu tinggi dan membusuk sebelum mencair pada suhu antara  $180 - 190^\circ\text{C}$ ; hasil pembusukan termasuk asam formiat, karbon monoksida, dan dioksida dan air.

Tabel 2. Spesifikasi asam oksalat <sup>b</sup>

Komponen	Kristal kasar (%)	Kristal Halus (%)
$(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	99,4	99,8
Uap bebas	0.50	0.10
Sulfat	sedikit	sedikit
Kotoran	sedikit	sedikit
Abu	0.10	0.10

<sup>b</sup> Kirk dan Othmer (1952)

## 2. Pemucatan Minyak dengan Menggunakan *Activated Clay* (Bentonit)

Istilah Bentonit pertama kali dipergunakan pada tahun 1898 oleh Knight untuk menyebut suatu bentukan partikular dengan sifat koloidal yang tinggi dan merupakan lempung plastik yang ditemukan di daerah dekat Fort Beton.

Bentonit mempunyai sifat mengembang yang unik untuk beberapa waktu jika dicampur dengan air dan dapat membentuk gel, tetapi jumlah bentonit yang seperti gel relatif sedikit (Grim, 1968). Menurut Kirk dan Othmer (1952), lempung bentonit terbentuk karena terjadinya alterasi abu vulkanik *in situ*. Sedangkan menurut Anonim (1987), cara terjadinya bentonit secara umum ada empat macam, yaitu karena pengaruh pelapukan, pengaruh hidrotermal, akibat transformasi yang diendapkan di dalam air dan proses pengendapan kimia dalam suasana basa (alkali) dan banyak komponen silikanya. Bentonit sebagian besar terdiri dari monmorilonit yang mempunyai rumus kimia  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Nama monmorilonit ini berasal dari jenis lempung plastik yang ditemukan di Monmorilon, Perancis pada tahun 1847 (Hill, 1960).

Lempung bentonit memiliki ciri-ciri mempunyai kilap lilin, umumnya lunak, plastis, berwarna pucat dengan penampakan putih, hijau muda, merah muda dalam keadaan segar dan menjadi krem bila lapuk yang kemudian berubah menjadi kuning, merah atau coklat serta hitam (Anonim, 1987). Menurut Grim (1968), warna bentonit beraneka macam mulai dari putih sampai abu-abu, kuning, hijau, biru dan hitam tetapi kebanyakan berwarna kuning atau hijau kekuningan.

Ciri-ciri lain dari lempung bentonit adalah jika diraba terasa licin seperti sabun, sedangkan kalau dimasukkan ke dalam air akan menghisap air tersebut sedikit atau banyak. Bila kena hujan bentonit berubah seperti bubur, sedangkan jika dikeringkan akan menimbulkan rekahan-rekahan yang nyata (Kirk dan Othmer, 1952).

Ada dua jenis bentonit, yaitu Na-bentonit dan Ca-Mg-bentonit. Na-bentonit mempunyai sifat mengembang jika dicelupkan dalam air sehingga terutama digunakan untuk lumpur pembilas dalam pemboran minyak, selain itu juga dapat digunakan dalam industri minyak sawit, industri kimia, farmasi sebagai penyumbat kebocoran bendungan dan kolam-kolam, pencampur semen, insektisida, sabun, dan sebagainya. Sedangkan Ca-Mg-bentonit umumnya

digunakan dalam industri pemurnian lilin, minyak kelapa, sebagai zat perekat pasir cetak dalam proses pengecoran baja, dalam industri kimia sebagai katalisator, zat pemutih, penyerap dan pengisi lateks, tinta cetak, dan sebagainya. Jenis Ca-Mg-bentonit ini dapat diaktifkan dengan memakai larutan asam sulfat (5 persen) dan asam klorida (5 persen) pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 2-4 jam (Anonim, 1987). Daya memucatkan warna alam (*natural decolorizing power*) bentonit sangat rendah, tetapi dapat ditingkatkan dengan perlakuan asam, sehingga menghasilkan bentonit aktif. Akan tetapi, tidak semua jenis bentonit dapat diaktifkan dengan cara tersebut diatas (Kirk dan Othmer, 1952).

Metoda umum untuk mengaktifkan bentonit adalah sebagai berikut: lempung kasar (kering atau tidak) dicampur dengan air membentuk suspensi dan ditambah asam mineral hidroklorik atau sulfat. Campuran tersebut dipanaskan sampai suhu mendekati  $100^{\circ}\text{C}$  selama beberapa jam kemudian ditambahkan air dingin dan dicuci dengan filter press atau oleh pengendapan sampai asam berlebih hampir keluar sama sekali. Jumlah asam yang digunakan, konsentrasinya, suhu perlakuan dan kadar pencucian adalah faktor yang menentukan kualitas produk akhir.



Tabel 3. Komposisi kimia Bentonit<sup>d</sup>

Kandungan	Asal Bentonit				
	a	b	c	d	e
SiO <sub>2</sub>	55.4	50.20	49.78	51.52	67.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.14	16.19	17.12	19.03	15.83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.67	4.13	2.95	1.98	0.88
FeO	0.30	-	-	-	-
MgO	2.49	4.12	3.71	3.08	1.29
CaO	0.50	2.18	0.90	0.16	2.64
K <sub>2</sub> O	0.60	0.16	0.27	0.36	-
Na <sub>2</sub> O	2.75	0.17	1.27	1.17	-
TiO <sub>2</sub>	0.10	0.20	0.66	-	-

<sup>d</sup> Kirk dan Othmer (1952)

Ket : - Tidak terdeteksi

<sup>a</sup> Upton, Wyoming<sup>d</sup> Marnia, Algeria<sup>b</sup> Polkville, Mississpi<sup>e</sup> Ponza, Italy<sup>c</sup> Taourirt, Morocco

### III. BAHAN DAN METODA

#### A. BAHAN DAN ALAT

##### 1. Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *rolling oil* bekas hasil proses daur ulang unit RCP (*Roll Coolant Plant*) di PT Krakatau Steel yang digunakan untuk proses penipisan baja cara dingin (*Cold Rolling of Steel*). *Rolling oil* ini terbuat dari CPO (*Crude Palm Oil*) yang telah dimodifikasi (*modified CPO*). *Rolling oil* ini sebelum disemprotkan ke *roller* dan baja dicampur terlebih dahulu dengan air yang kemudian ditambah emulsifier sebagai zat pengaktif, karena air dan minyak cenderung berpisah.

##### 2. Bahan Kimia

Bahan kimia yang digunakan dalam proses pemucatan adalah asam oksalat, asam tartarat, asam sitrat, arang aktif, dan bentonit teknis. Selain itu juga digunakan bahan-bahan kimia untuk analisis sifat kimia bahan.

##### 3. Alat

Alat yang dibutuhkan meliputi peralatan untuk proses pemucatan yang terdiri dari erlenmeyer, gelas piala, gelas ukur, penyaring vakum, timbangan, termometer, saringan, dan *hot plate*, dan strirer, sedangkan untuk analisis sifat fisiko kimia menggunakan buret, pengaduk, pipet, pendingin tegak, gelas ukur, erlenmeyer, penangas air, gelas ukur, gelas piala, dan corong pemisah, kromtogram, Spectronic 20.



## B. METODE PENELITIAN

### 1. Penelitian Pendahuluan

Sebelum melakukan analisis, bahan baku diambil terlebih dahulu di PT Krakatau Steel dengan priode pengambilan selama 3 periode dan masing-masing periode diambil pada awal dan akhir pemakaian di pabrik. Periode pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Periode pengambilan sampel

Periode	Tahap Awal	Tahap akhir
I	22 Mei 1995	29 Mei 1995
II	5 Juni 1995	12 Juni 1995
III	22 Juni 1995	27 Juni 1995

Setelah itu dilakukan karakterisasi sifat fisiko kimia *rolling oil* bekas. Analisis yang dilakukan adalah kadar abu, bilangan penyabunan (AOAC, 1984), bilangan asam (Jacobs, 1958), bilangan Iod (AOAC, 1984), bilangan peroksida (AOAC, 1984), bahan tak tersabunkan AOAC di dalam Bernardini, 1983), bobot jenis, viskositas, % transmisi dengan Spectronic 20, jenis dan jumlah asam lemak dan trigliserida dengan kromatografi gas, dan analisis kandungan logam dalam minyak.

Karena *rolling oil* bekas tersebut masih mengandung sludge dan air, walaupun hanya sekitar 2-3 persen tapi akan mempengaruhi sifat *rolling oil*, maka *rolling oil* bekas itu disentrifugasi. Pada penelitian pendahuluan ini dicari waktu, suhu pemanasan *rolling oil* (suhu sentrifugasi tidak dapat diukur karena jenis alatnya hanya mempunyai pengatur suhu sampai 40°C ), dan kecepatan sentrifugasi yang menghasilkan rendemen *rolling oil* terbesar.

Waktu sentrifugasi yang dilakukan adalah 20 menit, 30 menit, 40 menit, dan 50 menit. Sementara suhu pemanasan *rolling oil* yang dilakukan adalah suhu ruang 25° C, 50°C, 70 °C. Dan 90°C. Dan untuk kecepatan sentrifugasi yang dilakukan adalah 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm.

Setelah dianalisis, *rolling oil* disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 30 menit, setelah itu minyak tersebut dikarakterisasi kembali. Dipilih salah satu periode pengambilan sampel yang memiliki nilai karakter terburuk untuk dipakai pada penelitian utama.

## 2. Penelitian Utama

Pada penelitian utama dilakukan proses pemucatan dengan menggunakan bentonit dan asam oksalat sebagai senyawa pembentuk kompleks. Tahap pertama dilakukan pemanasan *rolling oil* untuk menurunkan kadar air dan meningkatkan daya adsorbansi senyawa pemucat. Setelah suhu mencapai 80 - 85°C, ditambahkan bentonit, asam oksalat, dan campuran keduanya lalu dibiarkan selama 15-20 menit pengadukan dengan menggunakan *stirer*. Setelah itu dilakukan penyaringan dengan menggunakan penyaring vakum dan corong buchner. Lalu dilakukan analisis kembali terhadap minyak yang telah dipucatkan (*bleached oil*). Diagram alir penelitian selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.

## 3. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan 2 kali ulangan.

Perlakuan yang diberikan dalam percobaan ini adalah : Terdiri dari 2 blok yang merupakan *rolling oil* bekas hasil *stripping* tanggal 22 Juni 1995 ( $K_1$ ) dan tanggal 27 Juni 1995 ( $K_2$ ).



- a. Penambahan asam oksalat (O) dengan 4 konsentrasi yang dihitung berdasarkan b/b, yaitu:

$$O_1 = 0,00 \text{ persen}$$

$$O_2 = 0,25 \text{ persen}$$

$$O_3 = 0,50 \text{ persen}$$

$$O_4 = 0,75 \text{ persen}$$

- b. Penambahan bentonit (B) dengan 4 konsentrasi yang dihitung berdasarkan b/b, yaitu:

$$B_1 = 0,0 \text{ persen}$$

$$B_2 = 0,5 \text{ persen}$$

$$B_3 = 1,5 \text{ persen}$$

$$B_4 = 2,5 \text{ persen}$$

Dengan rumus sebagai berikut:

$$Y_{ijkl} = \mu + K_i + O_j + B_k + OB_{jk} + \epsilon_{l(ijk)}$$

dimana:

$Y_{ijkl}$  = variabel respon jenis sampel (K) ke-i yang dipakai karena pengaruh taraf ke-k faktor B

$\mu$  = nilai tengah pengamatan

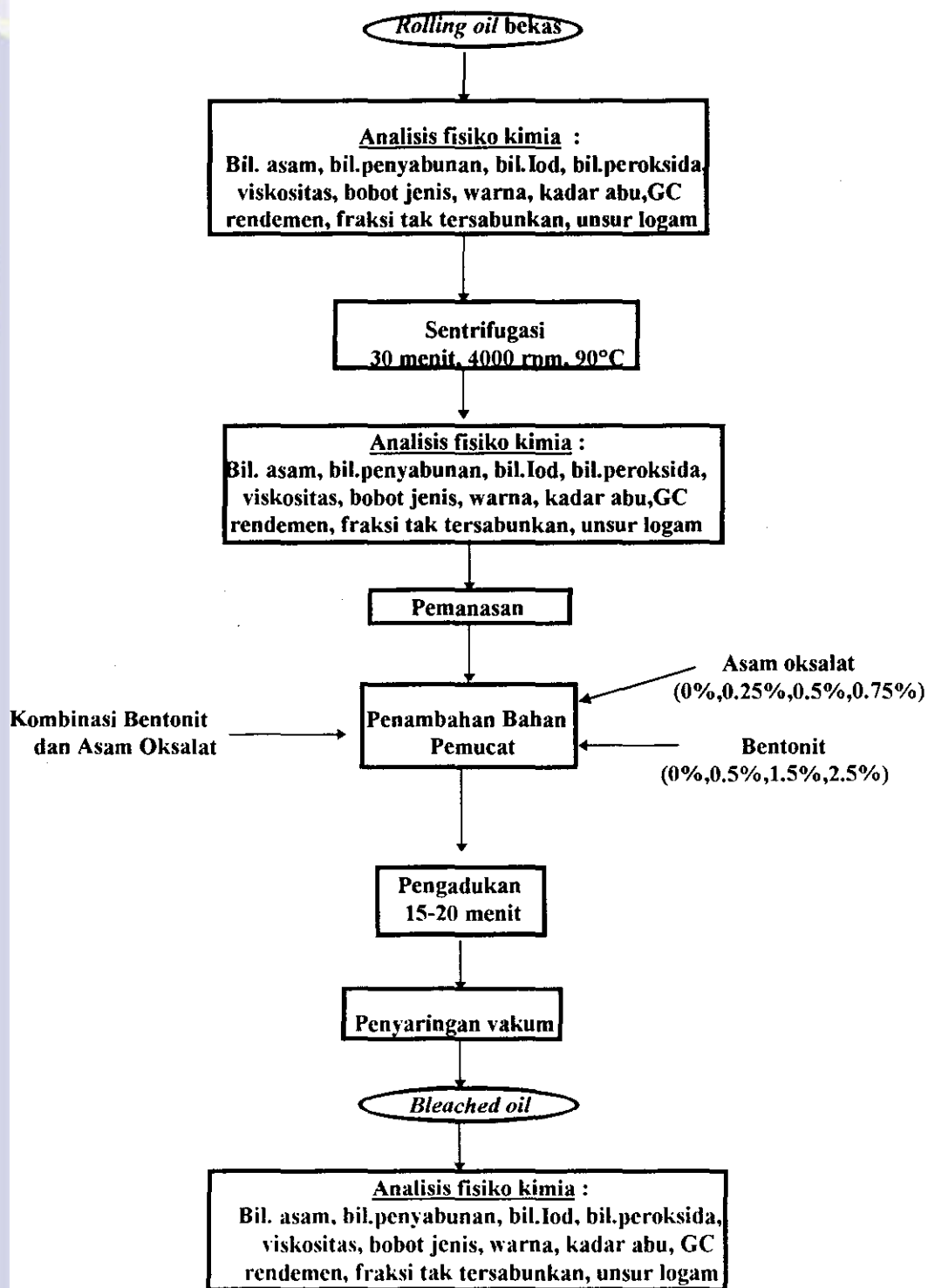
$B_k$  = efek taraf ke-k faktor B

$O_j$  = efek taraf ke-j faktor O

$K_i$  = jenis kelompok minyak

$\epsilon_{l(ijk)}$  = efek unit eksperimen ke-l karena kombinasi perlakuan (ijk)

$OB_{jk}$  = interaksi efek taraf ke-j faktor O dengan efek taraf ke-k faktor B



Gambar 2. Diagram alir Proses Pemucatan *Rolling Oil* bekas

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. PENELITIAN PENDAHULUAN

#### 1. Bahan Baku

Pada penelitian pendahuluan dilakukan karakterisasi *rolling oil* segar dan *rolling oil* bekas dari 3 periode yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Setelah itu dipilih periode dengan karakteristik minyak terburuk untuk dijadikan sampel pada penelitian utama dan nilainya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Karakterisasi *Rolling oil* Segar dan *Rolling oil* Bekas

Jenis Analisis	<i>Rolling oil</i> segar	<i>Rolling oil</i> Bekas	
		Awal	Akhir
Bilangan Asam (mg NaOH/g)	4.30	3.19	2.91
Bilangan Penyabunan (mg KOH/g)	197.00	167.05	134.83
Bilangan Iod (g I <sub>2</sub> / 100 g)	53.27	48.97	56.28
Bilangan Peroksida (mg I <sub>2</sub> /100 g)	7.50	2.73	2.50
Kadar Abu (ppm)	0.00	815.00	0.00
Bobot Jenis	0.9550	0.9218	0.9269
Viskositas (50°C, cp)	36.00	35.00	33.00
Warna (% transmisi)	88.80	70.00	57.00
Fraksi Tak Tersabunkan (%)	3.60	14.12	5.05

Dari hasil analisis pada Tabel 5 terlihat bahwa terdapat perbedaan antara *rolling oil* bekas dengan *rolling oil* segar yang cukup besar. Bilangan asam, bilangan penyabunan, viskositas, bilangan peroksida, bobot jenis, dan (% transmisi) *rolling oil* segar lebih besar dibanding dengan *rolling oil* bekas.

Sedangkan fraksi tak tersabunkan, kadar abu, dan bilangan Iod *rolling oil* segar lebih kecil dibanding dengan *rolling oil* bekas. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan selama pemakaian *rolling oil*.

Bilangan asam pada *rolling oil* bekas (3.19 dan 2.91) pada periode awal dan akhir lebih rendah dibanding *rolling oil* segar (4.30). Hal ini disebabkan karena selama proses stripping menggunakan suhu tinggi sehingga atom-atom  $C<14$  menguap karena terdegradasi dan juga karena asam-asam yang ada pada *rolling oil* larut bersama air.

Sementara nilai bilangan asam antara awal proses dengan akhir proses mengalami penurunan di akhir proses. Hal ini berarti bahwa pemakaian *rolling oil* bekas berulang-ulang akan merusak minyak dan pada akhirnya akan merusak plat baja. Perbedaan ini terjadi karena pada awal proses, *rolling oil* bekas ini baru dipakai satu shift (sekitar 8 jam), sedangkan pada akhir proses telah dipakai lebih dari 8 jam.

Bilangan penyabunan *rolling oil* bekas lebih rendah baik pada awal dan akhir proses (167.05 dan 134.83) dibanding dengan *rolling oil* segar (197.00). Hal ini disebabkan berkurangnya fraksi tersabunkan seperti lipid, lilin, fosfat amina dan alkohol baik selama proses penipisan baja maupun selama daur ulang dengan separator. Hal ini juga disebabkan karena pembentukan polimer dari rantai asam lemak dari minyak karena terjadi proses pemanasan sehingga membentuk polimer yang berbobot molekul tinggi. Nilai bilangan penyabunan antara awal proses dan akhir proses juga mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa pemakaian berulang-ulang juga akan merusak minyak.

Nilai bilangan peroksida *rolling oil* bekas pada awal dan akhir proses (2.73 dan 2.50) lebih rendah dibanding dengan *rolling oil* segar (7.50). Bilangan peroksida menunjukkan jumlah asam lemak tidak jenuh yang mengikat oksigen. Bilangan peroksida ini penting dalam menentukan derajat kerusakan, dimana bilangan peroksida menunjukkan tahap awal dari proses oksidasi minyak dan lemak. Dengan terjadinya penurunan bilangan peroksida ini menunjukkan bahwa

*rolling oil* bekas telah mengalami kerusakan karena pengaruh suhu tinggi pada waktu proses penipisan baja dan proses daur ulang. Nilai bilangan peroksida antara awal proses dan akhir proses juga mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa pada akhir proses *rolling oil* lebih rusak daripada awal proses karena pemakaian berulang-ulang pada suhu tinggi.

Nilai bilangan Iod *rolling oil* bekas pada awal proses (48.97) lebih rendah dibanding *rolling oil* segar (53,27) dan lebih tinggi dibanding *rolling oil* segar pada akhir proses (56.28). Bilangan Iod menunjukkan banyaknya ikatan rangkap pada trigliserida. Bilangan Iod yang tinggi menunjukkan banyak ikatan rangkap yang terdapat pada trigliserida, sedangkan bilangan Iod yang rendah menunjukkan hanya sedikit ikatan rangkap pada trigliserida. Penurunan bilangan Iod pada *rolling oil* bekas ini disebabkan karena pada proses penipisan baja terjadi pada kondisi terbuka sehingga memungkinkan terjadinya reaksi oksidasi pada ikatan rangkap dari asam lemak. Akibat reaksi ini jumlah ikatan rangkap yang dapat diadisi oleh iod berkurang. Selain itu penurunan bilangan Iod disebabkan karena pemanasan pada suhu tinggi pada waktu proses penipisan baja yang mengakibatkan penurunan tingkat kejenuhan minyak. Bilangan Iod yang rendah pada *rolling oil* bekas ini menunjukkan banyaknya kandungan senyawa lain non minyak dalam contoh. Senyawa lain tersebut berupa asam lemak bebas, polimer, senyawa peroksida, dll.

Nilai bobot jenis *rolling oil* bekas pada awal dan akhir proses (0.9218 dan 0.9269) lebih rendah dibanding *rolling oil* segar (0.9550). Hal ini disebabkan karena adanya air yang ikut bercampur pada waktu penipisan baja (emulsi o/w ) sehingga menurunkan tingkat kekentalan *rolling oil*. Nilai viskositas *rolling oil* bekas pada awal proses dan akhir proses lebih rendah (35.00 cp dan 33.00 cp) dibanding *rolling oil* segar (36.00 cp).

Penurunan ini disebabkan karena pemakaian suhu tinggi pada proses penipisan baja dan juga karena *rolling oil* bekas ini telah terbentuk emulsi

(Matsunaga, 1978). Kenaikan suhu pada proses penipisan baja akan menyebabkan jarak antara partikel bertambah besar sehingga viskositas akan turun nilainya.

Nilai warna *rolling oil* bekas pada awal proses dan akhir proses lebih rendah (70.00 % dan 57.00 %) dibanding *rolling oil* segar (88.80 %). Hal ini menunjukkan bahwa selama proses penipisan baja *rolling oil* membawa logam-logam seperti Fe, Cu, dan Mn yang dapat menyebabkan warna minyak menjadi gelap. Selain itu juga karena pada waktu proses penipisan baja menggunakan suhu tinggi sehingga akan mengoksidasi minyak tersebut.

Nilai kadar abu *rolling oil* bekas cenderung lebih tinggi (815.00 dan 0.00 ppm) dibanding dengan *rolling oil* segar (0.00 ppm). Hal ini disebabkan karena pada waktu proses penipisan baja, *rolling oil* membawa bahan-bahan logam hasil pengerolan, dimana jenis logam yang ada antara lain Fe, Cr, dll. Nilai kadar abu yang tinggi pada *rolling oil* tidak dikehendaki karena akan merusak plat baja.

Nilai fraksi tak tersabunkan *rolling oil* bekas awal dan akhir proses lebih tinggi (14.12 dan 5.05) dibanding dengan *rolling oil* segar (3.60). Hal ini disebabkan karena pada *rolling oil* bekas mengandung produk degradasi dan terjadi proses polimerisasi termal. Selain itu, kenaikan fraksi tak tersabunkan dikarenakan adanya senyawa non minyak seperti logam-logam yang ikut dengan *rolling oil*.

Tabel 6. Hasil Karakterisasi unsur logam *Rolling oil* segar dan *Rolling oil* bekas

Jenis Logam	Kadar Unsur Mineral (ppm)	
	<i>Rolling oil</i> segar	<i>Rolling oil</i> Bekas
P	3900	2350
Fe	-	225.00
Mn	76.00	47.40
Mg	1.60	3.50
Zn	0.02	15.50
N- Total	473	-
Na	-	-
Ca	18.70	15.40

Keterangan : - Tidak terdeteksi



Nilai kandungan logam P, Mn, dan Ca pada *rolling oil* bekas lebih rendah dibanding dengan *rolling oil* segar. Hal ini disebabkan karena unsur-unsur ini merupakan unsur dari senyawa additive yang terdapat dalam *rolling oil* dan menurun karena telah dipakai pada proses penipisan sehingga sifat additivenya telah berkurang.

Nilai kandungan logam Fe, Cr, Mg, dan Zn pada *rolling oil* bekas lebih tinggi dibanding dengan *rolling oil* segar, terutama unsur logam Fe dan Cr yang semula tidak terdapat pada *rolling oil* segar. Hal ini merupakan akibat peristiwa abrasi plat logam selama proses penipisan baja sehingga terdapat unsur besi dan krom dalam *rolling oil* serta meningkatnya unsur logam Mg dan Zn.

## 2. Sentrifugasi

Hasil percobaan sentrifugasi dengan beberapa macam perlakuan sehingga mendapatkan rendemen terbesar dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Rendemen dengan Beberapa Perlakuan Sentrifugasi

Lama sentrifugasi (menit)	Kec. sentrifugasi (rpm)	Suhu (°C)	Rendemen (%)
30	2000	90	68.5
30	3000	25	61.5
30	3000	50	68.0
30	3000	90	70.2
30	4000	70	75.0
40	4000	70	67.0
50	4000	90	55.0
30	4000	90	80.2

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa waktu sentrifugasi yang terbaik adalah 30 menit, dan suhu pemanasan *rolling oil* yang terbaik adalah 90°C, sedangkan kecepatan sentrifugasi yang terbaik adalah 4000 rpm.

Setelah disentrifugasi, sampel tersebut kemudian dianalisa sifat fisiko kimianya seperti yang ada pada Tabel 8. Hasil analisa ini dijadikan parameter untuk hasil pemucatan (OIBI).

Tabel 8. Hasil Karakterisasi *Rolling oil* Bekas sebelum dan sesudah disentrifugasi

Jenis Analisis	Sebelum sentrifugasi		Setelah sentrifugasi	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Bilangan Asam (mg NaOH/g)	3.19	2.91	2.28	2.91
Bilangan Penyabunan (mg KOH/g)	167.05	134.83	170.16	183.37
Bilangan Iod (g I <sub>2</sub> / 100 g)	48.97	56.28	54.20	54.21
Bilangan Peroksida (mg I <sub>2</sub> / 100 g)	2.73	2.50	3.35	4.06
Kadar Abu (ppm)	815.00	0.00	6.00	8.00
Bobot Jenis	0.9218	0.9269	0.9373	0.9186
Viskositas (50°C, cp)	35.00	33.00	40.00	43.00
Warna (% transmisi)	70.00	57.00	73.00	70.00
Fraksi Tak Tersabunkan (%)	14.12	5.05	11.32	9.96

Selama proses sentrifugasi, asam lemak bebas yang larut dalam air dan sludge dalam minyak ikut terbuang. Hal ini menyebabkan nilai bilangan asam cenderung turun, nilai bilangan penyabunan sesudah sentrifugasi mengalami kenaikan, nilai bilangan peroksida setelah sentrifugasi mengalami kenaikan, nilai bilangan Iod setelah sentrifugasi cenderung naik, nilai kadar abu sesudah sentrifugasi cenderung turun, nilai bobot jenis sesudah sentrifugasi cenderung mengalami kenaikan, nilai viskositas *rolling oil* sesudah sentrifugasi lebih tinggi, nilai warna (% transmisi) *rolling oil* sesudah sentrifugasi lebih tinggi

Nilai fraksi tak tersabunkan sesudah sentrifugasi cenderung turun (11.32 dan 9.96) dibanding dengan sebelumnya (14.11 dan 5.05). Hal ini disebabkan karena



senyawa organologam yang ada pada *rolling oil* telah terbuang sebagian bersama sludge.

Tabel 9. Hasil Karakterisasi unsur logam *rolling oil* bekas sebelum dan sesudah sentrifugasi

Jenis logam	Sebelum sentrifugasi (ppm)	Setelah sentrifugasi (ppm)
P	2350.00	17.08
Fe	225.00	43.52
Mn	47.40	-
Mg	3.50	2.15
Cr	7840.00	-
Zn	15.50	4.41
N-Total	517.00	-
Na	-	-
Ca	15.40	49.36

Keterangan : - Tidak terdeteksi

Nilai unsur logam *rolling oil* setelah sentrifugasi cenderung mengalami penurunan dibanding sebelumnya. Hal ini disebabkan terbuangnya sludge dan air yang mengandung unsur logam pada waktu sentrifugasi.

### 3. Jenis Bahan Pemucat

Setelah dianalisis, kemudian ditentukan bahan pemucat yang akan digunakan dengan mencoba beberapa jenis bahan pemucat, yaitu arang aktif, bentonit, asam sitrat, asam tartarat, dan asam oksalat teknis..

Masing-masing bahan pemucat dilakukan dengan konsentrasi yang sama dan dimasukkan kedalam minyak setelah dipanaskan sampai suhu 80°C dengan menggunakan pemanas listrik yang dilengkapi dengan magnetik stirer. Setelah dimasukkan kedalam minyak dan diaduk selama 15-20 menit, minyak tersebut disaring dengan penyaring vakuum dan kertas saring Whatman 40. Penyaringan dilakukan dua kali agar hasil yang didapatkan maksimal. Setelah itu dilakukan uji

kejernihan dengan menggunakan Spectronic 20 dan panjang gelombang 520 nm. Sampel diambil sebanyak 1 ml dan ditambahkan heksana sebanyak 9 ml (pengenceran 10 kali), kemudian dimasukkan kedalam spektrofotometer dan dibaca nilai persen transmisinya.

Tabel 10. Nilai Transmisi Minyak yang dipucatkan dengan beberapa jenis Bahan pemucat

Jenis Bahan Pemucat	Dosis (%)	Warna Minyak (% transmisi)
Kontrol		57
Arang Aktif	1	76
Bentonit	1	73
Asam Oksalat	1	81
Asam Sitrat	1	79
Asam Tartarat	1	78

Dari Tabel 10 dapat dilihat bahwa hasil transmisi yang terbaik dari ketiga jenis asam adalah asam oksalat. Sedangkan hasil transmisi antara arang aktif dan bentonit nilainya tidak terlalu jauh walaupun hasil arang aktif lebih baik dari hasil bentonit, tapi harga arang aktif 10 kali harga bentonit maka yang dipakai untuk proses pemucatan adalah bentonit dan asam oksalat serta campuran asam oksalat dengan bentonit.

## B. PENELITIAN UTAMA

### 1. Bilangan Asam

Bilangan asam adalah parameter yang digunakan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas yang terbentuk akibat peristiwa hidrolisis dari gliserida. Nilai rata-rata bilangan asam pada periode awal adalah 3.49 dengan kisaran antara 3.14-4.52 dan pada periode akhir 3.82 dengan kisaran antara 3.14-5.82.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai tertinggi terjadi pada perlakuan dengan menggunakan asam oksalat 0.75 persen (O4B1) baik untuk periode awal maupun periode akhir (yaitu 4.52 dan 5.82). Nilai terendah untuk bilangan asam pada periode awal terjadi pada perlakuan bentonit 1.50 persen (O1B3) yaitu 3.14, sedangkan periode akhir terjadi pada perlakuan bentonit 2.50 persen (O1B4) yaitu 3.14. Nilai bilangan asam minyak mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan kontrol (O1B1).

Hasil Analisa Sidik Ragam (Lampiran 4a) menunjukkan bahwa antara blok berpengaruh nyata, demikian pula dengan perlakuan berbagai macam konsentrasi oksalat, bentonit dan interaksi antara oksalat dan bentonit.

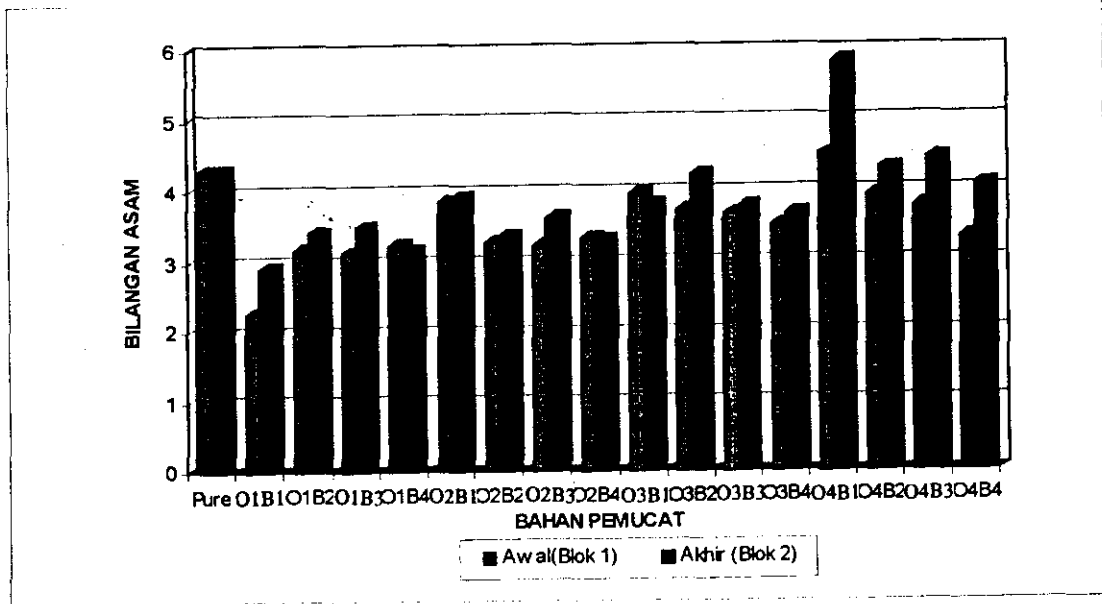
Uji lanjut Duncan untuk perlakuan dengan menggunakan asam oksalat terlihat berbeda nyata antar masing-masing konsentrasi. Bilangan Asam *rolling oil* kontrol (O1) memiliki nilai terendah dibandingkan dengan penambahan asam oksalat. Bilangan asam cenderung meningkat dengan bertambahnya konsentrasi asam oksalat. Hal ini disebabkan karena asam oksalat merupakan jenis pemucat yang mengandung dihidrat (sekitar 99 persen) yang biasanya dibentuk menjadi asam, sehingga jika digunakan sebagai bahan pemucat akan menaikkan kandungan asam (bilangan asam). Selain itu juga karena asam oksalat merupakan katalis dalam proses hidrolisis sehingga akan meningkatkan bilangan asam.

Sementara uji lanjut Duncan untuk perlakuan bentonit terlihat bahwa antara konsentrasi 0.50, dan 1.50 persen tidak berbeda nyata sedangkan antara

konsentrasi 0.00 dan 2.50 persen berbeda nyata. Nilai Bilangan asam tertinggi terdapat pada kontrol (B1) dan terendah terjadi pada penambahan bentonit 2.50 persen. Pada uji lanjut Duncan ini terlihat bahwa makin tinggi konsentrasi bentonit, maka nilai bilangan asamnya makin rendah.

Sedangkan bilangan asam cenderung menurun dengan bertambahnya konsentrasi bentonit. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan air dalam bentonit sehingga menurunkan bilangan asam. Nilai bilangan asam tahap akhir lebih tinggi dibanding tahap awal baik sebelum maupun sesudah pemucatan. Hal ini disebabkan karena pemakaian berulang kali pada proses canai dingin sehingga menyebabkan proses hidrolisis pada minyak.

Nilai bilangan asam dengan penambahan asam oksalat yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.75 % (O4), sedangkan penambahan bentonit yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan bentonit 1.5 % (B3), dan penambahan keduanya yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.75 persen dan bentonit 0.50 persen pada akhir proses.



Gambar 3. Histogram Pengaruh Bahan Pemucat dengan Bilangan Asam

## 2. Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan digunakan untuk mengukur fraksi yang tersabunkan didalam minyak. Nilai rata-rata bilangan penyabunan pada periode awal adalah 179.33 dengan kisaran antara 177.27-183.76 dan pada periode akhir adalah 195.92 dengan kisaran antara 193.45-200.32.

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai tertinggi bilangan penyabunan pada periode awal pada perlakuan bentonit 1.5 persen (O1B3) yaitu 183.76 dan pada blok kedua terjadi dengan perlakuan asam oksalat 0.25 persen (O2B1) yaitu 200.32.

Nilai terendah pada periode awal terjadi pada perlakuan bentonit 0.5 persen (O1B2) yaitu 171.40, dan untuk periode akhir terjadi dengan perlakuan asam oksalat 0.25 persen dengan bentonit 2.5 persen (O2B4) yaitu 193.45.

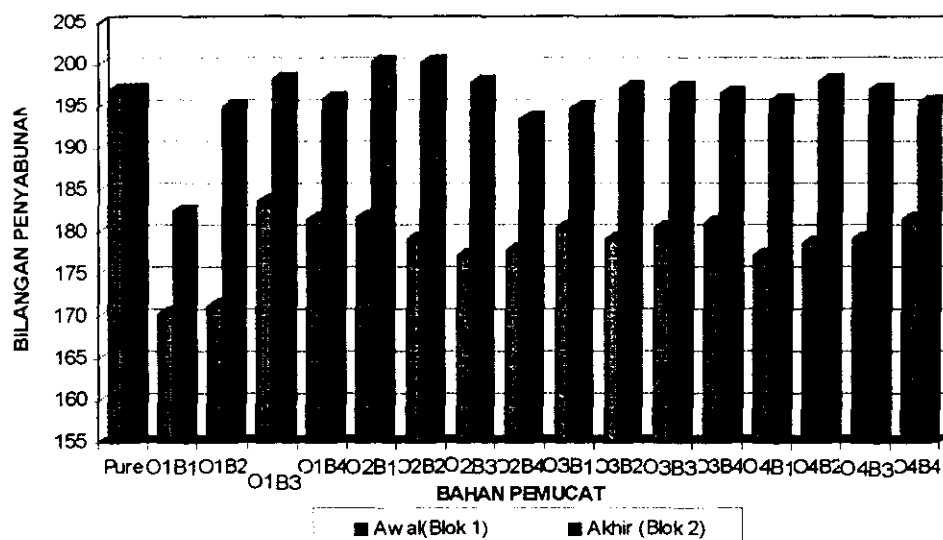
Hasil Analisa Sidik Ragam (Lampiran 5a) dapat dilihat bahwa antara blok berpengaruh nyata, demikian pula menggunakan asam oksalat, bentonit, dan interaksi antara asam oksalat dengan bentonit.

Pada uji lanjut Duncan terlihat bahwa antara konsentrasi 0.25 (O2), 0.5 (O3), dan 0.75 persen (O4) tidak berbeda nyata, kecuali dengan perlakuan 0 persen (O1). Nilai Bilangan penyabunan dengan perlakuan asam oksalat 0.25 persen (O2) lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi 0.5 persen (O3) dan konsentrasi 0.75 persen (O4).

Tapi kontrol (O1) memiliki nilai terendah. Untuk uji lanjut Duncan untuk perlakuan bentonit dapat dilihat antara konsentrasi 0.5 (B3), dan 2.5 persen (B4) tidak berbeda nyata, sedangkan antara konsentrasi 0 (B1) dan 1.5 persen (B3) berbeda nyata. Nilai bilangan penyabunan dengan perlakuan bentonit 2.5 persen (B4) lebih rendah dibanding dengan konsentrasi 1.5 persen (B3) tapi lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi 0.5 persen (B2) dan kontrol (B1).

Nilai bilangan penyabunan cenderung meningkat dengan bertambahnya konsentrasi bentonit. Hal ini disebabkan karena senyawa-senyawa polimer yang terdapat pada minyak terserap oleh bentonit sehingga fraksi tersabunkan menjadi tinggi.





Gambar 4. Histogram Pengaruh Bahan Pemucat dengan Bilangan Penyabunan

Nilai bilangan penyabunan dengan penambahan asam oksalat yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.25 % (O2), sedangkan penambahan bentonit yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan bentonit 1.5 % (B3), dan penambahan keduanya yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.5 persen dan bentonit 0.5 persen (197.12).

### 3. Bilangan Peroksida

Bilangan peroksida menunjukkan jumlah asam lemak tidak jenuh yang mengikat oksigen. Bilangan peroksida ini penting dalam menentukan derajat kerusakan minyak, dimana bilangan peroksida menunjukkan tahap awal dari proses oksidasi minyak dan lemak.

Nilai rata-rata bilangan peroksida pada periode awal adalah 2.21 dengan kisaran antara 1.34-3.48 dan pada periode akhir adalah 2.30 dengan kisaran

antara 1.07-3.27. Nilai terendah pada periode awal terjadi pada perlakuan asam oksalat 0.75 persen (O4B1) yaitu 1.34, dan pada periode akhir terjadi pada perlakuan bentonit 1.5 persen (O1B3) yaitu 1.07.

Hasil Analisa Sidik Ragam (Lampiran 6a) menunjukkan bahwa interaksi antara bentonit dengan asam oksalat berbeda nyata, sedangkan antara periode awal dengan periode akhir dan perlakuan masing-masing bentonit dan asam oksalat tidak berbeda nyata.

Nilai bilangan peroksida dengan penambahan asam oksalat yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.75 % (O4), sedangkan penambahan bentonit yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan bentonit 1.5 % (B3), dan penambahan keduanya yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.75 persen dan bentonit 0.5 persen (O4B2).

#### 4. Bilangan Iod

Bilangan Iod menunjukkan banyaknya ikatan tak jenuh (rangkap) dari asam lemak di dalam minyak. Nilai rata-rata bilangan Iod pada periode awal adalah 47.85 dengan kisaran antara 44.38-50.21 dan pada periode akhir adalah 52.21 dengan kisaran antara 47.38-54.28.

Nilai terendah pada periode awal terjadi pada perlakuan bentonit 2.5 persen (O1B4) yaitu 44.38, dan pada periode akhir terjadi pada perlakuan asam oksalat 0.75 persen (O4B1) yaitu 47.38.

Hasil Analisa Sidik Ragam (Lampiran 7a) menunjukkan bahwa antara blok berpengaruh nyata, sedangkan perlakuan dengan menggunakan asam oksalat, bentonit dan interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata. Hal ini berarti bahwa asam oksalat dan bentonit tidak menstimulir reaksi-reaksi terhadap ikatan rangkap.

Nilai bilangan Iod dengan penambahan asam oksalat yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.50 % (O3), sedangkan penambahan bentonit yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan bentonit 0.5 % (B2), dan penambahan keduanya yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.75 persen dan bentonit 2.5 persen (O4B4).

## 5. Bobot Jenis

Nilai rata-rata bobot jenis pada periode awal adalah 0.9157 dengan kisaran antara 0.9116-0.9179 dan pada periode akhir adalah 0.9160 dengan kisaran antara 0.9128-0.9194. Nilai terendah pada periode awal terjadi pada perlakuan bentonit 0.5 persen (O1B2) yaitu 0.9116, dan pada periode akhir terjadi pada perlakuan asam oksalat 0.25 persen dan bentonit 1.5 persen (O2B3) yaitu 0.9128.

Hasil Analisa Sidik Ragam (Lampiran 9a) dapat dilihat bahwa baik antara periode awal dengan blok kedua, perlakuan bentonit, asam oksalat dan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata. Hal ini berarti bahwa nilai bobot jenis relatif sama dan berarti bahwa jumlah senyawa yang hilang akibat peristiwa pemucatan relatif sama.

Nilai bobot jenis dengan penambahan asam oksalat yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.75 % (O4), sedangkan penambahan bentonit yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan bentonit 0.5 % (B2), dan penambahan keduanya yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.5 persen dan bentonit 2.5 persen (O2B4).



## 6. Viskositas

Nilai rata-rata viskositas pada periode awal adalah 30.18 cp dengan kisaran antara 27-32 cp dan pada periode akhir adalah 30.74 cp dengan kisaran antara 25.00-38.00 cp. Nilai terendah pada periode awal terjadi pada perlakuan bentonit 2.5 persen (O1B4) dan asam oksalat 0.75 persen dan bentonit 0.5 persen (O4B2) yaitu 27.00 cp, dan periode akhir terjadi pada perlakuan bentonit 1.5 persen (O1B3), bentonit 2.5 persen (O1B4), dan asam oksalat 0.75 persen (O4B1) yaitu 25.00 cp.

Hasil Analisa Sidik Ragam (Lampiran 10a) menunjukkan bahwa interaksi antara asam oksalat dan bentonit berpengaruh nyata, sedangkan antara blok, perlakuan asam oksalat, bentonit tidak berpengaruh nyata.

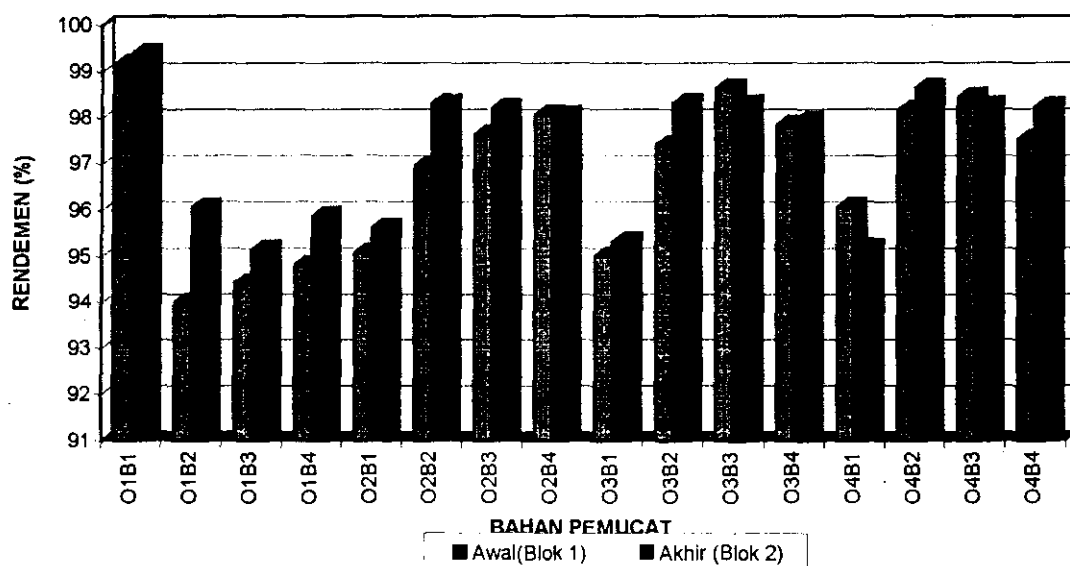
Nilai viskositas dengan penambahan asam oksalat yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.75 % (O4), sedangkan penambahan bentonit yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan bentonit 0.5 % (B2), dan penambahan keduanya yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.5 persen dan bentonit 1.5 persen (O2B3).

## 7. Rendemen

Nilai rata-rata rendemen pada periode awal adalah 96.83 persen dengan kisaran antara 94.01-99.17 dan pada periode akhir adalah 97.30 persen dengan kisaran antara 95.15-99.40.

Pada Gambar 9 dapat dilihat nilai tertinggi rendemen pada periode awal terjadi pada perlakuan asam oksalat 0.5 persen dan bentonit 1.5 persen (O3B3) yaitu 98.16, dan pada periode akhir terjadi pada perlakuan asam oksalat 0,25 persen dan bentonit 1.5 persen (O2B3) yaitu 98.215.

Nilai terendah pada periode awal terjadi pada perlakuan bentonit 0.5 persen (O1B2) yaitu 94.01, dan pada periode akhir terjadi pada perlakuan bentonit 1.5 persen (O1B3) yaitu 95.15.



Gambar 5. Histogram Pengaruh Bahan Pemucat terhadap Rendemen

Hasil Analisa Sidik Ragam (Lampiran 11a) menunjukkan bahwa antara blok berpengaruh nyata demikian pula dengan perlakuan bentonit, asam oksalat dan interaksi keduanya.

Uji lanjut Duncan memperlihatkan bahwa pada perlakuan asam oksalat antara konsentrasi 0.75 (O4), 0.5 (O3), dan 0.25 persen (O2) tidak berbeda nyata sedangkan konsentrasi 0 persen (O1) berbeda. Dari uji Duncan ini terlihat bahwa dengan makin besarnya konsentrasi asam oksalat, maka rendemennya akan makin besar. Hal ini menunjukkan bahwa asam oksalat tertinggal dalam minyak sehingga meningkatkan jumlah minyak.

Demikian pula pada uji lanjut Duncan untuk bentonit, selain konsentrasi 0 persen (B1), tidak berbeda nyata. Hal ini berarti bentonit yang digunakan tidak berpengaruh terhadap rendemen minyak.

## 8. Warna (% transmisi)

Analisis warna dilakukan dengan mengukur persen transmisi untuk melihat kejernihan minyak. Semakin besar nilai persen transmisi maka semakin banyak cahaya yang dapat dilewatkan dan minyak semakin jernih.

Nilai rata-rata warna/kejernihan pada periode awal adalah 78.12 persen dengan kisaran antara 61.00-80.50 dan pada periode akhir adalah 72.89 persen dengan kisaran antara 59.00-80.00.

Hasil Analisa Sidik Ragam (Lampiran 12a) menunjukkan bahwa perlakuan dengan bentonit dan interaksi antara bentonit dan asam oksalat berpengaruh nyata, sedangkan perlakuan dengan asam oksalat dan hubungan antara periode awal dengan blok kedua tidak berpengaruh nyata.

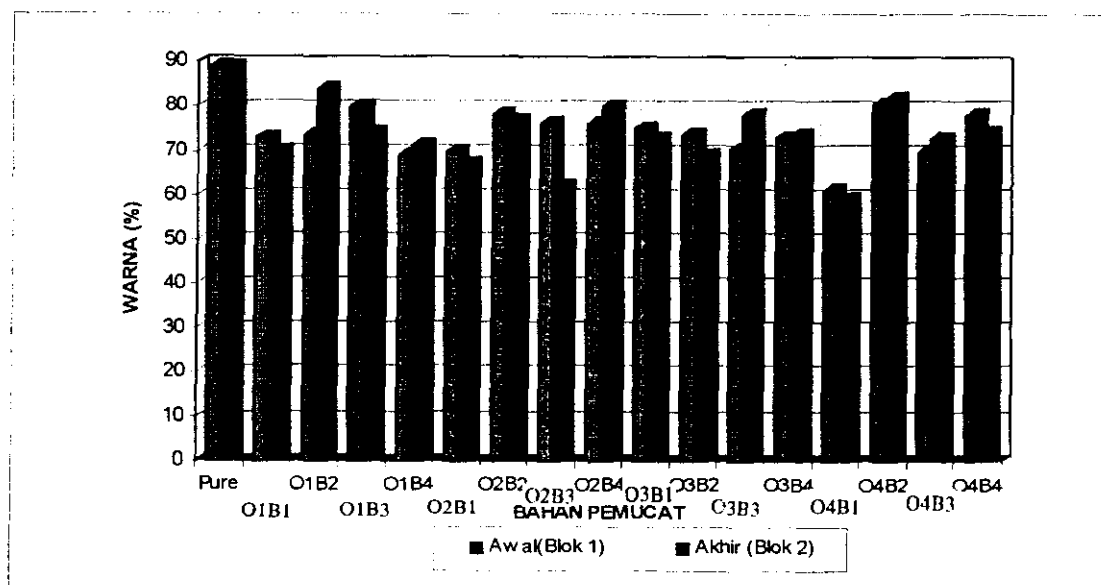
Uji lanjut Duncan memperlihatkan bahwa pada bentonit dengan konsentrasi 0.5 (B2), 1.5 (B3), dan 2.5 persen (B4) tidak berbeda nyata, sementara konsentrasi 0 persen (B1) berbeda dengan konsentrasi lainnya.



Nilai warna cenderung meningkat dengan bertambahnya konsentrasi bentonit. Hal ini menunjukkan bahwa bentonit efektif menyerap senyawa-senyawa polimer yang menyebabkan warna minyak menjadi gelap.

Sementara kombinasi bahan pemucat cenderung menaikkan warna. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya asam oksalat dan bentonit, senyawa-senyawa polimer dan organologam yang terdapat dalam minyak terserap oleh bahan pemucat sehingga warna minyak menjadi terang.

Pada Gambar 6 dapat dilihat nilai tertinggi warna pada periode awal terjadi pada perlakuan asam oksalat 0.75 persen dan bentonit 0.5 persen (O4B2) yaitu 80.50, dan pada periode akhir terjadi pada perlakuan bentonit 0.5 persen (O1B2) yaitu 84.



Gambar 6. Histogram Pengaruh Bahan Pemucat terhadap Persen Transmisi

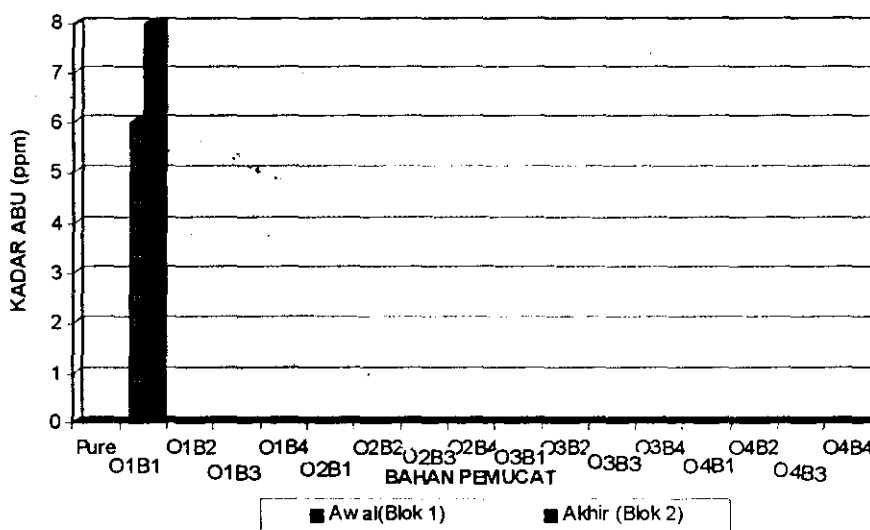
Nilai persen transmisi dengan penambahan asam oksalat yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.50 % (O3), sedangkan penambahan bentonit yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan bentonit 0.5 % (B2), dan penambahan keduanya yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.75 persen dan bentonit 0.5 persen (O4B2).

## 9. Kadar Abu

Kadar abu merupakan gambaran jumlah total unsur logam yang terdapat dalam *rolling oil*. Kadar abu yang diinginkan adalah yang serendah mungkin, karena logam merupakan katalisator dalam proses oksidasi dan polimerisasi basic lubricant. Kadar abu dinyatakan dalam ppm.

Nilai rata-rata kadar abu pada periode awal adalah 0 ppm dan pada periode akhir adalah 0 ppm. Hasil Analisa Sidik Ragam (Lampiran 7a) menunjukkan bahwa semua perlakuan dan interaksi berpengaruh nyata.

Hasil Uji Lanjut Duncan menunjukkan penambahan konsentrasi asam oksalat dan bentonit tidak berpengaruh terhadap kadar abu minyak. Pada Gambar 7 dapat dilihat nilai kadar abu semua bernilai 0 ppm setelah dilakukan pemucatan. Hal ini menunjukkan bahwa bahan pemucat efektif menurunkan kandungan logam dalam minyak.



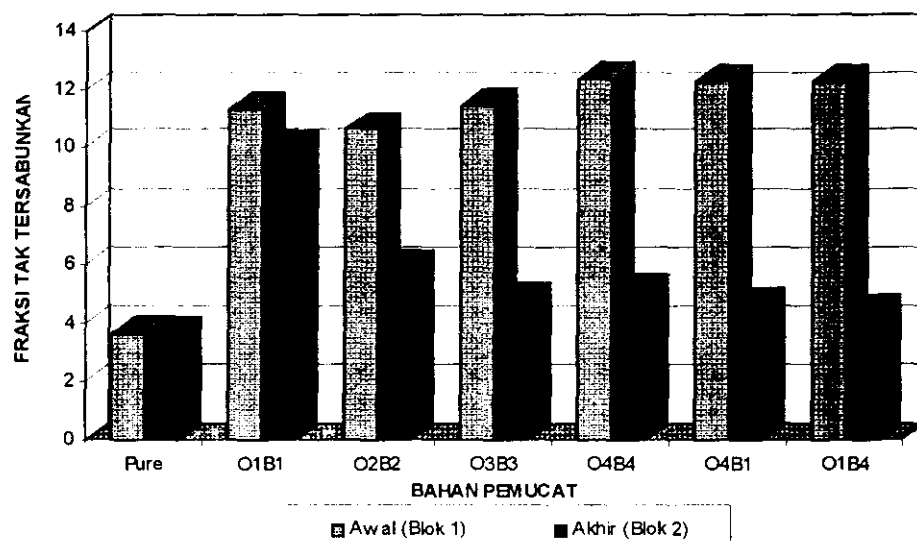
Gambar 7. Histogram Pengaruh Bahan Pemucat terhadap Kadar Abu

## 10. Fraksi Tak Tersabunkan

Analisis keseragaman tidak dilakukan, karena analisis fraksi tak tersabunkan hanya dilakukan pada perlakuan dengan bahan pemucat yang memiliki konsentrasi untuk masing-masing bahan yang nilai konsentrasinya tertinggi dan kombinasi keduanya yang terendah, sedang, dan tertinggi.

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa blok pertama, hasil pemucatan cenderung menaikkan nilai fraksi tak tersabunkan dibanding dengan kontrol tapi lebih rendah dibanding dengan *rolling oil* bekas. Hal ini sesuai dengan nilai bilangan penyabunan yang relatif rendah dibanding dengan blok kedua. Sedangkan pada blok kedua, hasil pemucatan cenderung menurunkan nilai fraksi tak tersabunkan dibanding dengan kontrol (O1B1).

Nilai fraksi tak tersabunkan dengan penambahan asam oksalat yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan bentonit yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan bentonit 2.5 % (B4), dan penambahan keduanya yang mendekati nilai *rolling oil* segar adalah dengan penambahan asam oksalat 0.5 persen dan bentonit 1.5 persen (O3B3).



Gambar 12. Hubungan antara fraksi tak tersabunkan dengan bahan pemucat

## 11. Unsur Logam

Analisis keseragaman tidak dilakukan, karena analisis unsur logam hanya dilakukan pada perlakuan dengan bahan pemucat yang memiliki konsentrasi untuk masing-masing bahan yang nilai konsentrasinya tertinggi dan kombinasi keduanya yang terendah, sedang, dan tertinggi.

Tabel 10. Hasil Analisis Unsur Logam

Jenis Pemucat	P (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Ca (ppm)
O1B1	17.08	43.52	-	2.15	-	4.41	49.36
O1B4	25.45	2.97	-	0.43	-	-	32.49
O2B2	11.39	18.31	-	1.13	-	2.56	13.91
O4B4	11.23	-	-	4.68	-	1.59	9.35
O4B1	21.07	12.99	-	1.00	-	3.00	24.48

Keterangan : - Tidak terdeteksi

Pada Tabel 10 dapat dilihat bahwa logam Fe, Mg, Zn, dan Ca mengalami penurunan setelah dilakukan pemucatan. Penurunan kandungan logam Fe ini menunjukkan bahwa kandungan logam-logam yang terdapat dalam minyak akibat abrasi terbangun akibat peristiwa pemucatan. Sementara kandungan logam Mg, Zn, dan Ca yang mengalami penurunan menunjukkan bahwa kandungan additive dalam *rolling oil* telah berkurang akibat peristiwa pemucatan. Sedangkan kandungan logam P pada O4B1 dan O1B4 mengalami kenaikan, hal ini disebabkan pada waktu penyaringan masih ada adsorben yang terbawa oleh minyak. Dari keempat perlakuan bahan pemucat, yang menghasilkan nilai kandungan logam terendah adalah dengan perlakuan bentonit 2.5 persen (O1B4).

## 12. Analisis dengan Kromatografi Gas

Analisis dengan kromatografi gas tidak dilakukan uji statistika karena hanya untuk melihat kandungan asam lemak dalam *rolling oil*.

Dari hasil analisis dengan kromatografi gas terhadap *recovered oil* sebelum sentrifugasi, *recovered oil* hasil pemucatan, dapat dilihat bahwa jenis asam lemak yang dominan adalah asam palmitat dan asam oleat. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi *recovered oil* mirip dengan komposisi standar asam lemak CPO yang menunjukkan minyak tersebut mempunyai *basic lubricant*

CPO. Hasil pemucatan tidak terlalu merubah pola kromatogram asam lemak. Hal ini berarti bahwa asam oksalat dan bentonit tidak mempengaruhi struktur molekul asam lemak dari *basic lubricant*.

Pemucatan dengan asam oksalat 0.75 % dan bentonit 2.5 % menghasilkan minyak dengan pola kromatogram yang lebih mendekati *rolling oil* segar.

Tabel 11. Hasil Analisis Kromatografi Gas

Jenis asam Lemak	Waktu Retensi (menit)	Komposisi Minyak								
		Pure oil	Awal				Akhir			
			O1B1	O2B2	O3B3	O4B4	O1B1	O2B2	O3B3	O4B4
Laurat (C12=0)	2.145	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Miristat (C14=0)	3.972	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
Palmitat (C16=0)	7.193	13.6	17.5	19.7	16.5	17.0	23.1	16.9	17.8	18.4
Stearat (C18=0)	9.563	2.1	2.4	2.6	2.2	2.2	2.9	2.5	2.5	2.7
Oleat (C18=1)	10.442	12.7	16.2	17.9	14.9	15.3	15.0	16.0	15.9	16.9
Linoleat (C18=2)	11.670	4.0	4.8	5.2	4.3	5.0	4.2	4.7	4.6	5.1



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Perlakuan sentrifugasi dengan rendemen tertinggi adalah dengan kecepatan 4000 rpm, waktu 30 menit dan suhu 90°C. Bahan pemucat yang efektif digunakan pada penelitian ini adalah asam oksalat dan bentonit.

Bentonit cenderung menurunkan bilangan asam, bilangan peroksida, bobot jenis, viskositas, rendemen, warna, kadar abu, unsur logam dan cenderung menaikkan bilangan penyabunan.

Asam oksalat cenderung menaikkan bilangan asam, rendemen dan cenderung menurunkan bilangan penyabunan, bilangan peroksida, bobot jenis, viskositas, warna, kadar abu, unsur logam.

Hasil pemucatan yang baik dengan penambahan asam oksalat tanpa bentonit adalah dengan asam oksalat 0.75 persen, penambahan bentonit tanpa asam oksalat adalah dengan bentonit 0.5 persen, kombinasi keduanya adalah dengan perlakuan asam oksalat 0.75 persen dan bentonit 0.5 persen (O4B2).

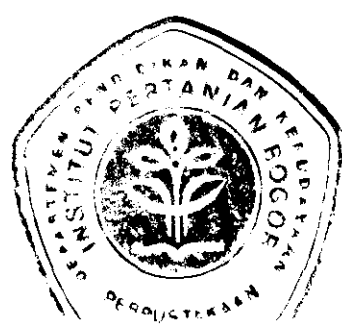
Dari ketiga hasil diatas, perlakuan yang menghasilkan nilai terbaik adalah dengan menggunakan asam oksalat 0.75 persen dan bentonit 0.5 % (O4B2) dengan nilai karakteristik bilangan asam 4.31, bilangan penyabunan 198.11, bilangan Iod 53.35, bilangan peroksida 1.43, warna (% transmisi) 82 persen, viskositas 35 cp, bobot jenis 0.9164.

### B. SARAN

Dilakukan penelitian pemakaian bahan pemucat terhadap minyak tanpa dilakukan sentrifugasi. Perlu dilakukan proses pemucatan pada skala *pilot plant* jenis dan konsentrasi bahan pemucat terbaik dari hasil penelitian skala lab.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1987. Bahan Galian Industri : Bentonit. Departemen Pertambangan dan Energi, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, Jakarta.
- Anonymous. 1960. Metal Working Lubricant. Di dalam Lubrication: This Issue Metal Working Lubricants: Januari 1960, vol.15, no.1. California Texas Oil Corporation, New York.
- Anonymous. 1989. Operations Manual for R/C System for PT CRMI Utama. Nalco Perkasa Co., Korea.
- Anonymous. 1994. Lubrication and Cooling. International Rolling Technology Course, New York.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of Association of Official of Analytical Chemist., Washington.
- Bailey, A. E. 1950. Industrial Oil and Fat Product. Interscholastic Publisher Inc., New York.
- Booser, E.R. 1983. CRC Handbook of Lubrication (Theory and Practise of Tribology) vol.1. CRC Press Inc., New York.
- Brown, R.W, B. Bradley, and L.W. Germanski. 1993. Innovative Single *Rolling Oil* System for Cold Reduction of Tinplate Substrate and Mill Clean Sheet at Stelco's Hilton Works. Hilton Work Stelco Inc., Canada.
- Cook, B.A. 1980. Metal Rolling Operation. Di dalam Lubrication in Practise chapter 14. Esso Petroleum Company Ltd, New York.
- Djarmiko, B dan A.P. Widjaja. 1985. Minyak dan Lemak. Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Grim, R. E. 1968. Clay Mineralogy. Mc.Graw-Hill Book Co., New York.
- Hartomo, A.J. 1991. Lekuk Liku-Liku Pelumas. Andi Offset, Yogyakarta.
- Jacobs, M. B. 1958. The Chemistry and Technology Food and Food Product. Vol. II. Interscience Publisher Inc., New York.



- Johnson, O.C, and F.A. Kummerow. 1957. Chemical Changes with Take Place in an Edible Oil During Thermal Oxidation. Journal American Oil Chemist's Society, New York.
- Ketaren, S. 1986.. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. UI-Press, Jakarta.
- Ketaren, S dan B. Djatmiko. 1985. Pemurnian Minyak Makan. Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Kirk, R.E, and D. Othmer. 1952. Encyclopedia of Chemical Technology. vol 9. The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Kirk, R.E, and D. Othmer. 1965. Encyclopedia of Chemical Technology. vol 6. Edisi 2. The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Kummerow, F.A. 1962. Toxicity of Heated Fats. Di dalam Symposium on Food: Lipids and Their Oxidation. The AVI Publishing Co., West Port, Connecticut.
- La Puppung, P. 1986. Minyak Jarak Memiliki Potensi sebagai Bahan Dasar Minyak Pelumas. Di dalam Lembaran Publikasi Lemigas no.4 -1986.
- Lindsay, R.C. 1985. Food Additive. Di dalam Fennema, R.O (ed). Food Chemistry, eds 2. Marcell Dekker Inc., New York.
- Lundberg, W.O. 1962. Mechanisme. Di dalam Symposium on Food: Lipids and Their Oxidation. The AVI Publishing Co., West Port, Connecticut.
- Mahatta, T.L. 1975. Technology and Refining of Oil and Fats. Small Business Publication, New York.
- Matsunaga, T. 1978. US/Japanese Team Devises a New *Rolling Oil* for Kakogawa Works. Di dalam Metal Producing. Mc.Graw-Hill Inc., New York.
- Mc.Graw-Hill. 1960. Encyclopedia of Science and Technology. vol.2. Mc.Graw-Hill Book Company Inc., New York.
- Perkins, G. E. 1967. Formation of NVDP in Heated Fats and Oils. Food Technology 21(4): 125-130.
- Seiji, B.A.R, Hiroshi Akodo, Shigeharu ITU, and Yasumasa Inove. 1978. A New *Rolling Oil* for Wide Range Gauges on A Tandem Cold Mill. Di dalam 33 Metal Producing.



Hik Cipta: Pionirnya Lintang Ulang

1. Dilansir sebagai sebagian atau seluruh karya yang terapan memuat informasi dan pengetahuan sumber :
  - a. Penguasaan konsep untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pertukaran karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan buku atau tulisan untuk masalah;
  - b. Penguasaan tidak menguasai kepentingan yang wajar IPB University;
  2. Dilarang mengkomersialkan dan memperbanyak sehingga akan merugikan karya tulis yang dibuat karena haknya akan dipertahankan sepenuhnya oleh IPB University.

## LAMPIRAN

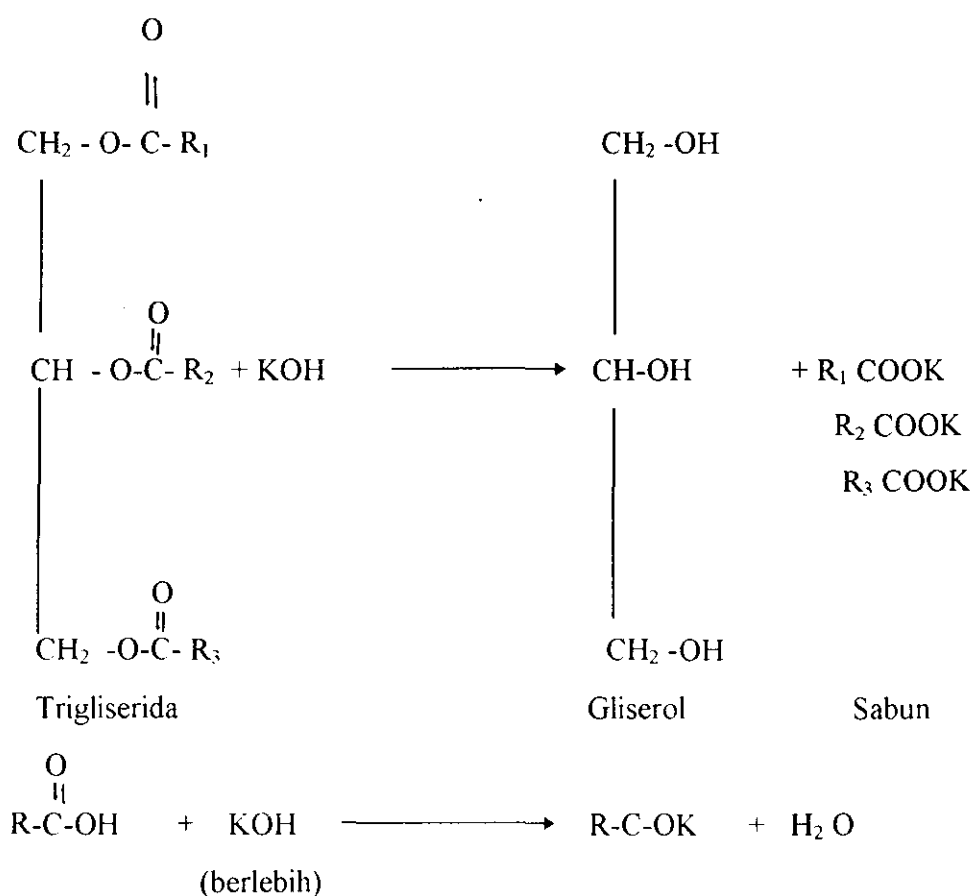
## Lampiran 1. Prosedur analisis sifat fisiko-kimia

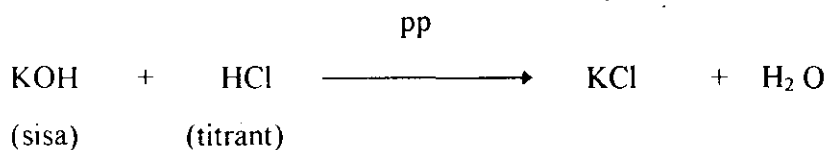
### 1. Bilangan Penyabunan (AOAC, 1984)

#### Prinsip :

Angka penyabunan dapat digunakan untuk menentukan berat molekul minyak dan lemak secara kasar. Minyak yang disusun oleh asam lemak yang berantai C pendek berarti mempunyai berat molekul relatif kecil akan mempunyai angka penyabunan yang besar dan sebaliknya minyak dengan berat molekul besar mempunyai angka penyabunan relatif kecil.

Reaksi asam lemak terikat dan bebas dengan basa berlebih. Basa ini dinetralkan dengan asam.





### Prosedur :

Bilangan penyabunan merupakan jumlah alkali yang dibutuhkan untuk menyabunkan sejumlah contoh minyak. Bilangan penyabunan dinyatakan dalam jumlah miligram kalium hidroksida yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 gram minyak atau lemak.

Contoh minyak atau lemak cair yang telah disaring diambil sebanyak 5 gr dan dilarutkan kedalam 50 ml KOH 0,5 N beralkohol dalam erlenmeyer. Selanjutnya erlenmeyer dihubungkan dengan pendingin tegak dan dididihkan selama 1/2 jam. Contoh uji selanjutnya didinginkan dan dititrasi dengan Hcl 0,5 N berlebih serta diberi beberapa tetes indikator phenolphthalein. Contoh blanko dibuat dengan cara yang sama.

### Perhitungan :

$$\text{Bilangan Penyabunan} = \frac{(B - S) \times N \times 56,1}{G}$$

dimana : B = ml titar untuk blanko

S = ml titar untuk contoh

N= normalitas titar

G= berat contoh ( gram)



## 2. Bilangan Asam (Jacobs, 1958)

### Prinsip :

Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam organik bebas yang dikandung, serta dihitung berdasarkan berat molekul dari asam lemak atau campuran asam lemak. Bilangan asam yang besar menunjukkan asam lemak bebas yang besar yang berasal dari hidrolisa minyak ataupun karena proses pengolahan yang kurang baik. Makin tinggi bilangan asam makin rendah kualitasnya.

### Prosedur :

Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah miligram NaOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak.

Minyak atau lemak yang akan diuji ditimbang 10 sampai 20 gram di dalam erlenmeyer 200 ml. Ditambahkan 50 ml alkohol netral 95 persen, kemudian dipanaskan selama 10 menit dalam penangas air sambil diaduk.

Larutan ini kemudian dititrasi dengan NaOH 0,1 N dengan indikator larutan phenolphthalein 1 persen di dalam alkohol, sampai tepat terlihat warna merah jambu. Setelah itu dihitung jumlah miligram NaOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam 1 gram minyak atau lemak.

### Perhitungan :

$$\text{Bilangan asam} = \frac{A \times B \times 40}{G}$$

dimana : A = jumlah ml NaOH untuk titrasi

B = normalitas larutan NaOH

G = berat contoh (gram)

40 = berat molekul NaOH

### 3. Bilangan Iod (AOAC, 1984)

#### Prinsip :

Asam lemak tidak jenuh yang terdapat di dalam minyak atau lemak mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi sejumlah iod, khususnya apabila dibantu dengan suatu carrier seperti iodin klorida atau iodin bromida, membentuk suatu senyawa jenuh. Jumlah iod yang diabsorpsi menunjukkan derajat ketidakjenuhan minyak atau lemak.

#### Prosedur :

Bilangan iod merupakan jumlah gram Iod yang diserap oleh 100 gram minyak atau lemak. Asam lemak tidak jenuh yang terdapat didalam minyak atau lemak mampu menyerap sejumlah Iod untuk membentuk asam lemak jenuh.

Contoh minyak yang telah disaring diambil 1 gram dan dilarutkan dalam 100 ml kloroform atau karbon tetraklorida. Selanjutnya ditambahkan 25 ml pereaksi Hanus. Reaksi dibiarkan selama 1 jam di tempat gelap. Sebagian Iodium ( $I_2$ ) akan dibebaskan dari larutan. Selanjutnya ditambahkan 10 ml KI 15 persen dan dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N dengan indikator larutan kanji. Titrasi untuk blanko dilakukan dengan cara yang sama.

#### Perhitungan :

$$\text{Bilangan Iod} = \frac{(B-S) \times N \times 126,9}{10 G}$$

dimana: B = ml natrium tiosulfat blanko

S = ml natrium tiosulfat contoh

N= normalitas titar

G= berat contoh (gram)

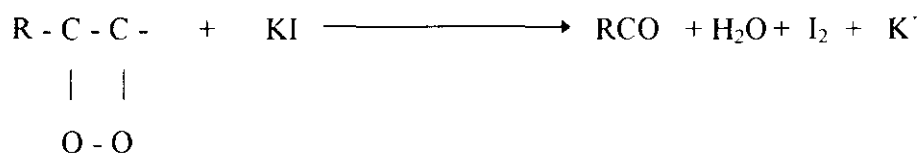
126,9 = berat atom Iod

#### 4. Bilangan Peroksida (AOAC, 1984)

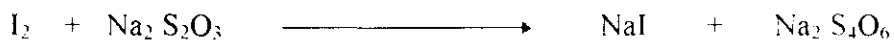
##### Prinsip :

Asam lemak tidak jenuh dalam minyak dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkapnya sehingga membentuk peroksida. Peroksida ini dapat ditentukan dengan metode iodometri.

Sejumlah minyak dilarutkan dalam campuran asetat; kloroform (2 : 1) yang mengandung KI, maka akan terjadi pelepasan Iod ( $I_2$ ).



Iod yang bebas dititrasi dengan natrium tiosulfat menggunakan indikator amilum sampai warna biruya hilang.



##### Prosedur :

Contoh minyak sebanyak 5 gram dilarutkan dalam 30 ml larutan yang terbuat dari campuran 60 persen asam asetat glasial dan 40 persen kloroform. Setelah

minyak melarut, ditambahkan 30 ml air dan dititrasi dengan natrium tiosulfat 0,1 N dan diberi indikator pati. Contoh blanko dibuat dengan cara yang sama.

Perhitungan :

$$\text{Bilangan peroksida} = \frac{(S-B) \times N \times 8 \times 100}{G}$$

(mg O/100 gr sampel)

dimana : S = ml titar untuk contoh

B= ml titar untuk blanko

N= normalitas titar

G= berat contoh (gram)

8 = setengah berat molekul oksigen

## 5. Bahan Tak Tersabunkan ( AOCS didalam Bernardini, 1983)

Prosedur :

Contoh minyak yang akan diuji sebanyak 5 gram dimasukkan kedalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 30 ml alkohol 95 persen dan 5 ml larutan KOH 50 persen, lalu dididihkan dibawah pendingin tegak selama 1 jam sampai semua lemak tersabunkan sempurna. Sabun yang terbentuk dipindahkan kedalam silinder ekstraksi, kemudian dicuci dengan alkohol sampai batas 40 ml, lalu dibilas dengan air dingin sampai volume seluruhnya 80 ml. Botol bekas penyabunan dicuci sedikit dengan petroleum eter dan dikembalikan kedalam silinder ekstraksi. Silinder dengan isinya didinginkan sampai suhu kamar (20 - 25 °C), lalu ditambahkan 50 ml petroleum eter, kemudian silinder ditutup dan dikocok dengan baik selama sedikitnya 1 menit, dan dibiarkan mengendap sampai terbentuk dua lapisan cairan yang jernih. Dengan menggunakan *siphon glass*, lapisan cairan yang teratas

sedapat mungkin dibuang tanpa membawa lapisan terbawah. Lapisan petroleum eter dialirkan dan ditampung dalam corong pemisah 500 ml. Ekstraksi diulangi dengan 50 ml petroleum eter sampai sedikitnya 6 kali sambil selalu dikocok-kocok setiap kali ekstraksi. Gabungan ekstraksi selanjutnya dicuci 3 kali di dalam corong pemisah masing-masing dengan 25 ml alkohol 10 persen sambil dikocok. Setelah pencucian, lapisan alkohol dibuang sehingga lapisan petroleum eter tidak ada yang terbangun.

Ekstrak eter dipindahkan ke dalam gelas piala dan diuapkan sampai kering diatas penangas air. Pengeringan disempurnakan sampai beratnya tetap, yang dilakukan di dalam oven hampa pada suhu 75 - 80°C. Kemudian didinginkan di dalam desikator dan ditimbang. Setelah penimbangan, ampas atau residu dilarutkan dalam indikator phenolphthalein, lalu dititrasi dengan larutan NaOH 0,02 N sampai tepat terbentuk warna merah jambu.

Berat asam lemak dalam ekstrak ( gram) sama dengan jumlah mililiter NaOH 0,02 N x 0,0056. Kadar bahan tak tersabunkan dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Bahan Tak Tersabunkan} = \frac{(Br - Ba)}{Bc} \times 100 \%$$

dimana : Br = berat residu

Ba = berat asam lemak (gram )

Bc = berat contoh

## 6. Bobot Jenis (25/25°C) (AOAC, 1983)

### Prinsip :

Bobot jenis adalah perbandingan berat dari suatu volume contoh pada suhu 25° C dengan berat air pada suhu yang sama. Cara ini dapat digunakan untuk

semua minyak dan lemak yang dicairkan. Alat yang digunakan penentuan ini adalah piknometer.

#### Prosedur :

Piknometer dibersihkan dan dikeringkan, kemudian diisi dengan air suling yang telah mendidih dan didinginkan pada suhu 20 - 23°C. Piknometer diisi sedemikian rupa sampai air dalam botol meluap dan tidak terbentuk gelembung udara. Setelah ditutup dengan penutup yang dilengkapi dengan termometer, piknometer direndam dalam bak air yang bersuhu antara 24,8 - 25,2°C dan dibiarkan sampai suhu konstan selama 30 menit. Piknometer diangkat dari bak air dan dikeringkan dengan kertas penghisap, kemudian piknometer dengan isinya ditimbang. Bobot air adalah selisih bobot piknometer dengan isinya dikurangi bobot piknometer kosong.

Contoh minyak dipanaskan lalu didinginkan sampai 20 - 23° C. Kemudian dimasukkan ke dalam piknometer sampai meluap dan diusahakan agar tidak terbentuk gelembung udara. Piknometer ditutup, minyak yang meluap dan menempel di bagian luar piknometer dibersihkan. Kemudian piknometer direndam dalam bak air pada suhu 24,8 - 25,2°C selama 30 menit. Dengan hati-hati piknometer diangkat dari bak air, dibersihkan dan dikeringkan dengan kertas penghisap. Piknometer beserta isinya ditimbang, dan bobot contoh dihitung dari selisih bobot piknometer isi dengan piknometer kosong.

#### Perhitungan :

$$\text{Bobot Jenis} = \frac{(A - B)}{C}$$

dimana : A = berat botol dan isinya pada 25 ° C

B = berat botol kosong

C = berat air pada 25 ° C



## 7. Viskositas (50 °C)

### Prosedur :

Viskositas ditentukan dengan alat Viskosimeter Brokfield. Nilai kekentalan dalam satuan centipoise yang didapat dengan mengalikan faktor koreksi yang ada pada alat dengan nilai yang terbaca pada skala alat.

Contoh dimasukkan ke dalam tabung film atau gelas piala. Alat dinyalakan dengan kecepatan 30 putaran per menit dengan menggunakan spindle no.2 serta faktor koreksi 20.

## 8. Persen Transmisi (Kirschenbauer, 1960)

### Prinsip :

Benda transparan mengabsorpsi dan melewatkan cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung dari intensitas warna dan kandungan komponen minyak atau lemak. Untuk mengukur besar absorbansi cahaya digunakan alat Spectronic 20. Absorbansi dapat juga dikatakan untuk mengukur kejernihan dari minyak dan lemak.

### Prosedur :

Alat Spectronic 20 dihidupkan dan dipanaskan sekitar 15 menit sebelum digunakan. Dimasukkan sampel minyak untuk menentukan panjang gelombang maksimum dengan memilih persen transmisi terkecil (adsorbansi terbesar). Setelah nilai panjang gelombang maksimum diperoleh, blanko dimasukkan ke tempat sampel, pengontrol transmittan atau adsorban disetel sampai menunjukkan angka

100 %. Setelah itu minyak yang akan diuji dimasukkan ke dalam tabung sampel. Panjang gelombang yang diperoleh 520 nm.

## 9. Kadar Abu

### Prosedur:

Sampel ditimbang sebanyak 5-10 gram didalam cawan porselin yang sebelumnya telah dikeringkan dan ditimbang beratnya. Setelah sampel ditaruh dalam cawan yang ditutup, cawan dimasukkan kedalam tanur. Tanur dipanaskan sampai suhu 500°C atau sampai tidak ada asap lagi, kemudian diamkan selama 1 jam dan setelah itu tanur dimatikan. Setelah itu dimasukkan cawan kedalam desikator sampai dingin, kemudian timbang cawan tersebut.

### Perhitungan :

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat akhir-berat cawan kosong}}{\text{Berat awal-berat cawan kosong}} \times 100$$

## 10. Unsur Logam (Atomic Absorption Spectrofotometer)

### Prinsip :

Nilai absorbansi dipengaruhi oleh besar cahaya yang diserap atau yang diteruskan oleh zat. Semakin banyak energi yang diserap, maka konsentrasi logam dalam senyawa semakin besar.

### Prosedur :

Sebanyak 5 ml minyak dipipet ke dalam cawan porselen, kemudian dipanaskan diatas pemanas listrik ( $200^{\circ}\text{C}$ ) dan kemudian diabukan didalam tanur ( $600^{\circ}\text{C}$ ). Hasil pengabuan dilarutkan kedalam labu ukur 100 ml dengan Hcl 2 N. Pengukuran dihitung dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrofotometer (AAS).

## 11. Kromatografi Gas

### Prinsip :

Pemisahan senyawa yang mudah menguap berdasarkan laju gerak komponen-komponen yang dipisahkan. Perbedaan laju gerak ini terjadi akibat adanya perbedaan bobot molekul dan polaritas komponen-komponen yang akan dipisahkan.

### Prosedur :

Sebanyak 2 gram contoh ditimbang dan dipindahkan kedalam labu didih kemudian ditambahkan 6-8 ml NaOH dalam metanol, dipanaskan sampai tersabunkan kurang lebih 15 menit dengan pendingin balik. Selanjutnya ditambahkan 10 ml  $\text{BF}_3$  dan dipanaskan kurang lebih 2 menit. Dalam keadaan panas, ditambah 5 ml n-heptana atau n-heksanan kemudian dikocok dan ditambah larutan NaCl jenuh. Larutan akan terpisah jadi dua bagian. Bagian atas dipindahkan kedalam tabung reaksi yang sebelumnya telah diberi 1 gram  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

### Perhitungan :

$$\text{Konstanta sample} = \frac{\text{Peak area sample}}{\text{Peak area standar}} \times \text{konstanta standar}$$

## 12. Rendemen

### Prinsip :

Rendemen menunjukkan jumlah minyak yang diperoleh kembali setelah proses pemucatan, yang dinyatakan dalam persentase dari perbandingan antara berat minyak hasil pemucatan dengan berat minyak awal yang akan dipucatkan.

### Prosedur :

Sample minyak yang akan dipucatkan ditimbang sebanyak 50 ml dan kemudian dipanaskan sambil diaduk sampai suhu 80° C. Setelah itu bahan pemucat yang telah ditimbang dimasukkan dan diaduk selama 15-20 menit. Minyak yang telah tercampur pemucat disaring dengan penyaring vakum dan kertas saring Whatman 40 yang telah ditimbang sebelumnya. Setelah disaring, kertas saring tersebut ditimbang kembali.

### Perhitungan :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat minyak hasil pemucatan}}{\text{Berat minyak awal}} \times 100$$

Lampiran 2a. Hasil Analisis Rolling Oil Bekas selama 3 Periode

Jenis Analisis		Sebelum Sentrifugasi								
		Periode I			Periode II			Periode III		
		1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
BA	Awal	3.17	3.51	3.34	-	-	-	3.05	3.33	3.19
	Akhir	-	-	-	2.86	2.9	2.89	2.87	2.95	2.91
BP	Awal	185.95	184.05	185	-	-	-	167.6	166.5	170.16
	Akhir	-	-	-	178.6	181	179.62	200.1	200.24	200.16
BI	Awal	78.79	80.34	79.57	-	-	-	49.57	48.36	48.97
	Akhir	-	-	-	36.44	50.5	43.45	58.07	54.48	56.28
BPE	Awal	10.02	10.64	10.33	-	-	-	2.3	3.15	2.73
	Akhir	-	-	-	1.77	0.71	1.2	3.44	1.56	2.5
FTT	Awal	7.87	8.27	8.05	-	-	-	15.09	13.14	0.12
	Akhir	-	-	-	6.9	10.6	8.75	4.75	5.34	5.05
BJ	Awal	0.9464	0.9259	0.9362	-	-	-	0.9186	0.9249	0.9218
	Akhir	-	-	-	0.932	0.91	0.9222	0.9359	0.9179	0.9269
WAR	Awal	27	31	29	-	-	-	69	71	70
	Akhir	-	-	-	62	70	66	57	57	57
VIS	Awal	38	36	37	-	-	-	38	40	34
	Akhir	-	-	-	28	40	34	35	34	33

Lampiran 2b. Hasil Analisis Rolling Oil Bekas selama 3 Periode

Jenis Analisis		Setelah Sentrifugasi								
		Periode I			Periode II			Periode III		
		1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
BA	Awal	3	3.26	3.13	-	-	-	2.26	2.3	2.28
	Akhir	-	-	-	1.9	3.94	2.92	2.9	2.94	2.92
BP	Awal	182.48	180.4	181.4	-	-	-	170.14	170.18	170
	Akhir	-	-	-	174.5	179	176.86	185.09	184.56	184.83
BI	Awal	53.9	57.34	55.62	-	-	-	54.4	54	54.2
	Akhir	-	-	-	54.15	56.2	55.3	52	52.04	52.02
BPE	Awal	2.5	3.14	2.8	-	-	-	3.25	3.45	3.35
	Akhir	-	-	-	3.2	3.3	3.25	4.02	4.1	4.06
FTT	Awal	8.56	6.56	7.5	-	-	-	11.32	11.32	11.32
	Akhir	-	-	-	8.9	12.3	10.1	8.8	12.32	9.96
BJ	Awal	0.922	0.9234	0.9227	-	-	-	0.9373	0.9373	0.9373
	Akhir	-	-	-	0.933	0.93	0.9337	0.9186	0.9186	0.9186
WAR	Awal	60	72	66	-	-	-	70	76	73
	Akhir	-	-	-	62	61	61.5	70	70	70
VIS	Awal	36	36	36	-	-	-	38	42	40
	Akhir	-	-	-	28	40	34	35	34	33

Keterangan:

BA = Bilangan Asam

BP = Bil. Penyabunan

BPE = Bil. Peroksida

BI = Bilangan Iod

FTT = Fraksi Tak  
Tersabunkan

WAR = Warna

VIS = Viskositas

Lampiran 3a. Rekapitulasi Hasil Analisis *Rolling Oil* dengan Beberapa Macam Konsentrasi Bahan Pemucat

Jenis Bahan Pemucat		Bilangan Asam			Bilangan Penyabunan			Bilangan Peroksida		
		1	2	Rata2	1	2	Rata2	1	2	Rata2
Pure Oil		4.17	4.42	4.29	200.98	193.39	197.18	7.16	7.83	7.49
O1B1	Awal	2.26	2.30	2.28	170.14	170.18	170.16	3.25	3.45	3.35
	Akhir	2.90	2.94	2.92	200.10	200.24	200.17	4.02	4.10	4.06
O1B2	Awal	3.11	3.24	3.17	178.60	184.21	181.40	1.50	2.44	1.97
	Akhir	3.69	3.16	3.43	194.44	196.38	194.91	1.42	1.40	1.41
O1B3	Awal	3.29	2.99	3.14	182.66	184.86	183.76	2.66	2.40	2.53
	Akhir	3.75	3.26	3.51	196.56	200.10	198.33	1.00	1.14	1.07
O1B4	Awal	3.31	3.16	3.23	178.14	185.04	181.59	1.35	2.19	1.77
	Akhir	2.77	3.52	3.14	195.68	196.00	195.84	1.90	2.60	2.25
O2B1	Awal	4.06	3.63	3.84	178.60	184.90	181.75	1.28	2.16	1.61
	Akhir	4.13	3.68	3.90	198.74	201.90	200.32	1.50	1.98	1.74
O2B2	Awal	3.17	3.39	3.28	177.92	180.41	179.16	2.60	2.30	2.45
	Akhir	3.23	3.49	3.36	200.12	200.22	200.17	3.40	3.50	3.25
O2B3	Awal	3.04	3.42	3.23	177.21	177.33	177.27	2.22	2.10	2.16
	Akhir	3.29	3.95	3.62	198.44	197.06	197.75	3.65	2.89	3.27
O2B4	Awal	3.66	3.00	3.34	178.00	177.81	177.90	1.98	2.90	2.44
	Akhir	3.12	3.39	3.31	195.93	190.98	193.45	2.03	3.05	2.54
O3B1	Awal	4.27	3.64	3.95	178.20	182.81	180.51	1.40	1.50	1.45
	Akhir	4.49	3.11	3.80	189.68	199.69	194.68	2.00	2.12	2.06
O3B2	Awal	3.59	3.84	3.71	176.74	178.49	177.61	3.05	3.91	3.48
	Akhir	4.39	4.02	4.21	195.24	199.01	197.12	2.10	3.04	2.57
O3B3	Awal	3.71	3.63	3.67	180.72	177.82	180.29	1.25	2.27	1.86
	Akhir	3.22	4.31	3.77	195.10	199.42	197.26	3.06	3.40	3.23
O3B4	Awal	3.99	3.04	3.52	181.01	181.03	181.02	1.44	1.60	1.52
	Akhir	3.40	3.94	3.67	195.42	197.42	196.42	3.00	1.90	2.45
O4B1	Awal	4.27	4.77	4.52	176.48	178.08	177.28	1.15	1.19	1.34
	Akhir	6.52	5.12	5.82	196.72	195.10	195.66	1.22	1.18	1.20
O4B2	Awal	3.89	3.96	3.92	179.42	178.13	178.77	2.85	3.45	3.15
	Akhir	5.21	3.40	4.31	198.72	197.50	198.11	1.25	1.58	1.43
O4B3	Awal	3.79	3.76	3.77	180.72	177.50	179.11	2.02	2.60	2.31
	Akhir	3.40	3.94	3.67	195.42	197.42	196.42	3.00	1.90	2.45
O4B4	Awal	3.39	3.28	3.38	182.56	180.45	181.50	1.55	2.37	1.91
	Akhir	4.49	3.66	4.07	194.34	196.49	195.49	1.92	1.80	1.86



Lampiran 3b. Rekapitulasi Hasil Analisis *Rolling Oil* dengan Beberapa Macam Konsentrasi Bahan Pemucat

Jenis Bahan Pemucat		Bilangan Iod			Kadar Abu			Viskositas		
		1	2	Rata2	1	2	Rata2	1	2	Rata2
Pure Oil		55.44	50.59	53.26	54.20	0.00	0.00	36.00	36.00	36.00
O1B1	Awal	54.40	54.00	54.20	4.00	8.00	6.00	38.00	42.00	40.00
	Akhir	52.00	52.04	52.02	8.00	8.00	8.00	40.00	46.00	43.00
O1B2	Awal	49.65	49.55	49.60	0.00	0.00	0.00	26.00	34.00	30.00
	Akhir	53.69	52.69	53.19	0.00	0.00	0.00	26.00	28.00	27.00
O1B3	Awal	46.24	46.24	46.24	0.00	0.00	0.00	27.00	31.00	29.00
	Akhir	54.81	49.86	52.33	0.00	0.00	0.00	27.00	25.00	23.00
O1B4	Awal	42.40	46.36	44.38	0.00	0.00	0.00	29.00	25.00	27.00
	Akhir	51.00	50.13	50.57	0.00	0.00	0.00	26.00	24.00	25.00
O2B1	Awal	44.72	44.72	44.72	0.00	0.00	0.00	28.00	30.00	29.00
	Akhir	53.56	49.89	51.73	0.00	0.00	0.00	28.00	30.00	29.00
O2B2	Awal	49.54	49.50	49.52	0.00	0.00	0.00	30.00	32.00	31.00
	Akhir	52.84	51.20	52.02	0.00	0.00	0.00	32.00	34.00	33.00
O2B3	Awal	47.45	49.51	48.53	0.00	0.00	0.00	30.00	34.00	32.00
	Akhir	53.12	53.12	53.12	0.00	0.00	0.00	34.00	42.00	38.00
O2B4	Awal	50.85	48.05	49.45	0.00	0.00	0.00	28.00	30.00	29.00
	Akhir	53.75	49.05	51.40	0.00	0.00	0.00	26.00	34.00	30.00
O3B1	Awal	41.90	48.55	45.27	0.00	0.00	0.00	31.00	29.00	30.00
	Akhir	58.08	49.59	53.83	0.00	0.00	0.00	28.00	26.00	27.00
O3B2	Awal	47.02	49.77	48.49	0.00	0.00	0.00	26.00	32.00	31.00
	Akhir	55.09	53.47	54.28	0.00	0.00	0.00	32.00	44.00	38.00
O3B3	Awal	42.20	48.17	45.18	0.00	0.00	0.00	32.00	28.00	30.00
	Akhir	49.17	51.10	50.13	0.00	0.00	0.00	32.00	30.00	31.00
O3B4	Awal	48.74	47.66	48.20	0.00	0.00	0.00	28.00	32.00	30.00
	Akhir	48.17	53.74	50.95	0.00	0.00	0.00	25.00	31.00	31.00
O4B1	Awal	50.21	50.21	50.21	0.00	0.00	0.00	28.00	36.00	32.00
	Akhir	45.13	49.62	47.38	0.00	0.00	0.00	24.00	26.00	25.00
O4B2	Awal	46.35	49.62	47.98	0.00	0.00	0.00	28.00	26.00	27.00
	Akhir	53.49	53.21	53.35	0.00	0.00	0.00	32.00	38.00	35.00
O4B3	Awal	40.17	49.41	44.78	0.00	0.00	0.00	31.00	29.00	30.00
	Akhir	48.17	53.74	50.95	0.00	0.00	0.00	25.00	31.00	28.00
O4B4	Awal	48.59	49.21	48.90	0.00	0.00	0.00	26.00	30.00	28.00
	Akhir	54.10	54.40	54.25	0.00	0.00	0.00	29.00	25.00	27.00

Lampiran 3c. Rekapitulasi Hasil Analisis *Rolling Oil* dengan Beberapa Macam Konsentrasi Bahan Pemucat

Jenis Bahan Pemucat		Bobot Jenis			Warna (% Transmisi)			Rendemen		
		1	2	Rata2	1	2	Rata2	1	2	Rata2
Pure Oil		0.9708	0.9383	0.9546	87.50	90.00	88.75	-	-	-
O1B1	Awal	0.9373	0.9373	0.9373	70.00	76.00	73.00	99.10	99.24	99.17
	Akhir	0.9186	0.9186	0.9186	70.00	70.00	70.00	99.30	99.50	99.40
O1B2	Awal	0.9120	0.9112	0.9116	69.00	78.00	73.50	93.15	94.86	94.01
	Akhir	0.9168	0.9220	0.9194	83.00	85.00	84.00	97.05	95.05	96.05
O1B3	Awal	0.9135	0.9113	0.9124	82.00	78.00	80.00	93.21	95.66	94.43
	Akhir	0.9150	0.9178	0.9164	72.00	76.00	74.00	93.97	96.76	95.15
O1B4	Awal	0.9141	0.9181	0.9160	68.00	70.00	69.00	93.95	95.69	94.82
	Akhir	0.9139	0.9181	0.9160	70.00	72.00	71.00	94.98	96.76	95.87
O2B1	Awal	0.9137	0.9105	0.9121	72.00	68.00	70.00	95.81	94.36	95.08
	Akhir	0.9115	0.9145	0.9130	65.00	69.00	67.00	96.01	95.25	95.63
O2B2	Awal	0.9135	0.9165	0.9150	76.00	80.00	78.00	97.83	96.10	96.98
	Akhir	0.9135	0.9165	0.9150	71.00	83.00	77.00	98.58	98.84	98.31
O2B3	Awal	0.9149	0.9135	0.9142	73.00	79.00	76.00	97.62	97.65	97.63
	Akhir	0.9069	0.9186	0.9128	60.00	64.00	62.00	98.35	98.07	98.21
O2B4	Awal	0.9177	0.9180	0.9179	74.00	78.00	76.00	98.00	98.14	98.07
	Akhir	0.9192	0.9183	0.9188	78.00	82.00	80.00	98.23	97.88	98.06
O3B1	Awal	0.9125	0.9149	0.9137	77.00	73.00	75.00	95.44	94.58	95.01
	Akhir	0.9160	0.9170	0.9165	70.00	75.00	73.00	95.64	95.04	95.34
O3B2	Awal	0.9116	0.9144	0.9152	76.00	80.00	78.00	98.20	96.61	97.41
	Akhir	0.9122	0.9178	0.9150	68.00	83.00	77.00	98.40	98.23	98.31
O3B3	Awal	0.9155	0.9175	0.9165	69.50	71.50	70.50	98.01	99.26	98.63
	Akhir	0.9194	0.9173	0.9184	76.00	80.00	78.00	98.13	98.45	98.29
O3B4	Awal	0.9157	0.9193	0.9175	70.00	76.00	73.00	97.83	97.86	97.85
	Akhir	0.9149	0.9121	0.9135	70.00	77.00	73.50	98.02	97.84	97.93
O4B1	Awal	0.9132	0.9156	0.9144	60.00	62.00	61.00	95.50	95.62	96.06
	Akhir	0.9176	0.9180	0.9178	58.00	60.00	59.00	96.50	93.88	95.19
O4B2	Awal	0.9133	0.9149	0.9130	81.00	80.00	80.50	98.25	98.07	98.16
	Akhir	0.9145	0.9183	0.9164	84.00	80.00	82.00	98.63	98.62	98.63
O4B3	Awal	0.9137	0.9148	0.9143	61.00	79.00	70.00	98.60	98.28	98.44
	Akhir	0.9149	0.9121	0.9135	70.00	77.00	73.50	98.02	97.84	97.93
O4B4	Awal	0.9161	0.9135	0.9148	73.00	83.00	78.00	97.03	98.03	97.53
	Akhir	0.9176	0.9149	0.9163	73.00	75.00	74.00	98.22	98.25	98.23

Lampiran 4a. Tabel Sidik Ragam Bilangan Asam

Sumber perlakuan	dk	Jk	Kt	F-hit	F-Tab( $\alpha = 5\%$ )
<b>BLOK</b>	<b>1</b>	<b>0.89301589</b>	<b>0.89301589</b>	<b>12.57<sup>*</sup></b>	<b>4.54</b>
<b>Perlakuan :</b>					
<b>O</b>	<b>3</b>	<b>5.90015952</b>	<b>1.96671984</b>	<b>27.68<sup>*</sup></b>	<b>3.29</b>
<b>B</b>	<b>3</b>	<b>0.73526897</b>	<b>0.24508966</b>	<b>3.45<sup>*</sup></b>	<b>3.29</b>
<b>Interaksi :</b>					
<b>O*B</b>	<b>9</b>	<b>2.88723259</b>	<b>0.32080362</b>	<b>4.52<sup>*</sup></b>	<b>2.59</b>
<b>Kekeliruan :</b>	<b>15</b>	<b>1.06579254</b>	<b>0.07105284</b>		
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>11.48146952</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Lampiran 4b. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Asam Oksalat terhadap Bilangan Asam

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
<b>O4</b>	<b>4.278</b>	<b>A</b>
<b>O3</b>	<b>3.791</b>	<b>B</b>
<b>O2</b>	<b>3.489</b>	<b>C</b>
<b>O1</b>	<b>3.104</b>	<b>D</b>

Lampiran 4c. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Bentonit terhadap Bilangan Asam

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
<b>B1</b>	<b>3.882</b>	<b>A</b>
<b>B2</b>	<b>3.678</b>	<b>B A</b>
<b>B3</b>	<b>3.649</b>	<b>B A</b>
<b>B4</b>	<b>3.454</b>	<b>B</b>

Lampiran 4d. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Interaksi terhadap Bilangan Asam

Level	Rata-rata	$\alpha = 5\%$
O1B1	2.600	A
O1B2	3.192	AB
O1B3	3.301	ABC
O2B4	3.318	ABC
O1B3	3.324	ABC
O2B2	3.326	ABC
O2B4	3.433	ABC
O3B1	3.878	BC
O3B2	3.965	BC
O3B3	3.723	BC
O2B1	3.877	BC
O4B3	4.116	C
O4B2	4.119	C
O4B1	5.170	D

Lampiran 5a. Tabel Sidik Ragam Bilangan Penyabunan

Sumber perlakuan	dk	Jk	Kt	F-hit F-Tab ( $\alpha = 5\%$ )	
BLOK	1	2371.504015	2371.504015	490.04 <sup>*</sup>	4.54
Perlakuan :					
O	3	69.081536	23.027179	4.76 <sup>*</sup>	3.29
B	3	52.981555	17.660518	3.65 <sup>*</sup>	3.29
Interaksi :					
O*B	9	249.243419	27.693713	5.72 <sup>*</sup>	2.59
Kekeliruan :	15	72.590090	4.839379		
Total	31	2815.401215	-	-	-

Lampiran 5b. Hasil Uji Lanjut Duncan Asam pengaruh Asam Oksalat terhadap Bilangan Penyabunan

Level	Rata-rata	$\alpha = 5\%$
O2	188.476	A
O3	188.137	A
O4	187.847	A
O1	184.799	B

Lampiran 5c. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Bentonit terhadap Bilangan Penyabunan

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
B3	188.855	A
B4	187.898	A
B2	187.163	B A
B1	185.343	B

Lampiran 5d. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Interaksi terhadap Bilangan Penyabunan

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
O1B1	176.262	A
O1B2	183.161	A
O2B4	185.682	A
O4B1	186.471	A
O3B2	187.373	A
O2B3	187.514	A
O3B1	187.601	A
O4B3	188.007	A
O4B2	188.446	A
O4B4	188.462	A
O1B4	188.722	A
O3B4	188.724	A
O3B3	188.847	A
O2B2	189.671	A
O2B1	191.037	A
O1B3	191.050	A

Lampiran 6a. Tabel Sidik Ragam Bilangan Peroksida

Sumber perlakuan	dk	Jk	Kt	F-hit F-Tab( $\alpha = 5\%$ )	
BLOK	1	0.07605000	0.07605000	0.19	4.54
Perlakuan :					
O	3	0.99082500	0.33027500	0.83	3.29
B	3	0.83342500	0.27780833	0.70	3.29
Interaksi :					
O*B	9	9.64050000	1.07116667	2.70*	2.59
Kekeliruan :	15	5.95035000			
Total	31	17.49115000	-	-	-

Lampiran 6b. Hasil Uji Lanjut Duncan Interaksi terhadap Bilangan Peroksida

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
O4B1	1.270	A
O1B2	1.690	AB
O2B1	1.725	AB
O3B1	1.755	AB
O1B3	1.800	AB
O3B4	1.985	AB
O1B4	2.010	AB
O4B2	2.290	ABC
O4B3	2.439	ABC
O2B4	2.490	ABC
O3B3	2.545	ABC
O2B3	2.715	ABC
O2B2	2.850	BC
O3B2	3.025	BC
O1B1	3.704	C

Lampiran 7a. Tabel Sidik Ragam Bilangan Iod

Sumber perlakuan	dk	Jk	Kt	F-hit	F-tab
BLOK	1	152.1051413	152.1051413	34.85*	4.54
Perlakuan :					
O	3	4.4570539	1.4856846	0.34	3.29
B	3	15.7200464	5.2400155	0.20	3.29
Interaksi :					
O*B	9	69.5671289	7.7296810	1.77	2.59
Kekeliruan :	15	65.4667448			
Total	31	307.3161153	-	-	-

Lampiran 8a. Tabel Sidik Ragam Kadar Abu

Sumber perlakuan	dk	Jk	Kt	F-hit	F-tab
BLOK	1	0.1250	0.1250	1.00	4.54
Perlakuan :					
O	3	18.3750	6.1250	49.00*	3.29
B	3	18.3750	6.1250	49.00*	3.29
Interaksi :					
O*B	9	55.1250	6.1250	49.00*	2.59
Kekeliruan :	15	1.8750			
Total	31	93.8750	-	-	-



Lampiran 8b. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Asam Oksalat terhadap Kadar Abu

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
O4	0.000	A
O3	0.000	A
O2	0.000	A
O1	1.750	B

Lampiran 8c. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Bentonit terhadap Kadar Abu

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
B3	0.000	A
B4	0.000	A
B2	0.000	A
B1	1.750	B

Lampiran 9a. Tabel Sidik Ragam Bobot Jenis

Sumber perlakuan	dk	Jk	Kt	F-hit	F-tab
BLOK	1	0.00000171	0.00000171	0.27	4.54
Perlakuan :					
O	3	0.00004656	0.00001552	0.95	3.29
B	3	0.00004705	0.00001568	0.96	3.29
Interaksi :					
O*B	9	0.00027469	0.00003052	1.86	2.59
Kekeliruan :	15	0.00024629			
Total	31	0.00061630	-	-	-

Lampiran 10a. Tabel Sidik Ragam Viskositas

Sumber perlakuan	dk	Jk	Kt	F-hit	F-tab
<b>BLOK</b>	<b>1</b>	<b>2.5312500</b>	<b>2.5312500</b>	<b>0.27</b>	<b>4.54</b>
<b>Perlakuan :</b>					
<b>O</b>	<b>3</b>	<b>16.8437500</b>	<b>5.6145833</b>	<b>0.59</b>	<b>3.29</b>
<b>B</b>	<b>3</b>	<b>70.0937500</b>	<b>23.3645833</b>	<b>2.47</b>	<b>3.29</b>
<b>Interaksi :</b>					
<b>O*B</b>	<b>9</b>	<b>336.5312500</b>	<b>37.3923611</b>	<b>3.95*</b>	<b>2.59</b>
<b>Kekeliruan :</b>	<b>15</b>	<b>141.9687500</b>			
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>567.9687500</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Lampiran 10b. Hasil Uji Lanjut pengaruh Interaksi terhadap Viskositas

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
O1B4	26.000	A
O1B2	27.000	AB
O4B4	27.500	AB
O3B1	28.500	ABC
O4B1	28.500	ABC
O1B2	28.500	ABC
O3B4	29.000	ABC
O2B1	29.000	ABC
O3B3	30.500	ABC
O3B4	30.500	ABC
O4B2	31.000	ABC
O2B2	32.000	ABC
O3B2	33.500	BC
O2B3	35.000	C
O1B1	41.500	C

Lampiran 11a. Tabel Sidik Ragam Rendemen

Sumber perlakuan	dk	Jk	Kt	F-hit	F-Tab( $\alpha = 5\%$ )
<b>BLOK</b>	<b>1</b>	<b>1.79930450</b>	<b>1.79930450</b>	<b>7.44*</b>	<b>4.54</b>
<b>Perlakuan :</b>					
<b>O</b>	<b>3</b>	<b>10.16383212</b>	<b>6.05675503</b>	<b>14.01*</b>	<b>3.29</b>
<b>B</b>	<b>3</b>	<b>5.62790250</b>	<b>3.88766703</b>	<b>7.48*</b>	<b>3.29</b>
<b>Interaksi :</b>					
<b>O*B</b>	<b>9</b>	<b>54.81251263</b>	<b>6.09027918</b>	<b>25.81*</b>	<b>2.59</b>
<b>Kekeliruan :</b>	<b>15</b>	<b>3.62790250</b>			
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>75.83192488</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Lampiran 11b. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Asam Oksalat terhadap Rendemen

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
O4	97.565	A
O3	97.349	A
O2	97.248	A
O1	95.113	B

Lampiran 11c. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Bentonit terhadap Rendemen

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
B3	97.384	A
B4	97.298	A
B2	97.232	A
B1	96.362	B

Lampiran 12a. Tabel Sidik Ragam Warna (% transmisi)

Sumber perlakuan	dk	Jk	Kt	F-hit	F-Tab ( $\alpha = 5\%$ )
BLOK	1	3.6113281	3.6113281	0.22	4.54
Perlakuan :					
O	3	18.6152344	6.2050781	0.38	3.29
B	3	314.4902344	104.8300781	6.49*	3.29
Interaksi :					
O*B	9	457.6582031	50.8509115	3.15*	2.59
Kekeliruan :	15	242.2949219			
Total	31	1036.6699219	-	-	-

Lampiran 12b. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Bentonit terhadap Warna (% transmisi)

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
B2	77.188	A
B4	74.313	A
B3	72.906	A
B1	68.500	B

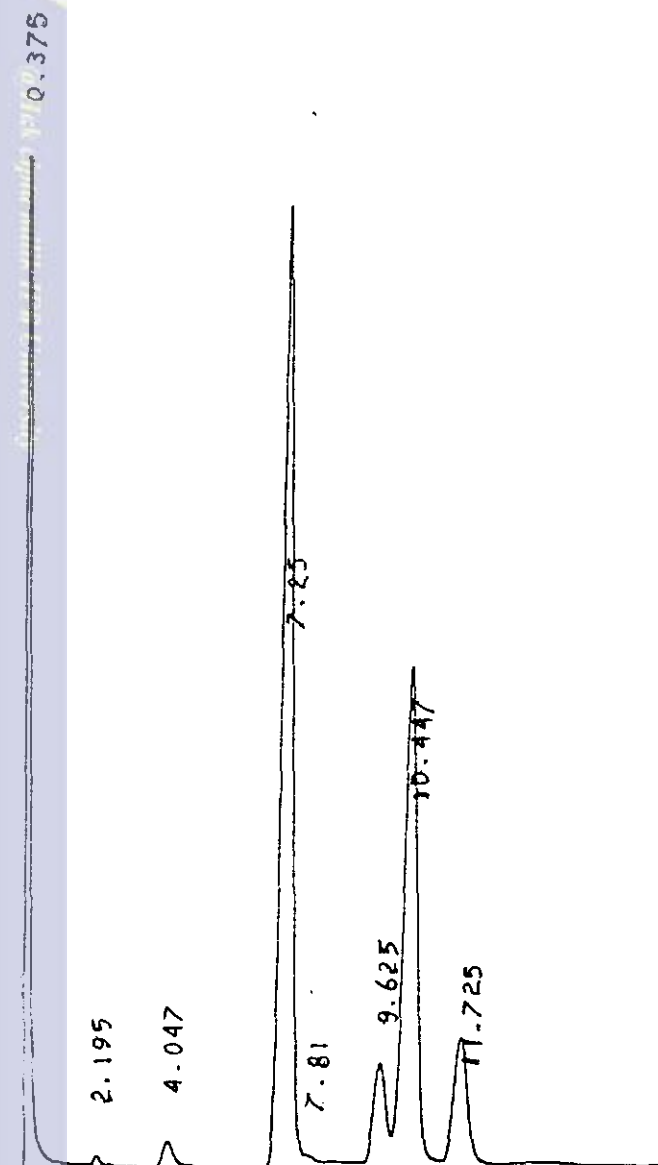
Lampiran 12c. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh Interaksi terhadap Warna (% transmisi)

Level	Rata-rata	$\alpha=5\%$
O4B1	60.000	A
O2B1	68.500	A
O2B3	69.000	A
O1B4	70.000	AB
O3B2	71.250	AB
O4B3	71.375	AB
O1B1	71.500	AB
O3B4	73.250	ABC
O3B1	74.000	ABC
O3B3	74.250	ABC
O4B4	76.000	ABC
O1B3	77.000	ABC
O2B2	77.500	ABC
O2B4	78.000	ABC
O1B2	78.750	BC
O4B2	81.250	C

Keterangan:

\* = Berpengaruh nyata

Lampiran 13a. Kromatogram dari *Pure Oil*

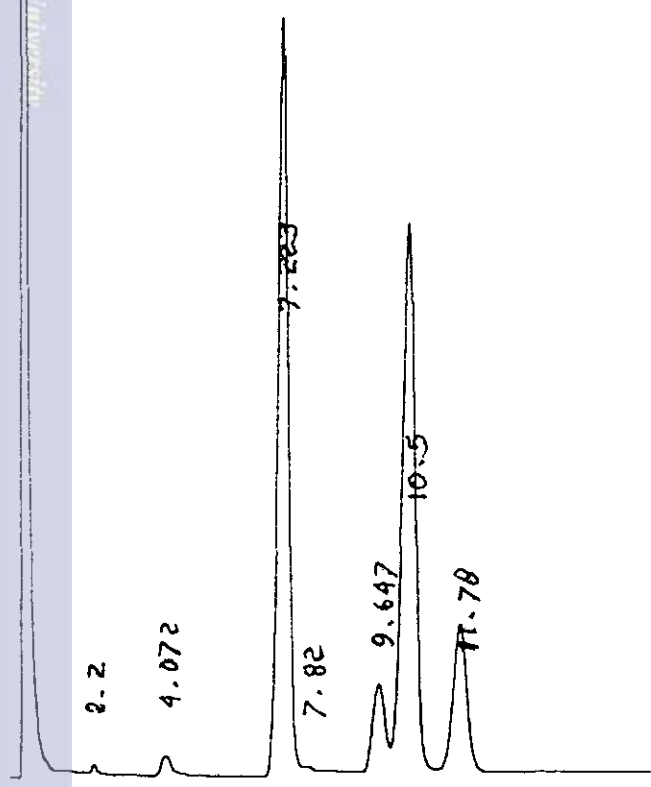


IND	TIME	AREA	PK	INDO	CONC
1	0.375	1335668			53.8818
2	2.195	3193			0.1288
3	4.647	14131			0.5781
4	7.25	572609			23.0991
5	7.81	2742	M		0.1106
6	9.625	24016			2.9858
7	10.447	171388	M		15.002
8	11.725	104456	M		4.2138
		-----			-----
	TOTAL	20473924			100



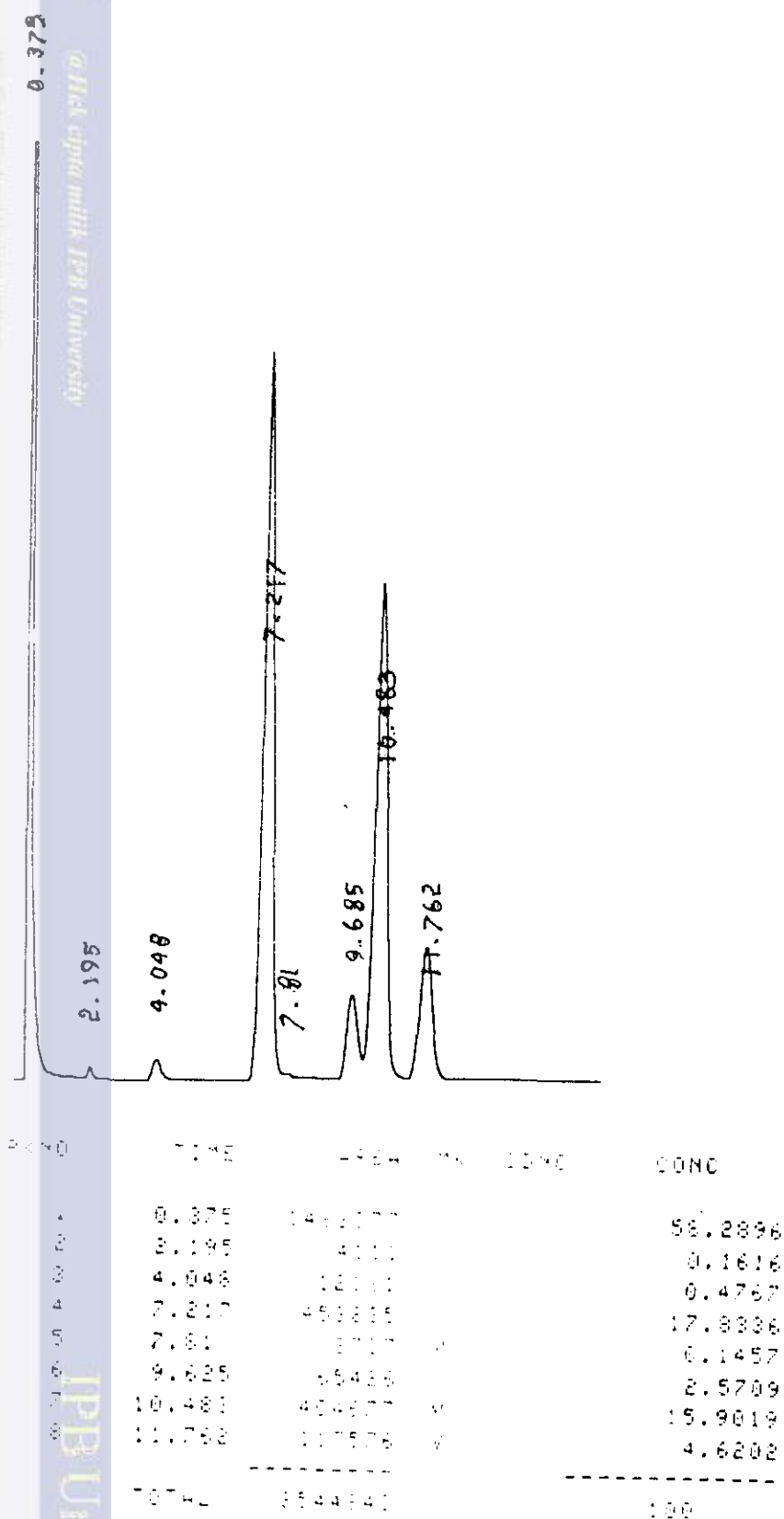
Lampiran 13c. Kromatogram dari *Rolling Oil* Periode Awal dengan penambahan asam oksalat 0.25 % dan bentonit 0.5 % (O2B2)

526.0  
0.375

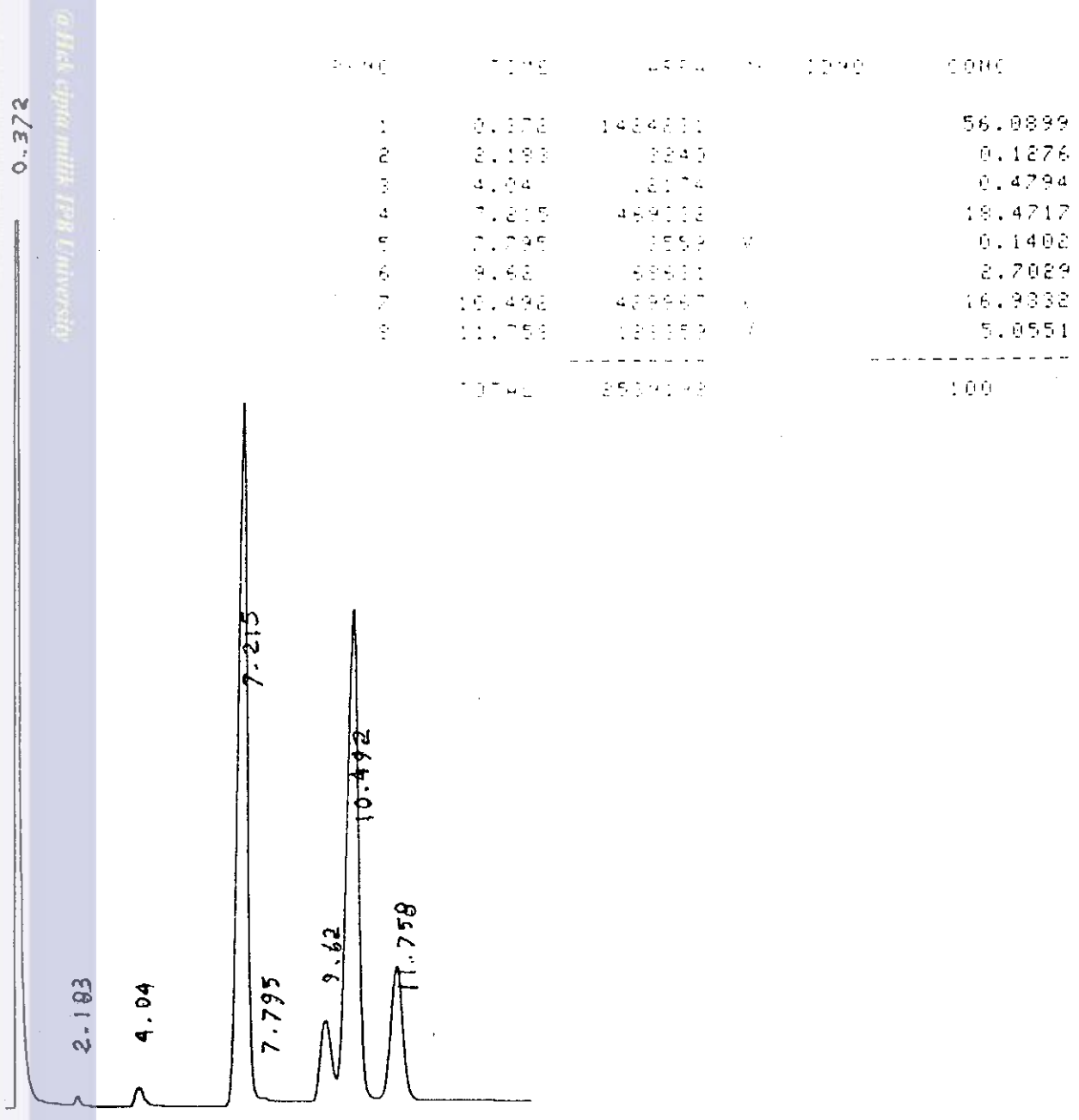


PK NO	TIME	AREA	%	1000	CONC
1	0.375	1521186			58.9743
2	2.2	1303			0.128
3	4.072	11096			0.14301
4	7.821	437731			16.9702
5	7.82	1907			0.1515
6	9.647	64669			2.5068
7	10.5	614601			16.0716
8	11.78	126991			4.7675
TOTAL		2579744			100

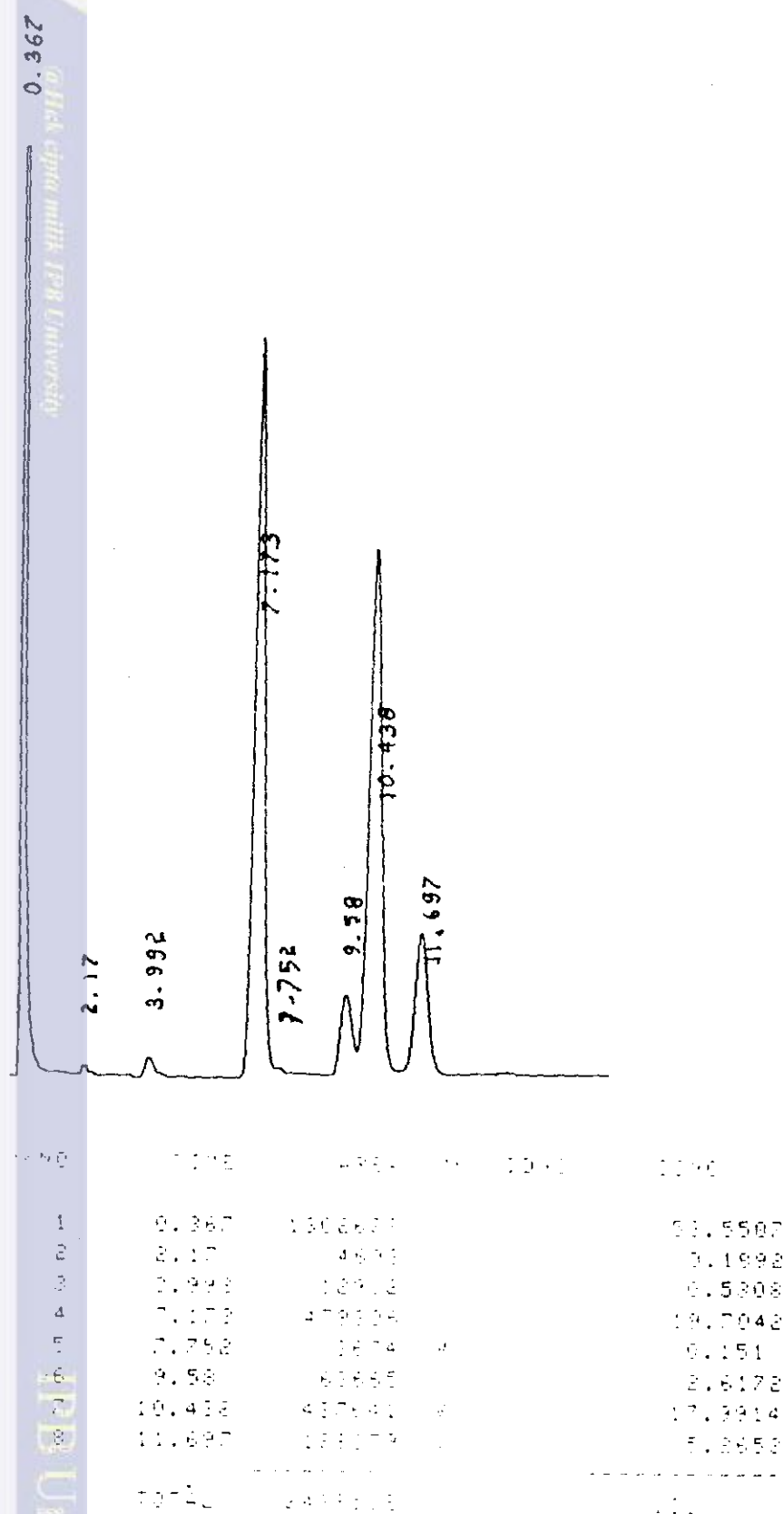
Lampiran 13d. Kromatogram dari *Rolling Oil* Periode Awal dengan penambahan asam oksalat 0.5 % dan bentonit 1.5 % (O3B3)



Lampiran 13e. Kromatogram dari *Rolling Oil* Periode Awal dengan penambahan asam oksalat 0.75 % dan bentonit 2.5 % (O4B4)

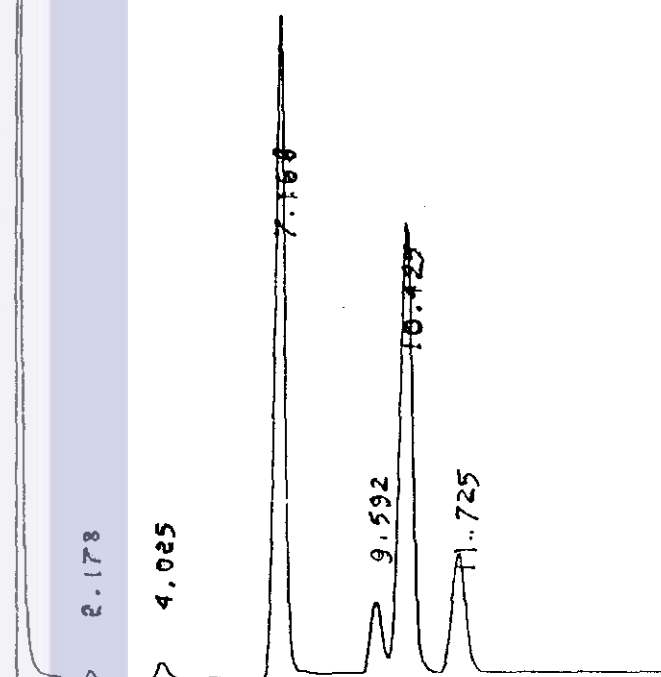


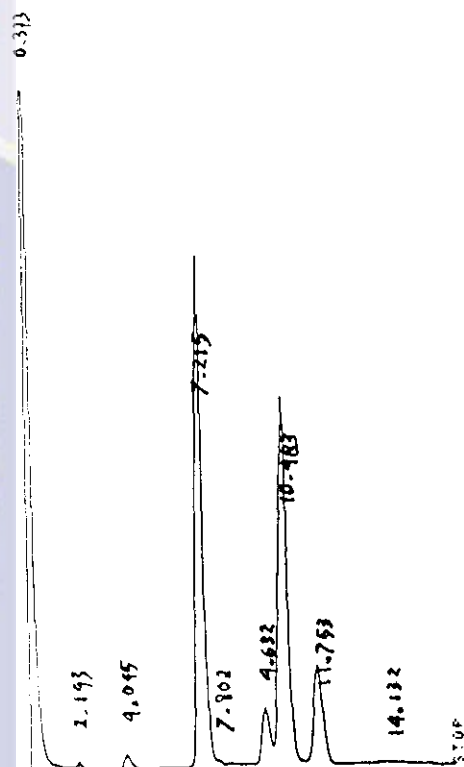
Hasil Cipta Produk dari Unit yang bersangkutan  
 1. Dihasilkan sebagai bagian dari kegiatan penelitian dan pengembangan  
 2. Berwujud dan tidak berwujud  
 3. Berwujud dan berwujud  
 4. Berwujud dan berwujud  
 5. Berwujud dan berwujud  
 6. Berwujud dan berwujud  
 7. Berwujud dan berwujud  
 8. Berwujud dan berwujud  
 9. Berwujud dan berwujud  
 10. Berwujud dan berwujud  
 11. Berwujud dan berwujud  
 12. Berwujud dan berwujud  
 13. Berwujud dan berwujud  
 14. Berwujud dan berwujud  
 15. Berwujud dan berwujud  
 16. Berwujud dan berwujud  
 17. Berwujud dan berwujud  
 18. Berwujud dan berwujud  
 19. Berwujud dan berwujud  
 20. Berwujud dan berwujud  
 21. Berwujud dan berwujud  
 22. Berwujud dan berwujud  
 23. Berwujud dan berwujud  
 24. Berwujud dan berwujud  
 25. Berwujud dan berwujud  
 26. Berwujud dan berwujud  
 27. Berwujud dan berwujud  
 28. Berwujud dan berwujud  
 29. Berwujud dan berwujud  
 30. Berwujud dan berwujud  
 31. Berwujud dan berwujud  
 32. Berwujud dan berwujud  
 33. Berwujud dan berwujud  
 34. Berwujud dan berwujud  
 35. Berwujud dan berwujud  
 36. Berwujud dan berwujud  
 37. Berwujud dan berwujud  
 38. Berwujud dan berwujud  
 39. Berwujud dan berwujud  
 40. Berwujud dan berwujud  
 41. Berwujud dan berwujud  
 42. Berwujud dan berwujud  
 43. Berwujud dan berwujud  
 44. Berwujud dan berwujud  
 45. Berwujud dan berwujud  
 46. Berwujud dan berwujud  
 47. Berwujud dan berwujud  
 48. Berwujud dan berwujud  
 49. Berwujud dan berwujud  
 50. Berwujud dan berwujud  
 51. Berwujud dan berwujud  
 52. Berwujud dan berwujud  
 53. Berwujud dan berwujud  
 54. Berwujud dan berwujud  
 55. Berwujud dan berwujud  
 56. Berwujud dan berwujud  
 57. Berwujud dan berwujud  
 58. Berwujud dan berwujud  
 59. Berwujud dan berwujud  
 60. Berwujud dan berwujud  
 61. Berwujud dan berwujud  
 62. Berwujud dan berwujud  
 63. Berwujud dan berwujud  
 64. Berwujud dan berwujud  
 65. Berwujud dan berwujud  
 66. Berwujud dan berwujud  
 67. Berwujud dan berwujud  
 68. Berwujud dan berwujud  
 69. Berwujud dan berwujud  
 70. Berwujud dan berwujud  
 71. Berwujud dan berwujud  
 72. Berwujud dan berwujud  
 73. Berwujud dan berwujud  
 74. Berwujud dan berwujud  
 75. Berwujud dan berwujud  
 76. Berwujud dan berwujud  
 77. Berwujud dan berwujud  
 78. Berwujud dan berwujud  
 79. Berwujud dan berwujud  
 80. Berwujud dan berwujud  
 81. Berwujud dan berwujud  
 82. Berwujud dan berwujud  
 83. Berwujud dan berwujud  
 84. Berwujud dan berwujud  
 85. Berwujud dan berwujud  
 86. Berwujud dan berwujud  
 87. Berwujud dan berwujud  
 88. Berwujud dan berwujud  
 89. Berwujud dan berwujud  
 90. Berwujud dan berwujud  
 91. Berwujud dan berwujud  
 92. Berwujud dan berwujud  
 93. Berwujud dan berwujud  
 94. Berwujud dan berwujud  
 95. Berwujud dan berwujud  
 96. Berwujud dan berwujud  
 97. Berwujud dan berwujud  
 98. Berwujud dan berwujud  
 99. Berwujud dan berwujud  
 100. Berwujud dan berwujud



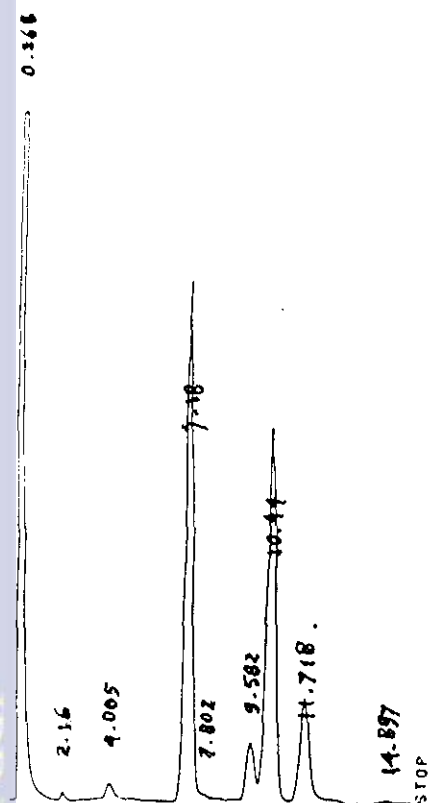
Lampiran 13g. Kromatogram dari *Rolling Oil* Periode Akhir dengan penambahan asam oksalat 0.5 % dan bentonit 1.5 % (O3B5)

PKNO	TIME	AREA	PK	1000	CONC
1	0.373	1348705			1.445
2	2.173	8803			1.1277
3	4.025	9584			0.4339
4	7.168	362602			16.5196
5	9.592	48805			2.2235
6	10.425	328108	✓		14.9481
7	11.725	94431	✓		4.3022
TOTAL		2194978			100





No	Time	Area	Conc
1	0.373	1522185	58.3887
2	2.193	3750	0.1439
3	4.045	12966	0.4973
4	7.215	454919	17.45
5	7.802	7197	0.1226
6	9.632	61890	2.374
7	10.482	421116	16.1934
8	11.753	124136	4.7617
9	14.132	2828	0.1085
Total		2606987	100

Lampiran 13i. Kromatogram dari *Rolling Oil* Periode Akhir dengan penambahan asam oksalat 0.75 % dan bentonit 2.5 % (O4B4)

NO	TIME	AREA	PK	IDNO	CONC
1	0.368	1597106			59.5799
2	2.16	3854			0.1438
3	4.005	11916			0.4445
4	7.16	454244			16.9455
5	7.802	3051	V		0.1142
6	9.582	59664			2.2034
7	10.44	411023	V		15.3332
8	11.718	135171	V		5.0425
9	14.897	5176			0.1921
TOTAL		2680613			100