

**STUDI PENANGANAN LIMBAH *SOLVENT*
SISA ANALISIS *ACIDITY* UNTUK PENGENDALIAN
PENCEMARAN LINGKUNGAN DI PERTAMINA UP IV
CILACAP**



Tesis

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-2**

Magister Kesehatan Lingkungan

**CAHYO CONDRO SUSILO
E4B004087**

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
2006**

PENGESAHAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis yang berjudul :

STUDI PENANGANAN LIMBAH *SOLVENT* SISA ANALISIS *ACIDITY* UNTUK PENGENDALIAN PENCEMARAN LINGKUNGAN DI PERTAMINA UP IV CILACAP

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Cahyo Condro Susilo

NIM : EB004087

Telah dipertahankan di depan penguji pada tanggal 01 Desember 2006 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Onny Setiani, Ph.D
NIP. 131958807

Ir. Mursid Raharjo, M.Si
NIP. 131892625

Penguji I

Penguji II

Ir. Laila Faizah, M.Kes
NIP. 132174829

Soedjono, SKM, M.Kes
NIP. 140090033

Semarang, 01 Desember 2006
Universitas Diponegoro
Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan
Ketua Program

Dr. Onny Setiani, Ph.D
NIP. 131958807

ABSTRACT

Cahyo Condro Susilo

The Study on the Solvent Waste Treatment from Acidity Analysis to Control the Environment Pollution at Pertamina UP IV Cilacap

X + 99 pages + 13 tables + 5 pictures + 7 attachments

Solvent acidity waste is a potential hazard resulted from the refinery processing acidity at Pertamina UP IV Cilacap. The identification from refinery laboratory shows that acidity waste including the hazardous and poisonous material waste have been accumulated in the amount of 72 liters per year. This condition may cause danger to the health of the workers and their working environment if there is no well programmed action to control it. Pertamina UP IV has applied an environmental management system based on ISO 14001, including the hazardous and poisonous material waste management referring to The Government Regulation Number 18/1999 Jo The Government Regulation No 85/1999 to support The Republic of Indonesia Law Number 23, 1997 regarding the Living Environment Control. The purpose of this research is to control the solvent acidity waste as a part of the efforts to control the environment pollution at Pertamina UP IV Cilacap.

The research method used was a Quasy Experimental with the Control-group pretest-postest design. The data is collected by identifying solvent acidity waste with leveled distillation as the research variables, followed by concentration level test on the distillation outcome material.

The research shows achievement figure on solvent acidity waste control with various level of distillation. Isopropyl alcohol is resulted at the temperature of 81.0 degree Celcius and Toluene at the temperature of 110.6 degree Celcius. The material resulted from that recycling can be reused for cooling media as solvent.

It can be concluded that solvent acidity can be recycled by various level of distillation. This recycling research results 48.2 % Isopropyl alcohol, 31.8 % Toluene and 20.0 % residue. This is very beneficial for the company because the environment pollution can be controlled.

Key Words : Solvent Waste Treatment, Acidity Analysis Environmental Pollution.
Literary Source : 23 (1976 – 2005)

ABSTRAK

Cahyo Condro Susilo

Studi Penanganan Limbah *Solvent* Sisa Analisis *Acidity* untuk Pengendalian
Pencemaran Lingkungan di Pertamina UP IV Cilacap

X + 99 Halaman + 13 tabel + 5 gambar + 7 lampiran

Limbah *solvent acidity* merupakan potensial *hazard* dari kegiatan Kilang Pertamina UP IV Cilacap, hasil identifikasi di Laboratorium Kilang menunjukkan limbah *acidity* termasuk limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), dan terkumpul sebanyak 72 liter per tahun. Kondisi ini dapat menimbulkan bahaya kesehatan bagi pekerja dan lingkungan kerja tersebut apabila tidak dilakukan upaya pengendalian yang terprogram dengan baik. Pertamina UP IV telah menerapkan program sistem manajemen lingkungan ISO 14001 termasuk pengelolaan limbah B3 dengan mengacu pada Peraturan Pemerintah no. 18/1999 jo Peraturan Pemerintah no. 85/1999 untuk mendukung Undang Undang Republik Indonesia no. 23 Tahun 1997 tentang Pengendalian Lingkungan Hidup. Tujuan penelitian ini untuk melakukan penanganan limbah *solvent acidity* dalam kaitannya dengan upaya pengendalian pencemaran lingkungan di Pertamina UP IV Cilacap.

Metode penelitian adalah eksperimen semu (*Quasy Experiment*) dengan rancangan penelitian *pretest* dan *posttest* dengan kelompok kontrol (*Control-group pretest-posttest design*). Pengumpulan data dilakukan dengan cara identifikasi limbah *solvent acidity*, dengan variabel-variabel penelitian adalah distilasi bertingkat dilanjutkan pemeriksaan tingkat konsentrasi pada material hasil penyulingan.

Hasil penelitian didapatkan gambaran pencapaian penanganan limbah *solvent acidity* dengan cara distilasi bertingkat dan diperoleh *Isopropyl alcohol* pada suhu 81.0 °C dan *toluene* pada suhu 110.6 °C. Material hasil daur ulang tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk media pendingin maupun sebagai pelarut.

Kesimpulan penelitian adalah limbah *solvent acidity* dapat di daur ulang dengan cara distilasi bertingkat, penelitian daur ulang ini memperoleh 48.2 % *Isopropyl alcohol*, 31.8 % *Toluene* dan 20.0 % residu. Hal ini sangat menguntungkan perusahaan karena pencemaran lingkungan terkendali dan kesehatan pekerja tidak terganggu oleh paparan limbah *solvent acidity*.

Kata kunci : Penanganan Limbah Acidity, Pencemaran Lingkungan.
Kepustakaan : 23 (1976–2005)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kehadirat Allah SWT, penulis akhirnya dapat menyelesaikan tesis dengan judul : “Studi Penanganan Limbah *Solvent Sisa Analisis Acidity* untuk Pengendalian Pencemaran Lingkungan di PERTAMINA UP IV Cilacap”.

Tesis ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan memperoleh derajat Sarjana S2 pada Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Pada kesempatan ini saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Direktur Pascasarjana Universitas Diponegoro beserta staf yang telah memberi fasilitas serta kemudahan selama saya menuntut ilmu.
2. Ka. Laboratorium Kilang Pertamina UP IV Cilacap beserta staf yang telah mendukung dan telah memberi informasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
3. Dr Onny Setiani, Ph.D, selaku Ketua Program Pascasarjana Kesehatan Lingkungan sekaligus sebagai pembimbing utama, atas saran dan bimbingan yang ikhlas dan sungguh-sungguh sehingga memudahkan penulis dalam menyusun tesis ini.
4. Ir Mursid Raharjo, Msi selaku dosen pembimbing kedua yang telah ikhlas dan bersungguh-sungguh memberikan saran yang berharga selama koreksi pada penulisan tesis ini.
5. Istri dan anak-anak yang selalu mendukung dan mendoakan sehingga penyusunan tesis ini dapat berjalan dengan lancar.
6. Teman-teman kuliah seangkatan dari Cilacap dan dari Semarang serta semua pihak yang telah membantu dan memberikan kemudahan sejak pengusulan sampai dengan selesainya penulisan tesis ini.

Penulis menyadari tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati saya mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tesis ini.

Akhirnya, semoga tesis ini memberikan manfaat bagi siapa saja yang berkenan membacanya.

Cilacap, 01 Desember 2006

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian.....	7
D. Manfaat Penelitian.....	7
E. Ruang Lingkup Penelitian	8
F. Keaslian Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
A. Sumber Limbah <i>Solvent Acidity</i>	11
B. Dampak Limbah <i>Solvent Acidity</i> Terhadap Kesehatan	12
C. Dampak Limbah <i>Solvent Acidity</i> Terhadap Lingkungan.....	14
D. Minimasi Limbah B3.....	20
E. Distilasi Hempel Metode UOP 77	25
F. Parameter Analisis.....	27
G. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).....	28
H. Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah B3.....	41
I. Pengolahan Minyak Mentah.....	42
J. Proses Pengolahan Pelumas.....	46
K. Analisis Ekonomis.....	48
L. Kerangka Teori.....	49
BAB III METODE PENELITIAN	50
A. Kerangka Konsep Penelitian	50
B. Hipotesis Penelitian	50
C. Variabel Penelitian	51
D. Definisi Operasional Variabel	51
E. Rancangan Penelitian.....	52
F. Populasi dan Sampel.....	54
G. Prosedur Penelitian.....	55
H. Prosedur Pemeriksaan <i>Acid Number</i>	56
I. Prosedur Daur Ulang Limbah <i>Acidity</i>	57
J. Pengumpulan Data.....	57

K. Pengolahan Data.....	58
BAB IV HASIL PENELITIAN.....	59
A. Gambaran Umum Objek Penelitian.....	59
B. Hasil Penelitian	65
C. Analisis Data.....	89
BAB V PEMBAHASAN.....	92
A. Limbah <i>Acidity</i> di Laboratorium Pertamina UP IV Berdasarkan Hasil Penelitian	92
B. Penanganan Daur Ulang Limbah <i>Acidity</i> Dengan Distilasi Bertingkat.....	93
C. Efektifitas Daur Ulang	94
D. Faktor-faktor Keberhasilan Daur Ulang	94
E. Hubungan Penelitian Daur Ulang Limbah <i>Acidity</i> Dengan Peneliti Lain	95
F. Kelemahan Penelitian.....	95
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	96
A. Kesimpulan	96
B. Saran	97
DAFTAR PUSTAKA.....	98
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Titik Didih Dari <i>Isopropyl Alcohol</i> Hasil Daur Ulang Pada Kondisi Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum di Laboratorium Kilang Pertamina UP IV.....	66
Tabel 4.2	Selisih Titik Didih <i>Isopropyl Alcohol</i> Antara Sebelum dan Sesudah Perubahan Vakum Dengan Berbagai Variasi Vakum Pada Proses Daur Ulang.....	67
Tabel 4.3	Hasil T-Test dari Titik Didih <i>Isopropyl Alcohol</i> /IPA Sebelum Perubahan Vakum – Setelah Perubahan Vakum.....	68
Tabel 4.4	Hasil Hasil <i>Output Oneway</i> dari Selisih Antara Titik Didih <i>Isopropyl Alcohol</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	69
Tabel 4.5	Hasil <i>Output Anova</i> dari Selisih antara Titik Didih <i>Isopropyl Alcohol</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	69
Tabel 4.6	Hasil <i>Output Post Hoc Test</i> dari Selisih antara Titik Didih <i>Isopropyl Alcohol</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	70
Tabel 4.7	Prosentase (%) Perubahan Titik Didih <i>Isopropyl Alcohol</i> antara Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	71
Tabel 4.8	Hasil Pemeriksaan Titik Didih <i>Toluene</i> pada Proses Daur Ulang pada Kondisi Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum di Laboratorium Kilang Pertamina UP IV	72
Tabel 4.9	Selisih dari Titik Didih <i>Toluene</i> antara Sebelum dan Sesudah Perubahan Vakum dengan Berbagai Variasi Kevakuman.....	73
Tabel 4.10	Hasil T -Test dari Titik Didih <i>Toluene</i> Sebelum Perubahan Vakum – Setelah Perubahan Vakum	74
Tabel 4.11	Hasil <i>Output Oneway</i> dari Selisih antara Titik Didih <i>Toluene</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	75
Tabel 4.12	Hasil <i>Output Anova</i> dari Selisih antara Titik Didih <i>Toluene</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	75
Tabel 4.13	Hasil <i>Output Post Hoc Test</i> dari Selisih antara Titik Didih <i>Toluene</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	76
Tabel 4.14	Prosentase (%) Perubahan Titik Didih <i>Toluene</i> antara Sebelum	

	dan Sesudah Perlakuan Daur Ulang.....	77
Tabel 4.15	Pemeriksaan Berat Jenis antara <i>Isopropyl Alcohol</i> Hasil Daur Ulang dengan Variasi Vakum dan <i>Isopropyl Alcohol</i> Baru.....	78
Tabel 4.16	Hasil <i>Output T-Test</i> dari Berat Jenis <i>Isopropyl Alcohol</i> Sebelum Perubahan Vakum – Setelah Perubahan Vakum.....	79
Tabel 4.17	Hasil <i>Output Oneway</i> dari Selisih antara Berat Jenis <i>Isopropyl Alcohol</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	80
Tabel 4.18	Hasil <i>Output Anova</i> dari Selisih antara Berat Jenis <i>Isopropyl Alcohol</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	80
Tabel 4.19	Hasil <i>Output Post Hoc Test</i> dari Selisih antara Berat Jenis <i>Isopropyl Alcohol</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	81
Tabel 4.20	Perbandingan Pemeriksaan Berat Jenis pada suhu 20 °C antara <i>Toluene</i> Hasil Daur Ulang pada Variasi Vakum dengan <i>Toluene</i> Baru.....	82
Tabel 4.21	Hasil <i>Output T-Test</i> dari Berat Jenis <i>Toluene</i> Sebelum Perubahan Vakum – Setelah Perubahan Vakum.....	83
Tabel 4.22	Hasil <i>Output Oneway</i> dari Selisih antara Berat Jenis <i>Toluene</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	84
Tabel 4.23	Hasil <i>Output Anova</i> dari Selisih antara Berat Jenis <i>Toluene</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	84
Tabel 4.24	Hasil <i>Output Post Hoc Test</i> dari Selisih antara Berat Jenis <i>Toluene</i> Sebelum dan Sesudah Perlakuan Perubahan Vakum.....	85
Tabel 4.25	Pemeriksaan Titik Didih <i>Isopropyl Alcohol</i> Hasil Daur Ulang dengan Variasi Vakum dan <i>Isopropyl Alcohol</i> Baru.....	86
Tabel 4.26	Pemeriksaan Titik Didih <i>Toluene</i> Hasil Daur Ulang dengan Variasi Vakum dan <i>Toluene</i> Baru.....	87
Tabel 4.27	Hasil Daur Ulang <i>Isopropyl Alcohol</i> dan <i>Toluene</i>	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Teknik Minimasi Limbah.....	22
Gambar 2.2	Distilasi Hempel Kondisi Atmosferik	26
Gambar 2.3	Distilasi Hempel Kondisi Vakum.....	27
Gambar 2.4	Diagram Pembuatan Pelumas Kilang UP IV Cilacap.....	46
Gambar 2.5	Skema Kerangka Teori.....	49
Gambar 4.1	Hubungan Antara Penambahan Vakum dengan Titik Didih.....	90

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Surat Ijin Penelitian
- Lampiran 2 Data hasil Penelitian
- Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian

BERITA ACARA PERBAIKAN PROPOSAL

NAMA : CAHYO CODRO SUSILO

NIM : E4B004087

JUDUL PROPOSAL/TESIS : STUDI PENANGANAN LIMBAH *SOLVENT* SISA ANALISIS
ACIDITY UNTUK PENGENDALIAN PENCEMARAN
LINGKUNGAN
DI PERTAMINA UP IV CILACAP

No.	Nama Pembimbing/ Penguji	Masukan	Tanda Tangan
1.	<u>Ir. Laila Faizah, M.Kes</u> NIP. 131892625 (Penguji)		
2.	<u>Soejono, SKM, M.Kes</u> NIP. 140090033 (Penguji)		
3.	<u>Dr. Onny Setiani, Ph.D</u> NIP. 131958807 (Pembimbing I)		
4.	<u>Ir. Mursid Raharjo, M.Si</u> NIP. 132174829 (Pembimbing II)		

BAB I

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG MASALAH

Kemajuan dalam bidang industri di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan ini memberikan berbagai dampak positif yaitu terbukanya lapangan kerja, membaiknya sarana transportasi dan komunikasi serta meningkatnya taraf sosial ekonomi masyarakat. Suatu kenyataan yang perlu disadari bahwa perkembangan kegiatan industri secara umum juga merupakan sektor yang sangat potensial sebagai sumber pencemaran yang akan merugikan bagi kesehatan dan lingkungan.⁽¹⁾

Salah satu industri yang pertumbuhannya cukup pesat adalah industri perminyakan, yang diawali dengan berdirinya kilang minyak di Indonesia yaitu Unit Pengolahan (UP) I Pangkalan Brandan dengan kapasitas 5.000 barrel/hari, UP II Dumai dan Sungai Pakning dengan kapasitas 170.000 barrel/hari, UP III Plaju dan Sungai Gerong dengan kapasitas 135.000 barrel/hari, UP IV Cilacap dengan kapasitas 348.000 barrel/hari, UP V Balikpapan dengan kapasitas 270.000 barrel/hari, UP VI Balongan dengan kapasitas 125.000 barrel/hari, dan UP VII Kasim Irian Jaya dengan kapasitas 10.000 barrel/hari.

Pengolahan minyak mentah (*crude oil*) sangat membutuhkan energi yang merupakan bahan baku sumber daya alam sangat berpotensi terjadinya kerusakan/pencemaran lingkungan, disamping melalui proses fisik dan kimia dalam pengolahan bahan baku cenderung menghasilkan polusi seperti : partikel, gas karbon monoksida (CO), gas karbon dioksida (CO₂), gas belerang oksida (SO₂), dan uap air. Sesuai dengan jenis produksinya, maka kilang minyak tidak dapat lepas dari masalah limbah dan polusi yang timbul terutama pada lingkungan yaitu pencemaran air, tanah, dan udara.^(2,3)

Salah satu dampak negatif dari kilang minyak adalah timbulnya pencemaran lingkungan oleh limbah yang berbentuk gas, padatan atau cairan yang timbul pada proses

dan hasil pengolahan minyak tersebut. Limbah ini akan mencemari daerah kilang minyak dan lingkungannya, sehingga pekerja maupun masyarakat disekitar kilang minyak dapat terpapar oleh limbah. Limbah gas, padat maupun cair dapat berpengaruh terhadap lingkungan dan kesehatan manusia bila tidak ditangani dengan baik dan benar.

Faktor lingkungan kerja dapat diartikan sebagai potensi sumber bahaya yang kemungkinan terjadi di lingkungan kerja akibat adanya suatu proses kerja. Kualitas udara lingkungan kerja dapat berperan dalam hal kesehatan kerja. Pada industri pengolahan minyak, paparan limbah Bahahn Berbahaya dan Beracun (B3) dapat menimbulkan berbagai penyakit akibat kerja yang mengakibatkan gangguan fungsi paru dan kecacatan.⁽¹⁾

Limbah B3 sebagai faktor berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pernafasan dapat diturunkan tingkat bahayanya maupun jumlahnya dengan dilakukan pengolahan limbah B3 sesuai karakteristiknya. Berbagai faktor berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran nafas akibat limbah B3. Faktor tersebut adalah limbah B3 (*hazardous waste*) yang meliputi ukuran bentuk, konsentrasi, daya larut dan sifat kimiawi, serta lama paparan.⁽⁴⁾

Pertamina UP IV Cilacap sebagai kilang minyak mentah yang telah mendapatkan sertifikat SNI 19-17025-2000, ISO 14001 dan ISO 9001, mempunyai Laboratorium Kilang yang telah mendapatkan sertifikat SNI 19-17025 yang berfungsi sebagai pengontrol spesifikasi dan bahan baku serta bahan produk antara maupun produk akhir untuk menentukan keberhasilan perusahaan. Laboratorium Kilang mempunyai seksi Laboratorium Lindungan Lingkungan dan Riset yang bertugas mengevaluasi minyak mentah dan fraksi-fraksinya, menganalisis bahan-bahan kimia, serta memantau tingkat pencemaran di perairan lingkungan Pertamina UP IV Cilacap. Pada pemeriksaan pelumas

terdapat analisis kekentalan, indeks viskositas, titik nyala, *acidity*, *sulphated ash*, titik tuang, berat jenis, kandungan logam, kandungan air, dan warna. Untuk analisis *acidity* pada pelumas menggunakan *solvent acidity* yang merupakan campuran *Isopropyl alcohol* dan *toluene* guna mengukur tingkat keasaman. Sisa analisis *acidity* merupakan limbah kimia cair berwarna gelap yang termasuk limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), sifat limbah tersebut yaitu mudah terbakar, toksik, iritasi terhadap mata dan kulit.⁽⁵⁾ Masalah yang timbul dan harus segera ditangani di laboratorium kilang adalah adanya limbah *acidity* buangan dari pemeriksaan keasaman yang selama ini belum bisa diminimasi dan hanya ditampung dalam kaleng yang bertutup untuk menghindari penguapan dan bau. Setelah kaleng tersebut sudah penuh kemudian isinya dibuang ke dalam *Corrugated Plate Interceptor* (CPI) yaitu sarana untuk meniadakan dan memisahkan minyak yang terbawa air buangan proses kilang minyak. Limbah yang telah terpisah dari air buangan disedot dengan *vacuum truck* oleh bagian Lindungan Lingkungan dan Keselamatan Kerja (LLKK), kemudian ditampung di *sludge pond*.

Dalam satu bulan limbah *acidity* di laboratorium kilang tersebut rata-rata terkumpul sebanyak 6 liter, jika dalam satu tahun maka terkumpul sebanyak 72 liter, jumlah yang sangat banyak untuk ukuran satu jenis limbah B3. Jumlah tersebut diukur dari perbandingan antara penggunaan sampel dengan pemakaian *solvent acidity*, yaitu 20 ml untuk sampel dan 100 ml untuk *solvent acidity* dalam satu kali analisis. Setiap satu sampel pada pemeriksaan keasaman, dilakukan juga pemeriksaan keasaman terhadap *solvent acidity* untuk mengukur kinerja dari *solvent acidity* itu sendiri sebagai bahan perhitungan akhir. Jadi untuk pemeriksaan keasaman setiap sampel menghasilkan limbah *acidity* sebanyak 220 ml.

Limbah *acidity* yang dibuang ke CPI sangat berbahaya terhadap kesehatan dan lingkungan karena limbah *acidity* mudah menguap, mudah terbakar, bau, beracun dan bila lolos dari sistem pemisahan minyak dengan air dari CPI dapat sampai ke badan sungai maka akan mencemari air sungai dan mengancam kehidupan biota serta mengganggu kesehatan manusia. Limbah *acidity* mempunyai berat jenis lebih kecil dari pada air sehingga terapung di permukaan air, hal ini sangat berbahaya terhadap lingkungan apabila terbakar.⁽⁵⁾

Suatu hal yang menarik untuk diteliti agar limbah B3 dari sisa analisis *acidity* bisa dikendalikan dalam upaya pengendalian pencemaran lingkungan akibat limbah dari Laboratorium Kilang Pertamina, peneliti melakukan penelitian awal di Laboratorium Lindungan Lingkungan dan Riset salah satu seksi dari Laboratorium Kilang dengan melakukan penelitian daur ulang (*recycle*) limbah B3 dari limbah *acidity* buangan dari pemeriksaan keasaman untuk dapat dipakai kembali dan mengurangi buangan limbah *acidity*. Penelitian penanganan daur ulang limbah *acidity* pada penelitian awal dapat berhasil, yaitu dari 100 % limbah menjadi 20 %. Material hasil daur ulang yang 80 % adalah campuran antara *isopropyl alcohol* dan *toluene*, dan yang 20 % tersebut merupakan residu berupa sampel yang telah dianalisis. Daur ulang ini untuk mendukung Undang Undang Republik Indonesia No. 23 Tahun 1997 tentang Pengendalian Lingkungan Hidup, dalam pasal 4 telah dirumuskan enam sasaran pengelolaan lingkungan hidup di Indonesia yakni : (1) Tercapainya keselarasan, keserasian, dan keseimbangan antara manusia dan lingkungan hidup; (2) Terwujudnya manusia Indonesia sebagai insan lingkungan hidup yang memiliki sikap dan tindak melindungi dan membina lingkungan hidup; (3) Terjaminnya kepentingan generasi masa kini dan generasi masa depan; (4) Tercapainya

kelestarian fungsi lingkungan hidup; (5) Terkendalinya pemanfaatan sumber daya secara bijaksana; (6) Terlindungnya Negara Kesatuan Republik Indonesia terhadap dampak usaha dan atau kegiatan diluar wilayah negara yang menyebabkan pencemaran dan atau perusakan lingkungan hidup.⁽⁴⁾

Daur ulang limbah *solvent acidity* adalah memisahkan kembali antara *Isopropyl alcohol, toluene* dan residu dari buangan pemeriksaan keasaman agar dapat digunakan kembali dan meminimalkan buangan limbah B3 cair untuk pengendalian pencemaran lingkungan demi kelestarian kehidupan yang sehat dan aman. Limbah *acidity* mempunyai dampak terhadap kesehatan manusia antara lain adalah pada jangka pendek (akut) pada penghirupan konsentrasi diatas 200 ppm selama 8 jam dapat mempengaruhi sistem syaraf yang berakibat rasa lelah, otak lemah, muntah, dan radang tenggorokan, pada penghirupan lebih besar akan menyebabkan kerusakan lever atau bahkan kehilangan kesadaran dan kematian; bila kontak dengan mata atau kulit dapat menyebabkan iritasi. Pada jangka panjang (kronis) menyebabkan gangguan kesehatan pada syaraf atau *organic psychosyndrome*. Limbah *acidity* juga mempunyai dampak terhadap lingkungan antara lain yaitu dapat menimbulkan kebakaran karena mudah terbakar pada suhu 4,4 °C dan uapnya lebih berat dari pada udara sehingga dapat menuju sumber nyala atau *flash back*.⁽⁵⁾

Dengan adanya limbah *acidity* yang termasuk limbah B3 dan sangat berbahaya terhadap kesehatan serta lingkungan maka limbah *acidity* harus dapat diminimasi dengan cara di daur ulang supaya tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan tidak mengganggu kesehatan manusia.

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian diatas, permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

“ Bagaimana upaya penanganan limbah *solvent acidity* yang berhubungan dengan pengaruh kesehatan dan pengendalian pencemaran lingkungan di Pertamina UP IV Cilacap ? ”

TUJUAN PENELITIAN

1. Tujuan Umum

Mengetahui sifat-sifat limbah B3 cair dan mengetahui efisiensi berbagai penanganan limbah *acidity* dengan distilasi bertingkat pada titik didih dan vakum berbeda.

2. Tujuan Khusus

- a. Mengidentifikasi *solvent acidity* sebagai limbah B3 di Laboratrium Kilang Pertamina UP IV Cilacap.
- b. Mengukur perbedaan kadar *isopropyl alcohol* dan *toluene* pada titik didih dan vakum berbeda.
- c. Menghitung persen *yield* hasil daur ulang limbah *acidity*.
- d. Mengukur dan membandingkan nilai parameter *isopropyl alcohol* dan *toluene* hasil daur ulang dengan *isopropyl alcohol* dan *toluene* yang baru.
- e. Menentukan cara daur ulang yang efektif dari pengaruh titik didih dan vakum yang bervariasi dalam menangani limbah *acidity* di Laboratorium Kilang Pertamina UP IV Cilacap.

- f. Menghitung nilai tambah/keuntungan dari hasil daur ulang limbah *solvent acidity* di Laboratorium Kilang Pertamina UP IV Cilacap.

MANFAAT PENELITIAN

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada :

1. Bagi PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap dapat dijadikan masukan untuk melakukan upaya pencegahan terhadap terjadinya pencemaran lingkungan, sebagai acuan program pengolahan limbah B3 dan penghematan biaya operasional perusahaan.
2. Bagi pekerja setelah mengetahui pentingnya kesehatan lingkungan dan penghematan biaya operasional perusahaan akan terdorong untuk meningkatkan kedisiplinan, penghematan dan inovatif dalam bekerja.
3. Bagi mahasiswa untuk menambah sekaligus mengaplikasikan pengetahuan yang diperoleh guna pengembangan pengetahuan khususnya ilmu Kesehatan Lingkungan Industri dan peningkatan efektifitas perusahaan di lingkungan industri.
4. Bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya tentang pengelolaan limbah B3 cair dan sebagai acuan untuk penelitian lebih lanjut.
5. Bagi peneliti lain untuk dapat dijadikan sebagai acuan dalam daur ulang limbah yang sejenis.
6. Bagi masyarakat untuk menambah pengetahuan dan dapat dijadikan contoh untuk pemanfaatan limbah untuk memberikan nilai tambah dan menjaga lingkungan supaya sehat dan aman.

E. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Lingkup Keilmuan

Lingkup keilmuan dalam penelitian ini mencakup bidang ilmu Kesehatan Lingkungan dengan memfokuskan pada Kesehatan Lingkungan Industri.

Lingkup Lokasi

Lokasi penelitian adalah Laboratorium Kilang Pertamina UP IV Cilacap.

Lingkup Materi

Materi dalam penelitian ini adalah penanganan limbah yang berhubungan dengan limbah B3 cair dari proses pada lingkungan industri pengolahan minyak bumi.

Lingkup Sasaran

Laboratorium Kilang Pertamina (Persero) UP IV Cilacap.

Lingkup Waktu

Waktu Penelitian April 2006 sampai dengan Oktober 2006.

KEASLIAN PENELITIAN

Meskipun sudah banyak dilakukan penelitian yang berhubungan dengan pengolahan limbah B3 pada proses pengolahan minyak bumi, tetapi dalam penelitian ini peneliti menekankan pada faktor penanganan limbah *solvent acidity* dari sisa analisis *Acidity* untuk dimanfaatkan kembali dan meminimalkan buangan limbah B3 untuk penanggulangan pencemaran lingkungan saja.

Penelitian-penelitian tersebut antara lain :

1. Lembar Data Keselamatan Kerja, volume 1 (Dr. Soemanto Imamkhasani). Lembar Data Keselamatan Kerja ini merupakan

kumpulan data keselamatan dan petunjuk dalam penggunaan bahan-bahan kimia berbahaya.

2. Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (DR. Enri Damanhuri). Pengelolaan Limbah (B3) ini merupakan diktat yang disusun untuk mahasiswa Teknik Lingkungan – 352 (TL-352) pada Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITB.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Sumber Limbah *Solvent Acidity*

Untuk mendukung kelancaran operasi kilang, baik BBM, non BBM, maupun kilang *paraxylene*, tidak lepas dari sarana-sarana penunjang. Sarana tersebut antara lain adalah Laboratorium Kilang yang telah mendapatkan sertifikat SNI 19-17025 berfungsi sebagai pengontrol spesifikasi dan kualitas bahan baku serta produk antara maupun produk akhir. Keberadaan fasilitas ini amat menentukan suatu keberhasilan perusahaan, terlebih pada era perdagangan bebas. Karena itu laboratorium dilengkapi dengan fasilitas penelitian dan pengembangan, sehingga produk yang dihasilkan terjaga kualitasnya, agar tetap mampu bersaing di pasaran. Laboratorium Kilang Pertamina UP IV Cilacap yang bertugas sebagai pengontrol spesifikasi dan kualitas produk Pertamina mempunyai tiga seksi laboratorium, salah satunya adalah Laboratorium Lingkungan dan Riset yang mempunyai tugas antara lain memeriksa keasaman pada sampel pelumas, minyak bumi dan sebagian fraksi-fraksinya. Dari pemeriksaan keasaman ini timbul limbah *acidity* yang tergolong pada limbah B3 cair sebanyak 220 ml untuk setiap sampel/ccontoh.

1. Pemeriksaan Keasaman ⁽⁸⁾

Pemeriksaan keasaman ini mencakup penentuan zat-zat yang bersifat asam didalam minyak bumi dan pelumas, baik yang larut maupun agak larut dalam campuran *toluene* dan *isopropyl alcohol*. Untuk menentukan keasaman, contoh dilarutkan dalam *solvent acidity* yang terdiri dari campuran *toluene* 50 %, *isopropyl alcohol* 49,5 %, dan air 0,5 %. Pada larutan homogen yang terbentuk dititrasi pada suhu kamar dengan larutan *standard* basa dalam *alcohol*, sampai titik akhir yang ditandai dengan perubahan warna larutan *p-naphtholbenzein* yang ditambahkan (warnanya *orange* dalam suasana asam dan hijau dalam suasana basa).

2. Arti dan Kegunaan

Hasil-hasil minyak bumi yang baru maupun bekas kemungkinan mengandung zat-zat basa atau asam yang berada sebagai *additive* atau hasil degradasi yang terbentuk selama penggunaannya, misalnya hasil oksidasi. Jumlah relatif dari zat-zat ini dapat ditentukan dengan titrasi menggunakan asam atau basa. Angka keasaman adalah ukuran dari jumlah zat yang bersifat asam dalam minyak, dalam kondisi pengujian. Angka ini sebagai pengendalian kualitas dalam minyak mentah maupun pembuatan pelumas. Juga seringkali digunakan sebagai ukuran degradasi pelumas dalam penggunaannya.

B. Dampak Limbah *Solvent Acidity* Terhadap Kesehatan

Limbah *solvent acidity* berasal dari buangan proses pemeriksaan keasaman, merupakan limbah kimia cair yang terdiri dari campuran *isopropyl alcohol*, *toluene* dan sample, berwarna gelap yang sangat berbahaya terhadap kesehatan.⁽⁵⁾ Bahaya *isopropyl alcohol* terhadap kesehatan adalah :

1. Efek jangka pendek (akut) antara lain pada penghirupan konsentrasi 400 ppm dapat menimbulkan iritasi pada saluran pernafasan bagian atas.
2. Penghirupan lebih besar akan menyebabkan pusing dan mengganggu keseimbangan tubuh.
3. Kontak dengan mata dapat menyebabkan iritasi, tetapi tidak pada kulit.
4. Bila terminum dapat menyebabkan muntah, diare dan hilang kesadaran.
5. Efek jangka panjang (kronis) antara lain bila terkena kulit dapat menyebabkan kulit kering dan pecah-pecah.
7. Nilai Ambang Batas : 200 ppm (500 mg/m³)-kulit; STEL = 250 ppm; Toksisitas : LD50 (tikus, oral) = 1870-6500 mg/kg.

Sedangkan *toluene* merupakan senyawa aromatik yang jernih, tidak berwarna, dan sebagai bahan pelarut mempunyai dampak terhadap kesehatan, antara lain adalah :

1. Efek jangka pendek (akut) antara lain pada penghirupan konsentrasi diatas 200 ppm selama 8 jam dapat mempengaruhi sistem syaraf yang berakibat rasa lelah, otak lemah, pusing, dan muntah.
2. Penghirupan lebih besar akan menyebabkan kerusakan lever atau bahkan kehilangan kesadaran dan kematian.
3. Kontak dengan kulit dan mata dapat menyebabkan iritasi.
4. Efek jangka panjang (kronis) antara lain sistem syaraf terganggu atau "*organic psychosyndrome*". Mempunyai nilai ambang batas : 100 ppm (375 mg/m³) ; STEL : 150 ppm (560 mg/m³); Toksisitas : LD 50 (tikus, oral) = 2500 mg/kg; LC-50 (tikus) : 8000 ppm/4 hr.

C. Dampak Limbah *Acidity* Terhadap Lingkungan

Selain berdampak pada kesehatan manusia, limbah *acidity* juga mempunyai dampak terhadap lingkungan. Limbah *acidity* merupakan campuran antara *isopropyl alcohol*, *toluene* dan sampel. Dari komponen *isopropyl alcohol* dan *toluene* mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda. Sifat bahaya dari material tersebut adalah :

1. *Isopropyl Alcohol* (IPA)⁽⁵⁾

Isopropyl alcohol ((CH₃)₂CHOH) adalah senyawa *alkyl alcohol*, berupa cairan yang tidak berwarna, berbau alkohol. Banyak digunakan sebagai pelarut lilin, minyak nabati, resin, ester selulosa. Bersifat iritan, meskipun tidak toksik sekali. Mudah terbakar atau dapat dibakar pada suhu kamar.

Sifat-sifat bahaya dari *isopropyl alcohol* terhadap lingkungan adalah :

a). Kebakaran :

Isopropyl alcohol mudah terbakar dengan titik nyala 12 °C, daerah mudah terbakar : 2,2 %– 14 %, titik bakarnya adalah 399 °C dan uap lebih berat dari udara.

b). Reaktivitas :

Sifat reaktifitasnya tidak korosif dan tidak terpolimerisasi, stabil tetapi tidak bereaksi hebat dengan oksidator kuat (nitrat, perklorat dan peroksida).

c). Sifat-sifat fisika dari *isopropyl alcohol* adalah :

- 1). Titik leleh : -126 °C
- 2). Titik didih : 81 °C
- 3). Tekanan uap : 14 kPa (100 °F)
- 4). Berat jenis cairan : 0,7853 (20 °C)
- 5). Berat jenis uap : 2,1 (udara = 1)

6). Kecepatan penguapan : 11,1 (butyl asetat = 1)

7). Larut dalam air dan pelarut organik (*toluene*).

d). Keselamatan dan Pengamanan :

Dalam penanganan dan penyimpanan dilakukan dengan cara sebagai berikut

- 1). Gunakan bahan sedikit mungkin dan batasi jumlah penyimpanan.
- 2). Beri ventilasi tempat kerja dan jauhkan bahan dari api, pemanas dan sumber penyalaan.
- 3). Wadah dari logam harus digroundingkan bila mengisi atau mengosongkan (agar tidak timbul listrik statis).
- 4). Hindari terbentuknya uap dan wadah harus tertutup.
- 5). Gudang bahan terpisah atau jauh dari keramaian.
- 6). Simpan dalam gudang yang dingin, berventilasi.

e). Untuk mengatasi tumpahan dan kebocoran dengan cara sebagai berikut:

1). Batasi daerah tumpahan.

- 2). Pakai alat pelindung diri, matikan api atau sumber penyalaan dan beri ventilasi.
- 3). Ambil tumpahan bila mungkin untuk *recovery*.
- 4). Jangan buang ke sungai atau perairan karena menimbulkan pencemaran.
- 5). Tumpahan dapat diserap dengan tanah atau pasir.
- 6). Bila terjadi kebocoran besar, siapkan pasukan pemadam kebakaran.

f). Alat pelindung diri :

- 1). Pernapasan : Respirator dengan penyerap uap organik atau respirator dengan suplai udara.

2). Mata/Muka : Kacamata, *goggles*, perisai muka dan sediakan pancuran air pembersih mata.

3). Kulit : *Gloves* dan pakaian kerja (*neopren, nitril PVC*)

g). Pertolongan pertama :

1). Dengan memakai alat pelindung diri, bawa korban keracunan ke tempat udara segar, hentikan sumber pencemaran.

2). Bila kena mata segera serap dengan tissue dan cuci dengan air bersih selama 20 menit.

3). Bawa ke dokter.

4). Bila kena kulit di cuci dengan air selama 10 menit.

5). Bila tertelan segera berkumur dengan air dan beri minum ± 300 ml, segera cari pengobatan dokter.

h). Pemadaman api :

1). Pemadam api ringan dapat di pakai karbon dioksida, bubuk kimia, busa dan halon.

2). Air bermanfaat untuk menjadikan kurang *flammable* dan sebagai pendingin wadah bahan yang terbakar.

i). Informasi lingkungan :

1). Limbah isopropil alkohol atau bahan sisa pakai tidak boleh dibuang ke sungai, karena isopropil alkohol akan mencemari dan mengganggu biota.

2). Kebakaran ditempat jauh dapat bergerak menuju sumber pembuangan.

3). Bahan sisa pakai dapat dimusnahkan dengan cara di bakar di tempat terbuka atau bila dalam jumlah besar dengan insenerator.

4). Bila dimungkinkan dapat di daur ulang dengan distilasi.

2. *Toluene* (C₆H₅CH₃).⁽⁵⁾

Toluene adalah senyawa aromatik berbentuk cairan yang jernih, tak berwarna dan berbau spesifik. Dipakai sebagai bahan baku industri dan bahan pelarut. Mudah terbakar dan juga iritan. *Toluene* komersial mengandung benzena dioksilena. *Toluene* dapat menggantikan benzena sebagai pelarut.

Sifat-sifat bahaya dari toluene terhadap lingkungan adalah :

a). Kebakaran :

Toluene mudah terbakar dengan titik nyala 4,4 °C, daerah mudah terbakar : 1,27 % (LFL) – 7 % (UFL), titik bakarnya adalah 480 °C dan uapnya lebih berat dari pada udara, dapat menuju ke sumber nyala atau *flash back*.

b). Reaktivitas :

Sifat reaktifitasnya stabil, bila kontak dengan bahan oksidator dapat menimbulkan kebakaran dan peledakan.

c). Sifat-sifat fisika dari toluene adalah :

- 1). Titik leleh : -95 °C
- 2). Titik didih : 110,6 °C
- 3). Tekanan uap : 22 mmHg (20 °C)
- 4). Berat jenis cairan : 0,866 (20 °C)
- 5). Berat jenis uap : 3,1 (udara = 1)
- 6). Kecepatan penguapan : 2,24 (butyl asetat = 1)
- 7). Larut dalam pelarut organik (kloroform, heksan).

d). Dalam penanganan dan penyimpanan dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- 1). Batasi jumlah penyimpanan.
- 2). Jauhkan bahan dari api, pemanas dan sumber penyalaan.
- 3). Beri tanda “DILARANG MEROKOK”.
- 4). Hindari terbentuknya uap dan beri ventilasi dalam ruangan kerja.
- 5). Gudang bahan terpisah atau jauh dari keramaian.
- 6). Simpan dalam gudang yang dingin, berventilasi, jauh dari bahan inkompatibel dan sumber penyalaan.
- 7). Bahan inkompatibel adalah oksidator seperti permanganat, peroksida, kaporit dan lain-lain.

e). Untuk mengatasi tumpahan dan kebocoran dengan cara sebagai berikut :

- 1). Batasi daerah tumpahan.
- 2). Pakai alat pelindung diri, matikan api atau sumber penyalaan.
- 3). Beri ventilasi.
- 4). Jangan dibuang ke sungai atau perairan.
- 5). Tumpahan dapat diserap dengan tanah dan pasir.
- 6). Bila terjadi kebocoran besar, siapkan pasukan pemadam kebakaran.

f). Alat pelindung diri :

- 1). Pernapasan : Respirator dengan penyerap uap organik atau respirator dengan suplai udara.
- 2). Mata/Muka : Kacamata, *goggles*, perisai muka.
- 3). Kulit : *Gloves (Polyurethane, Chlorinated PE, Viton)*

g). Pertolongan pertama :

- 1). Dengan memakai alat pelindung diri, bawa korban keracunan ke tempat udara segar, hentikan sumber pencemaran.
 - 2). Bila kena mata segera serap dengan tissue dan cuci dengan air selama 20 menit.
 - 3). Bawa ke dokter.
 - 4). Bila kena kulit cukup di cuci dengan air sabun.
 - 5). Bila tertelan, berkumur dengan air dan beri minum 240 – 300 ml.
- h). Pemadaman api :
- 1). Pemadam api ringan dapat di pakai CO₂, bubuk kimia busa dan halon.
 - 2). Air tidak efektif kecuali sebagai pendingin wadah bahan.
 - 3). Pemadaman dengan air akan menyebabkan api bertambah besar.
- i). Informasi lingkungan :
- 1). Limbah toluene atau bahan sisa pakai tidak boleh dibuang ke sungai, karena *toluene* akan mengapung dan dapat terbakar.
 - 2). Kebakaran ditempat jauh dapat menuju sumber pembuangan.
 - 3). Bahan sisa pakai dapat dimusnahkan dengan cara di bakar di tempat terbuka atau bila dalam jumlah besar dengan insenerator.

D. Minimasi Limbah B-3^(4,9,10)

Minimasi limbah (*waste minimization*) merupakan salah satu terminologi yang digunakan di dunia untuk menjelaskan kegiatan yang dewasa ini dianggap paling baik dalam menangani pencemaran limbah. Terminologi yang lain adalah

1. Pencegahan pencemaran (*pollution reduction*).
2. Reduksi limbah (*waste reduction*).
3. Produksi lebih bersih (*cleaner production*).

4. Teknologi bersih (*clean technology*).

5. Reduksi sumber (*source reduction*).

Tidak ada terminologi atau definisi standar, namun semuanya mengacu pada usaha-usaha konservasi sumber daya alam dan enersi dalam rangka pembangunan ekonomi yang berkelanjutan (*sustainable economic development*). Minimasi limbah merupakan suatu strategi pencegahan pencemaran yang intinya adalah :

1. Merubah input bahan baku ke sistem industri, terutama dalam usaha mereduksi penggunaan :
 - a. bahan-bahan kimia *toksik* (beracun).
 - b. sumber daya alam yang semakin langka.
 - c. sumber daya alam yang tak terbarukan.
2. Mereduksi limbah dengan mengusahakan agar sistem industri lebih efisien dalam mengkonversi bahan baku menjadi produk dan produk-samping (*by product*) yang bermanfaat.
3. Merubah rancangan, komposisi serta pengemasan suatu produk untuk menciptakan produk “hijau” atau produk yang ramah pada lingkungan sehingga meminimalkan bahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

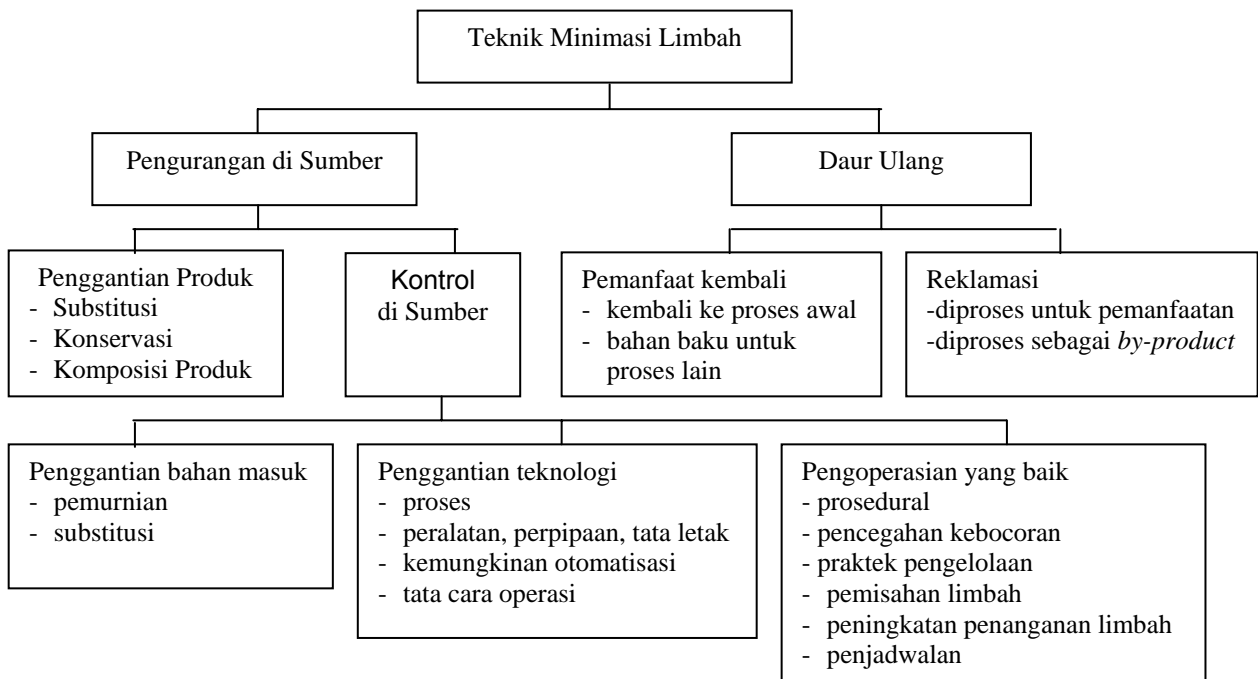
Komponen (b) agaknya yang akan lebih siap untuk diterapkan di negara semacam Indonesia dibanding yang lain. Skema 2.1 merupakan gambaran minimasi limbah yang sekarang dianjurkan dan merupakan prioritas dalam penanganannya akan berubah menjadi :

1. Menghilangkan atau mengurangi timbunan limbah di sumbernya (di hulu proses industri) baik *in-process* maupun daur-ulang *closed-loop*.
2. Mendaur –pakai atau mendaur-ulang limbah, terutama pada industri/pabrik itu sendiri, atau di tempat lain.

3. Menggunakan teknologi pengolahan limbah yang aman guna mengurangi toksisitas, mobilitas atau mengurangi volume limbah yang dalam banyak hal akhirnya akan menghasilkan limbah padat yang membutuhkan penanganan pada opsi berikutnya.
4. Menyingkirkan limbah kelingkungan dengan menggunakan metode rekayasa yang baik dan aman seperti menyingkirkan pada sebuah lahan-urug yang dirancang, tidak dianjurkan membuang residu langsung ke udara, air atau tanah.

Opsi 1 dan 2 diatas adalah merupakan aktivitas minimasi limbah di USA yang telah diatur oleh *Pollution Prevention Act* (1990). Opsi 3 dan 4 dikenal sebagai kontrol pencemaran pada “ujung-pipa” (*end-of-pipe*) yang merupakan cakupan konsep pengolahan limbah yang selama ini dianut.

Skema teknik minimasi limbah⁽⁹⁾



Gambar 2.1 : Teknik minimasi limbah

Beberapa contoh operasional pada opsi (1) adalah :

1. Kurangi kehilangan bahan baku dan produk akibat kebocoran, tertumpah atau akibat sebab lain.
2. Penjadwalan ulang produksi untuk mengurangi pembersihan alat yang berulang-ulang.
3. Inspeksi alat/bahan sebelum diproses untuk mengurangi kegagalan.
4. Kondisi jenis bahan dan perlengkapan guna mengurangi kuantitas dan keragaman limbah.
5. Perbaiki prosedur pembersihan guna mengurangi timbulan limbah tercampur, dengan menggunakan metode tertentu yang tidak banyak menggunakan air.
6. Pisahkan limbah sesuai jenisnya untuk menaikkan kemungkinan daur ulang.
7. Optimasi parameter operasional seperti temperatur, tekanan, lamanya reaksi, konsentrasi dan sebagainya, guna mengurangi timbulnya produk samping atau limbah.
8. Pengembangan training pegawai/pekerja dalam aktifitas ini.
9. Evaluasi setiap tahapan-tahapan operasional sehingga tahapan operasional yang tidak dibutuhkan dapat dihilangkan.
10. Kumpulkan sebanyak mungkin bahan tercecer untuk digunakan kembali.

Filosofi opsi-2 adalah bila kehadiran limbah tidak dapat dihindari, hendaknya diusahakan didaur-pakai atau didaur-ulang. Limbah diusahakan menjadi produk-samping yang bermanfaat terutama industri itu sendiri. Bila tidak dapat digunakan di lingkungan sendiri, maka produk samping ini diusahakan agar dapat dimanfaatkan oleh industri lain, namun biaya transportasi perlu dipertimbangkan dan dievaluasi secara seksama. Penggunaan langsung dari produk samping sangat dianjurkan, namun dalam beberapa hal dibutuhkan

pengolahan tambahan guna mendapatkan bahan baku yang sesuai. Perlu dipertimbangkan dan dievaluasi biaya untuk pengolahan tersebut.

Opsi-3 adalah pengolahan untuk limbah B3, dan sasaran utamanya hendaknya adalah guna mengurangi sifat toksik dan sifat lainnya yang berbahaya pada manusia dan lingkungan. Untuk limbah cair dan padat tertentu yang sangat toksik, maka pembakaran dalam sebuah insinerator dapat merupakan pemecahan yang paling baik, termasuk juga penggunaan semen kiln untuk limbah organik yang *combustible* untuk menggantikan bahan bakar yang biasa digunakan pada pabrik semen. Fiksasi kimiawi atau proses stabilisasi (solidifikasi) dapat digunakan untuk membuat komponen limbah menjadi tidak *mobile*, dengan pemanfaatan bahan yang seperti semen, misalnya tanah lempung, pozzolan dan sebagainya. Pengolahan lain juga tersedia teknologinya seperti proses fisis, biologis maupun kimiawi. Issu yang muncul dari pengolahan ini adalah terbentuknya residu padat yang membutuhkan sarana penyingkir lain (*disposal*).

Opsi-4 umumnya *landfilling* limbah B3 ke dalam tanah, sebetulnya opsi ini tidak diinginkan. Bila dibutuhkan kehadirannya, maka sarana tersebut perlu dirancang, dibangun dan dioperasikan secara baik. Pemilihan lokasi juga sangat memegang peranan dalam opsi ini. Monitoring pada cara ini juga sangat dibutuhkan guna memantau dan mencegah sedini mungkin agar tidak terjadi pencemaran air tanah.

E. Distilasi Hempel Metoda UOP 77⁽¹¹⁾

Metode distilasi Hempel adalah metode yang dipakai untuk evaluasi perhitungan *yield* pada kandungan *gasoline*,

***naphtha*, dan *kerosine* dalam minyak mentah dengan cara distilasi pada kondisi tekanan atmosfer. Pada penelitian daur ulang limbah *solvent acidity*, peneliti menggunakan alat distilasi Hempel karena dapat dipakai untuk distilasi bertingkat pada kondisi atmosfer maupun kondisi bertekanan hampa/vakum dengan jumlah sample 3 liter dan mudah cara pengoperasiannya.**

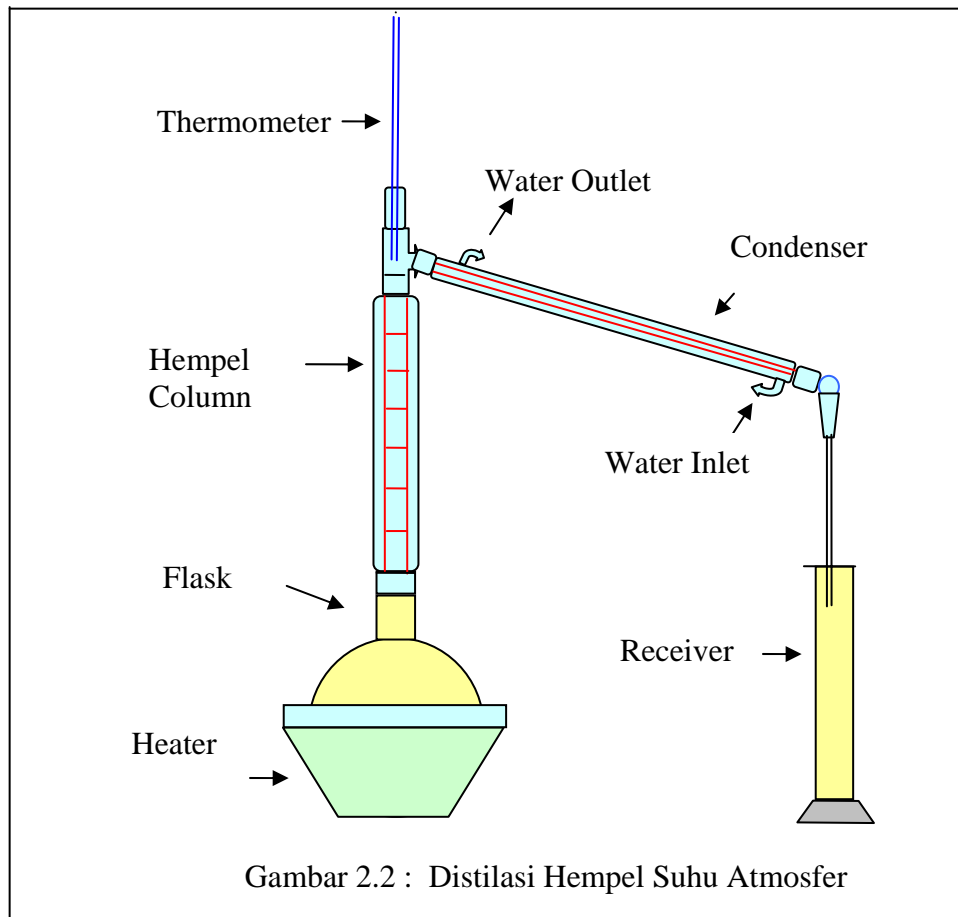
Peralatan terdiri dari :

1. Kolom pendek, *flask borosilicate glass* kapasitas 4000 ml
2. Thermometer E1 (7F) untuk fraksi khusus gasolin pada suhu rendah
3. Thermometer E1 (8F) untuk fraksi gasolin dan kerosin
4. Kondensator dan bak air/sistem pendingin
5. Pemanas listrik
6. Gelas ukur kapasitas 100, 500 dan 1000 ml
7. *Flask* kapasitas 1000 ml
8. Pompa vakum
9. Manometer

Penelitian daur ulang limbah *acidity* di laboratorium menggunakan alat distilasi dengan dua macam cara perlakuan, yaitu :

1. Distilasi bertingkat pada kondisi tekanan atmosfer.

Dalam melaksanakan penelitian daur ulang limbah *solvent acidity* ini dilakukan pada kondisi tekanan normal (760 mmHg) dengan menggunakan dua suhu yaitu pada suhu 81 °C dan suhu 110.6 °C. Pada suhu 81 °C didapatkan *Isopropyl alcohol* dan pada suhu 110.6 °C didapatkan *toluene*.

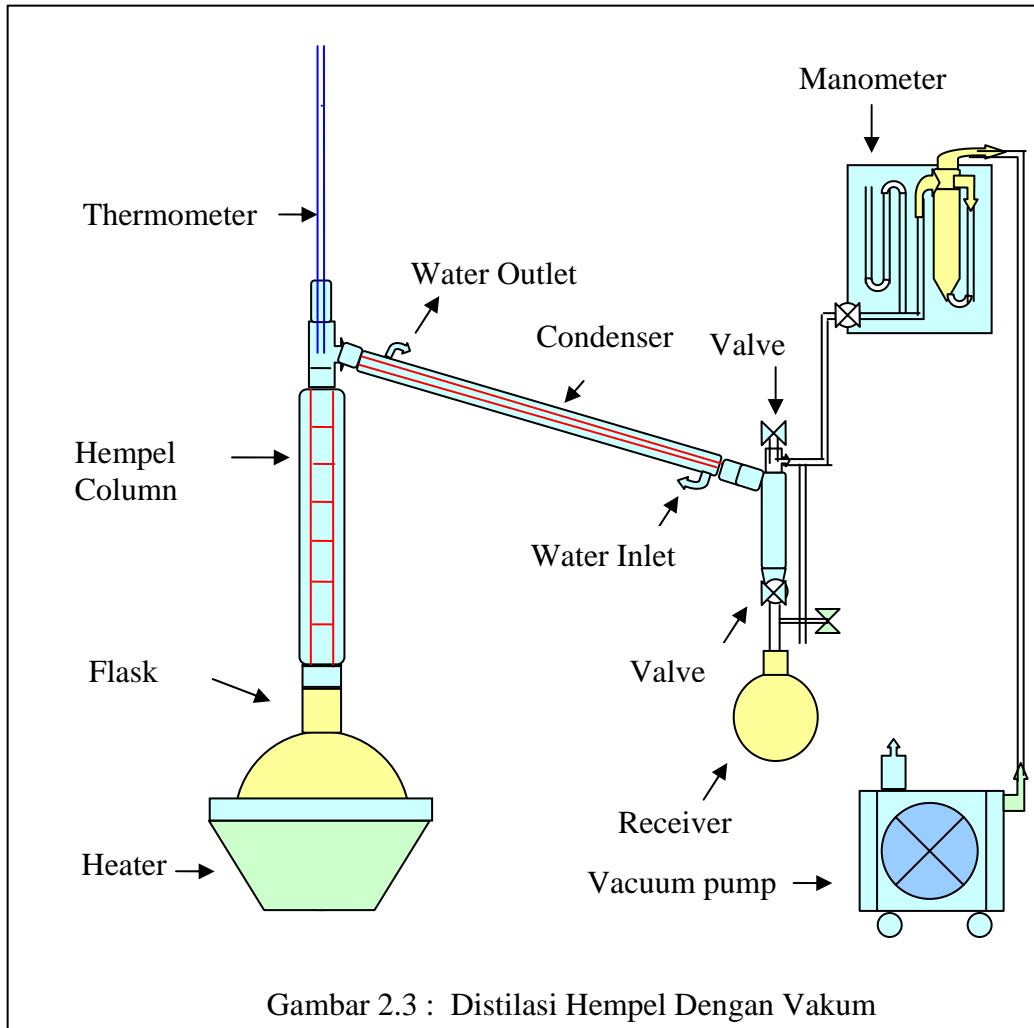


2. Distilasi bertingkat pada kondisi vakum/bertekanan.

Penelitian daur ulang limbah *solvent acidity* sisa analisis *acidity* ini tetap menggunakan alat distilasi Hempel, namun dilakukan dalam kondisi vakum/bertekanan dengan

menambah vasilitas pompa vakum dan manometer pada alat tersebut dengan variasi tekanan yaitu pada 240 mmHg, 200 mmHg, 160 mmHg, 120 mmHg, dan 100 mmHg.

Gambar alat distilasi Hempel pada kondisi vakum.



Gambar 2.3 : Distilasi Hempel Dengan Vakum

F. Parameter Analysis.

Setelah daur ulang limbah *solvent acidity* selesai, hasil daur ulang tersebut dianalisis untuk mengetahui apakah kondisinya baik seperti sifat *isopropyl alcohol* dan *toluene* yang masih baru.

Parameter analisis tersebut adalah^(8,12) :

1. Berat jenis, yaitu perbandingan berat dari sejumlah volume tertentu suatu zat terhadap berat dari volume yang sama dari air pada suhu yang sama.
2. Titik didih, adalah suhu pada suatu zat mendidih atau berubah menjadi uap dengan membentuk gelembung-gelembung uap di dalam zat cair, tinggi rendahnya titik didih tergantung pada tekanan diatas permukaan zat cair itu.

G. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)⁽⁴⁾

1. Peraturan

Setiap badan usaha yang melakukan kegiatan pengumpulan, pengangkutan, pengolahan termasuk penimbunan akhir limbah B3 wajib memiliki izin dari Badan Pengendalian Dampak Lingkungan untuk kegiatan pengumpulan atau pengolahan termasuk penimbunan akhir dan izin dari Menteri Perhubungan untuk kegiatan pengangkutan setelah mendapat pertimbangan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Kegiatan pengolahan limbah B3 yang terintegrasi dengan kegiatan pokok wajib memperoleh izin operasi alat pengolahan dan penyimpanan limbah B3 yang dikeluarkan oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan dan dilakukan sesuai dengan ketentuan Peraturan Pemerintah.⁽⁶⁾

Persyaratan untuk memperoleh izin dari Badan Pengendalian Dampak Lingkungan adalah sebagai berikut :

- a. memiliki akte pendirian sebagai badan usaha yang berbentuk badan hukum, yang telah disahkan oleh instansi yang berwenang.
- b. nama dan alamat badan usaha yang memohon izin.
- c. kegiatan yang dilakukan.
- d. lokasi tempat kegiatan.
- e. nama dan alamat penanggung jawab kegiatan.
- f. bahan baku dan proses kegiatan yang digunakan.
- g. spesifikasi alat pengolah limbah B3.
- h. jumlah dan karakteristik limbah B3 yang dikumpulkan, diangkut atau diolah.
- i. tata letak saluran limbah, pengolahan limbah, dan tempat penampungan sementara limbah B3 sebelum diolah dan tempat penimbunan setelah diolah.
- j. alat pencegahan pencemaran untuk limbah cair, emisi dan pengolahan limbah B3.

Untuk kegiatan pengolahan limbah B3 wajib dibuatkan analisis dampak lingkungan, rencana pengelolaan lingkungan, dan rencana pemantauan lingkungan. Dokumen analisis dampak lingkungan, rencana pengelolaan lingkungan, dan rencana pemantauan lingkungan diajukan bersama dengan permohonan izin operasi kepada Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Keputusan mengenai permohonan izin diberikan oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan selambat-lambatnya tiga puluh hari kerja terhitung sejak diterimanya rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan yang telah di setujui oleh instansi yang bertanggung jawab dibidangnya.

2. Pengelolaan dan jenis limbah B3⁽⁴⁾

Limbah bahan berbahaya dan beracun harus dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan risiko bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Pengelolaan

limbah bahan berbahaya dan beracun perlu mempertimbangkan teknologi pemanfaatan limbah bahan berbahaya dan beracun. Dengan berkembangnya teknologi dapat dikurangi jumlah, bahaya dan atau daya racun limbah bahan berbahaya dan beracun, dengan memanfaatkan teknologi tersebut dapat pula berdampak positif terhadap pembangunan sektor ekonomi dan lingkungan. Limbah adalah bahan sisa pada suatu kegiatan dan atau proses produksi. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, disingkat Limbah B3, adalah setiap limbah yang mengandung bahan berbahaya dan atau beracun yang karena sifat dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak dan atau mencemarkan lingkungan hidup dan atau dapat membahayakan kesehatan manusia. Pengelolaan limbah B3 adalah rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut. Penghasil limbah B3 adalah badan usaha yang menghasilkan limbah B3 dan menyimpan sementara limbah tersebut didalam lokasi kegiatannya sebelum limbah B3 tersebut diserahkan kepada pengumpul atau pengolah limbah B3. Pemanfaat limbah B3 adalah badan usaha yang melakukan kegiatan pemanfaatan atas limbah B3. Pemanfaatan limbah B3 adalah suatu proses, daur ulang dan atau perolehan kembali dan atau penggunaan kembali, yang mengubah limbah B3 menjadi suatu produk yang mempunyai nilai ekonomis. Pengumpul limbah B3 adalah badan usaha yang melakukan kegiatan pengumpulan limbah B3 dari penghasil dan pemanfaat limbah B3 dengan maksud menyimpan sementara sebelum diberikan kepada pengolah limbah B3. Pengolah limbah B3 adalah badan usaha yang mengoperasikan sarana pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan akhir hasil pengolahannya. Pengolahan limbah B3 adalah proses untuk

mengubah karakteristik dan komposisi limbah B3 menjadi tidak berbahaya dan atau tidak beracun. Pengangkut limbah B3 adalah badan usaha yang melakukan kegiatan pengangkutan limbah B3. Pengangkutan limbah B3 adalah suatu proses pemindahan limbah B3 dari penghasil ke pemanfaat dan atau ke pengumpul dan atau ke pengolah limbah B3 termasuk ke tempat penimbunan akhir dengan menggunakan alat pengangkut. Pengelolaan limbah B3 bertujuan untuk menghilangkan atau mengurangi sifat bahaya dan beracun limbah B3 agar tidak membahayakan kesehatan manusia dan untuk mencegah terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan. Limbah yang termasuk limbah B3 adalah limbah yang memenuhi salah satu atau lebih karakteristik yaitu mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, bersifat korosif dan limbah lain yang apabila diuji dengan metode toksikologi dapat diketahui termasuk dalam jenis limbah B3. Jenis limbah B3 meliputi limbah B3 dari sumber tidak spesifik, limbah B3 dari sumber spesifik, dan limbah B3 dari bahan kimia kadaluwarsa, tumpahan, sisa kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi. Setiap orang atau badan usaha dilarang membuang limbah B3 secara langsung ke dalam air, tanah atau udara. Setiap penghasil limbah B3 wajib melakukan pengolahan limbah B3. Penghasil limbah B3 dapat menyerahkan limbah B3 yang dihasilkannya kepada pemanfaat limbah B3 yang telah memiliki izin. Penghasil limbah B3 yang tidak mampu melakukan pengolahan limbah B3 yang dihasilkan, sedangkan limbah tersebut tidak dapat dimanfaatkan kembali, maka penghasil limbah B3 tersebut wajib menyerahkan limbah B3 yang dihasilkannya kepada pengolah limbah B3. Apabila pengolah limbah belum tersedia atau tidak memadai untuk mengolah limbah B3, pengolahan limbah B3 tetap menjadi kewajiban dan tanggung jawab penghasil dan

pemanfaat limbah B3 yang bersangkutan. Penyerahan limbah B3 oleh penghasil limbah B3 dapat dilakukan secara langsung kepada pengolah limbah B3 atau melalui pengumpul limbah B3. Pengumpul limbah B3 wajib menyerahkan limbah B3 yang diterima dari penghasil dan pemanfaat limbah B3 kepada pengolah limbah B3. Pengumpul limbah B3 dilarang melakukan kegiatan pengumpulan apabila pengolah limbah B3 belum tersedia, kecuali dengan izin Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Ketentuan yang berlaku bagi penghasil limbah B3 berlaku terhadap pemanfaatan limbah B3. Penghasil dan pemanfaat limbah B3 dapat bertindak sebagai pengolah limbah B3.

3. Penyimpanan, Pengumpul, dan Pengangkutan

Penghasil limbah B3 dapat menyimpan limbah B3 yang dihasilkannya paling lama sembilan puluh hari sebelum menyerahkannya kepada pengumpul atau pengolah limbah B3. Penyimpanan limbah B3 dilakukan di tempat penyimpanan yang khusus dibuat untuk menyimpan limbah B3. Tempat penyimpanan limbah B3 dibuat dengan kapasitas yang sesuai dengan jumlah limbah B3 yang akan disimpan sementara dan memenuhi syarat, yaitu lokasi tempat penyimpanan yang bebas banjir secara geologi dinyatakan stabil dan perancangan bangunan disesuaikan dengan karakteristik limbah dan upaya pengendalian pencemaran. Penghasil limbah B3 wajib membuat dan menyimpan catatan tentang data-data limbah B3 yang dihasilkannya. Penghasil limbah B3 wajib menyampaikan catatan data-data limbah B3 sekurang-kurangnya sekali dalam enam bulan kepada Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan dengan tembusan kepada Pimpinan Instansi Pembina

dan Gubernur yang bersangkutan. Catatan tersebut digunakan untuk inventarisasi jumlah limbah B3 yang dihasilkan dan sebagai bahan evaluasi dalam rangka penetapan kebijakan pengelolaan limbah B3. Pengumpul limbah B3 dapat dilakukan oleh badan usaha yang melakukan kegiatan pengumpulan limbah B3. Penghasil limbah B3 dapat bertindak sebagai pengumpul limbah B3. Apabila penghasil limbah B3 bertindak sebagai pengumpul limbah B3, maka wajib memenuhi segala ketentuan yang berlaku bagi pengumpul limbah B3.

Pengumpul limbah B3 wajib memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Memperhatikan karakteristik limbah B3.
- b. Mempunyai laboratorium yang dapat mendeteksi karakteristik limbah B3.
- c. Mempunyai lokasi minimum satu hektar.
- d. Memiliki fasilitas untuk penanggulangan terjadinya kecelakaan.
- e. Konstruksi dan bahan bangunan disesuaikan dengan sifat limbah B3.
- f. Lokasi tempat pengumpulan yang bebas banjir, secara geologis dinyatakan stabil, jauh dari sumber air, tidak merupakan daerah tangkapan air dan jauh dari pemukiman atau fasilitas umum lainnya.

Pengumpul limbah B3 wajib membuat catatan tentang data-data jenis, karakteristik, jumlah limbah B3, transportasi pengiriman/penerimaan limbah B3 yang dikumpulkan.

Pengumpul limbah B3 wajib menyampaikan catatan tentang data tersebut sekurang-kurangnya sekali dalam enam bulan kepada Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.

Pengumpul limbah B3 dapat menyimpan limbah B3 yang dikumpulkannya selama sembilan puluh hari sebelum diserahkan kepada pengolah limbah B3 dan bertanggung jawab terhadap limbah B3 yang dikumpulkan dan disimpannya. Pengangkutan limbah B3

dapat dilakukan oleh badan usaha yang melakukan kegiatan pengangkutan limbah B3. Penghasil limbah B3 dapat bertindak sebagai pengangkut limbah B3. Apabila penghasil limbah B3 bertindak sebagai pengangkut limbah B3, maka wajib memenuhi ketentuan yang berlaku bagi pengangkut limbah B3. Penyerahan limbah B3 oleh penghasil atau pengumpul kepada pengangkut wajib disertai dokumen limbah B3. Pengangkut limbah B3 wajib memiliki dokumen limbah B3 untuk setiap kali mengangkut limbah B3. Bentuk dokumen limbah B3 ditetapkan oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan dengan memperhatikan pertimbangan Menteri Perhubungan. Pengangkut limbah B3 wajib menyerahkan limbah B3 dan dokumen limbah B3 kepada pengumpul atau pengolah limbah B3 yang ditunjuk oleh penghasil limbah B3. Pengangkutan limbah B3 dilakukan dengan alat angkut khusus yang memenuhi persyaratan dan tata cara pengangkutan yang ditetapkan berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

a. Pengolahan

Pengolah limbah B3 wajib membuat analisis dampak lingkungan, rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan untuk menyelenggarakan kegiatannya baik secara sendiri maupun secara terintegrasi dengan kegiatan utamanya.

Pengolah limbah B3 yang mengoperasikan insinerator wajib mempunyai :

- 1). Insinerator dengan spesifikasi sesuai dengan karakteristik dan jumlah limbah yang diolah.
- 2). Alat pencegahan pencemaran udara untuk memenuhi standar emisi cerobong, efisiensi pembakaran yaitu 99.99 % dan efisiensi penghancuran dan penghilangan sebagai berikut :

- a). Efisiensi penghancuran dan penghilangan untuk *Polyorganic hydrocarbons* (POHCs) 99.99 %.
 - b). Efisiensi penghancuran dan penghilangan untuk *Polychlorinated biphenyl* (PCBs) 99.9999 %.
 - c). Efisiensi penghancuran dan penghilangan untuk *Polychlorinated dibenzofurans* 99.9999 %.
 - d). Efisiensi penghancuran dan penghilangan untuk *Polychlorinated dibenzo-p dioxins* 99.9999 %.
- 3). Residu dari proses pembakaran pada abu insinerator harus ditimbun dengan mengikuti ketentuan tentang stabilisasi dan solidifikasi atau penimbunan (*landfill*).

Pengolah limbah B3 yang melakukan pengolahan stabilisasi dan solidifikasi wajib memenuhi ketentuan yaitu bahan pencampur harus dapat mengikat bahan berbahaya dan beracun sehingga menurunkan sifat racun dan atau sifat bahayanya sampai nilai ambang batas yang telah ditetapkan, hasil stabilisasi dan solidifikasi harus dianalisa dengan prosedur ekstraksi untuk menentukan mobilitas senyawa organik dan anorganik (*Toxicity Characteristik Leaching Procedure*). Pengolah limbah B3 yang melakukan secara fisika dan kimia yang menghasilkan limbah cair, maka limbah cair tersebut wajib memenuhi Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air. Untuk yang menghasilkan limbah gas dan debu, maka limbah gas dan debu tersebut wajib memenuhi peraturan perundang-undangan yang berlaku tentang pengendalian pencemaran udara dan keselamatan kerja. Untuk yang menghasilkan limbah padat, harus mengikuti ketentuan tentang stabilisasi dan solidifikasi, dan atau penimbunan, dan atau insinerator.

Pengolah limbah B3 yang melakukan pengolahan dengan cara penimbunan wajib memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Pemilihan lokasi untuk penimbunan harus memenuhi syarat :
 - 1). bebas dari banjir.
 - 2). permeabilitas tanah maksimum 10 pangkat negatif 7 cm per detik.
 - 3). merupakan lokasi yang ditetapkan sebagai lokasi pembuangan limbah atau lokasi industri berdasarkan rencana penataan ruang.
 - 4). merupakan daerah yang secara geologi dinyatakan stabil.
 - 5). tidak merupakan daerah resapan air tanah yang khususnya digunakan untuk air minum.
- b. Penimbunan harus dibangun dengan menggunakan sistem pelapisan rangkap dua yang dilengkapi dengan saluran untuk pengaturan aliran air permukaan, pengumpulan air lindi dan pengolahannya, sumur pantau dan lapisan penutup akhir yang telah disetujui Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.
- c. Penimbunan yang sudah penuh harus ditutup dengan tanah, dan selanjutnya peruntukan tempat tersebut tidak dapat dijadikan pemukiman atau fasilitas lainnya.

Terhadap lokasi bekas pengolahan dan bekas penimbunan limbah B3,

pengolah termasuk penimbun wajib melaksanakan hal-hal sebagai berikut :

- a. lokasi tersebut dilapisi pada bagian paling atas dengan cara menutup dengan tanah yang mempunyai ketebalan minimum 0,60 meter.
- b. dipagar dan diberi tanda tempat penimbunan limbah B3.
- c. melakukan pemantauan air bawah tanah dan menanggulangi dampak lainnya yang mungkin timbul akibat keluarnya limbah B3 ke lingkungan, selama minimum tiga

puluh tahun terhitung sejak ditutupnya seluruh fasilitas pengolahan dan penimbunan limbah B3.

5. Pengawasan

Setiap orang atau badan usaha dilarang memasukkan B3 dari luar negeri ke dalam wilayah Negara Republik Indonesia. Pengangkutan limbah B3 dari luar negeri melalui wilayah Negara Republik Indonesia, wajib dilakukan dengan memberitahukan terlebih dahulu secara tertulis kepada Pemerintah Republik Indonesia. Pengiriman limbah B3 ke luar negeri dapat dilakukan setelah mendapat persetujuan tertulis dari pemerintah negara penerima dan mendapatkan izin tertulis dari Pemerintah Republik Indonesia. Tata cara pengiriman limbah B3 ke luar negeri ditetapkan oleh Menteri Perdagangan setelah mendapat pertimbangan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Setiap badan usaha yang melakukan kegiatan penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan termasuk penimbunan limbah B3 dilarang melakukan pengenceran untuk maksud menurunkan daya racun limbah B3. Setiap kemasan limbah B3 wajib diberi simbol dan label yang menunjukkan karakteristik dan jenis limbah B3 yang ditetapkan oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Pengawas dalam melaksanakan pengawasan pengelolaan limbah B3 dilengkapi tanda pengenal dan surat tugas yang dikeluarkan oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.

Pengawas mempunyai kewenangan antara lain :

- a. memasuki areal lokasi penghasil, pengumpulan, pengolahan termasuk penimbunan akhir limbah B3.
- b. mengambil contoh limbah B3 untuk diperiksa di laboratorium.
- c. meminta keterangan yang berhubungan dengan pelaksanaan pengelolaan limbah B3.
- d. melakukan pemotretan sebagai kelengkapan laporan pengawasan.

Penghasil, pengumpul, pengangkut, pengolah termasuk penimbun limbah B3 wajib membantu petugas pengawas dalam melakukan tugas. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan menyampaikan laporan pelaksanaan pengelolaan limbah B3 secara berkala sekurang kurangnya satu kali dalam satu tahun kepada Presiden dengan tembusan kepada menteri yang bertanggung jawab di bidang pengelolaan lingkungan hidup. Menteri yang bertanggung jawab di bidang pengelolaan lingkungan hidup mengevaluasi laporan tersebut guna menyusun kebijaksanaan pengelolaan limbah B3. Untuk menjaga kesehatan pekerja dan pengawas yang bekerja di bidang pengelolaan limbah B3, dilakukan uji kesehatan secara berkala. Uji kesehatan pekerja diselenggarakan oleh masing-masing instansi. Penghasil, pengumpul, pengangkut, dan pengolah limbah B3 bertanggung jawab atas penanggulangan kecelakaan dan pencemaran lingkungan akibat lepas atau tumpahnya limbah B3 serta wajib segera menanggulangi pencemaran atau kerusakan lingkungan akibat kegiatannya. Apabila tidak melakukan penanggulangan, atau menanggulangi tetapi tidak sebagaimana mestinya, maka Badan Pengendalian Dampak Lingkungan atau pihak ketiga dengan permintaan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan dapat melakukan penanggulangan dengan biaya yang dibebankan kepada penghasil, pengumpul, pengangkut, dan atau pengolah limbah B3 yang bersangkutan.

6. Sanksi

Badan Pengendalian Dampak Lingkungan memberi sanksi tertulis kepada penghasil, pengumpul, pengangkut, atau pengolah yang melanggar ketentuan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 1994.

Apabila dalam jangka waktu lima belas hari sejak dikeluarkannya peringatan tertulis pihak yang diberi peringatan tidak mengindahkan peringatan atau tetap tidak mematuhi

ketentuan pasal yang dilanggarnya, maka Badan Pengendalian Dampak Lingkungan dapat menghentikan sementara operasi alat penyimpanan, dan pengumpulan, pengolahan termasuk penimbunan limbah B3 sampai pihak yang diberi peringatan mematuhi ketentuan yang dilanggarnya. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan wajib dengan segera mencabut keputusan penghentian kegiatan apabila pihak yang diberi peringatan telah mematuhi ketentuan yang dilanggarnya. Pengangkut limbah B3 yang melanggar ketentuan pasal 17 dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 1994 tentang pengelolaan limbah B3 dikenakan sanksi menurut ketentuan dalam peraturan perundang-undangan di bidang perhubungan. Badan usaha yang melanggar ketentuan-ketentuan yang mengakibatkan terjadinya pencemaran dan atau kerusakan lingkungan diancam dengan pidana sebagaimana dimaksud dalam ketentuan pasal 22 Undang-undang Nomor 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup.

H. Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah B3^(4,5,9)

Pengolahan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah proses untuk mengubah jenis, jumlah dan karakteristik limbah B3 menjadi tidak berbahaya dan atau immobilisasi limbah B3 sebelum ditimbun dan atau memungkinkan agar limbah B3 dimanfaatkan kembali (daur ulang). Proses pengolahan limbah B3 dapat dilakukan secara pengolahan fisika dan kimia, stabilisasi/solidifikasi, dan insinerasi. Proses pengolahan secara fisika dan kimia bertujuan untuk mengurangi daya racun limbah B3 dan atau menghilangkan sifat/karakteristik limbah B3 dari berbahaya menjadi tidak berbahaya.^{5,6)} Proses pengolahan secara stabilisasi/solidifikasi bertujuan untuk mengubah watak fisik dan kimiawi limbah B3 dengan cara penambahan senyawa pengikat B3 agar pergerakan senyawa B3 ini terhambat atau terbatas dan membentuk massa monolit dengan struktur yang kekar. Sedangkan proses pengolahan secara insinerasi, bertujuan untuk

menghancurkan senyawa B3 yang terkandung di dalamnya menjadi senyawa yang tidak mengandung B3. Pemilihan proses pengolahan limbah B3, teknologi dan penerapannya didasarkan atas evaluasi kriteria yang menyangkut kinerja, keluwesan, kehandalan, keamanan, operasi dari teknologi yang digunakan, dan pertimbangan lingkungan. Timbulan limbah B3 yang sudah tidak dapat diolah atau dimanfaatkan lagi harus ditimbun pada lokasi penimbunan (*landfill*) yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

I. Pengolahan Minyak Mentah

Minyak mentah (*crude oil*) merupakan campuran persenyawaan hidrokarbon yang berupa cairan pada suhu dan tekanan atmosfer biasa. Titik didih persenyawaan-persenyawaan ini berkisar dari suhu 30 °C sampai suhu 350 °C. Pengolahan minyak secara garis besar dapat dibagi dalam dua tahap, yaitu pengolahan tahap pertama (*primary processing*) dan pengolahan tahap kedua atau tahap lanjutan (*secondary processing*).^(6,7)

1. Pengolahan Tahap Pertama

Pengolahan tahap pertama merupakan pemisahan minyak bumi ke dalam fraksi-fraksinya berdasarkan titik didih masing-masing fraksi dan proses ini dilakukan pada tekanan atmosferik. Pengolahan tahap pertama berlangsung melalui proses distilasi. Fraksi pertama yang dihasilkan adalah gas, merupakan fraksi yang paling ringan. Gas ini dapat digunakan sebagai bahan bakar kilang. Bila kilang telah memiliki unit kilang lanjutan, gas tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk diolah menjadi produk lain yang memiliki nilai tambah. Fraksi kedua disebut nafta yang dapat dijadikan premium atau produk petrokimia lainnya. Fraksi ketiga yang sering disebut sebagai fraksi tengah, dapat dijadikan kerosin untuk keperluan rumah tangga. Selain

itu, fraksi tengah ini dapat dibuat avtur yang digunakan sebagai bahan bakar pesawat jet.

Fraksi keempat sering disebut sebagai solar yang digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Fraksi kelima adalah residu yang dapat dijual langsung atau dapat diolah lebih lanjut pada pengolahan tahap kedua, yang menghasilkan produk-produk yang memiliki nilai tambah yang lebih tinggi. Fraksi ini terdiri dari molekul-molekul hidrokarbon besar yang harus dipecah menjadi molekul-molekul kecil dalam unit yang dinamakan *cracking unit*. Cara lain adalah mengolahnya dalam penyulingan hampa (*vacuum distillation*) sehingga menghasilkan residu yang lebih berat dan distilat (produk sulingan). Residu yang lebih berat diolah menjadi aspal, sedangkan distilat bila diolah lebih lanjut dapat menghasilkan pelumas dan juga lilin. Jumlah dan jenis produk hasil pengolahan tahap pertama sangat terbatas.

2. Pengolahan Tahap Kedua

Untuk mendapatkan berbagai jenis bahan bakar minyak (BBM) dan non bahan bakar minyak (non BBM) dalam jumlah yang besar dan mutu yang lebih baik, diperlukan pengolahan lanjutan. Unit pengolahan lanjutan ini akan mengolah hasil-hasil unit pengolahan tahap pertama sehingga dapat menghasilkan hasil-hasil minyak dalam jumlah dan jenis serta mutu yang sesuai permintaan konsumen atau pasar.

Pada pengolahan tahap kedua terjadi perubahan struktur kimia yang dapat berupa pemecahan molekul (proses *cracking*), penggabungan molekul (proses polymerisasi, alkilasi), atau perubahan struktur molekul (proses *reforming*).

Proses pengolahan lanjutan dapat berupa :

a). Konversi Struktur Kimia.

- b). Proses Ekstraksi.
- c). Proses Kristalisasi.
- d). Membersihkan Kontaminasi.

Dalam proses konservasi struktur kimia, suatu senyawa hidrokarbon diubah menjadi senyawa hidrokarbon lain melalui proses kimia seperti :

- 1). Perengkahan (*cracking*) yaitu proses pemecahan molekul hidrokarbon besar menjadi molekul hidrokarbon yang lebih kecil sehingga memiliki titik didih rendah dan stabil.
- 2). Alkilasi yaitu merupakan suatu proses penggabungan dua macam hidrokarbon isoparafin secara kimia menjadi alkilat yang memiliki nilai oktan yang tinggi. Alkilat ini dapat dijadikan bensin atau avgas.
- 3) Polimerisasi yaitu merupakan proses penggabungan dua molekul atau lebih untuk membentuk molekul tunggal yang disebut polimer. Tujuan polimerisasi ini adalah untuk menggabungkan molekul-molekul hidrokarbon dalam bentuk gas (*etilen, propena*) menjadi senyawa nafta ringan.
- 4). Reformasi yaitu merupakan proses perengkahan termal ringan dari nafta untuk mendapatkan produk yang lebih mudah menguap seperti olefin dengan angka oktan yang lebih tinggi, atau konversi katalitik komponen-komponen nafta untuk menghasilkan aromatik dengan angka oktan yang lebih tinggi.
- 5). Isomerisasi yaitu merupakan proses untuk merubah susunan dasar atom dalam molekul tanpa menambah atau mengurangi bagian asal. Hidrokarbon garis lurus diubah menjadi hidrokarbon garis bercabang yang memiliki angka oktan yang lebih

tinggi. Dengan proses ini n-butana dapat diubah menjadi iso butana yang dapat dijadikan bahan baku dalam proses alkilasi.

Proses ekstraksi yaitu proses untuk melakukan pemisahan atas dasar perbedaan daya larut fraksi-fraksi minyak dalam bahan pelarut (*solvent*) seperti SO₂, furfural, dsb. Dengan proses ini, volume produk yang diperoleh akan lebih banyak dan mutunya lebih baik bila dibandingkan dengan proses distilasi saja.

Proses kristalisasi adalah proses pemisahan atas dasar titik cair (*melting point*) dari masing masing fraksi. Dari solar yang banyak mengandung paraffin, melalui proses pendinginan, penekanan dan penyaringan, dapat dihasilkan lilin dan minyak saring. Pada hampir setiap proses pengolahan dapat diperoleh produk-produk lain sebagai produk tambahan. Produk-produk ini dapat dijadikan bahan dasar petrokimia yang diperlukan untuk pembuatan bahan plastik, bahan dasar kosmetika, obat pembasmi serangga dan berbagai hasil petrokimia lainnya.

Pembersihan produk dari kontaminasi (*treating*) dilakukan pada hasil-hasil minyak yang telah diperoleh melalui proses pengolahan tahap pertama dan proses pengolahan lanjutan karena sering mengalami kontaminasi dengan zat-zat yang merugikan seperti persenyawaan yang korosif atau yang berbau tidak sedap. Kontaminan ini harus dibersihkan misalnya dengan menggunakan caustik soda, tanah liat atau proses hidrogenasi.

J. Proses Pengolahan Pelumas

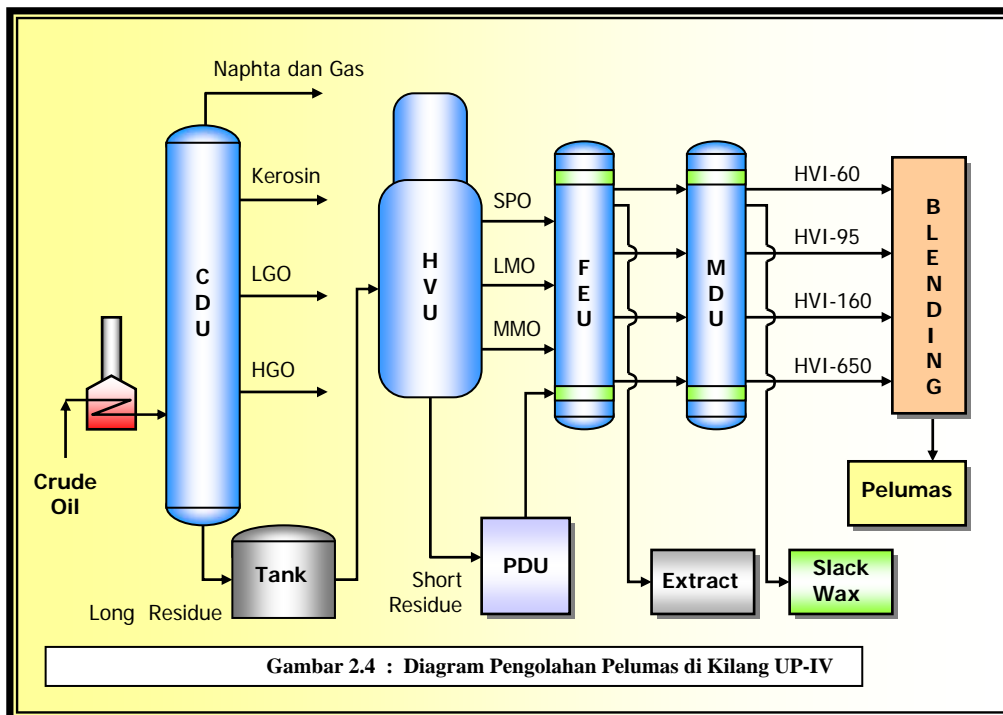
1 Distilasi Atmosfer⁽²⁾

Proses distilasi atmosfer bertujuan untuk memisahkan minyak bumi menjadi fraksi-fraksinya pada tekanan atmosfer dan suhu 350 °C, proses pemisahannya berdasarkan perbedaan titik didih. Hasil dari proses ini adalah fraksi Gas, Naphta, Kerosin, Solar dan *Long Residue* yang selanjutnya digunakan sebagai bahan baku pada proses distilasi Hampa.

Proses distilasi hampa bertujuan untuk mengambil komponen pelumas yang masih terdapat dalam *Long Residue*. Kondisi operasi proses ini pada tekanan 25 sampai 40 mmHg dan suhu 400 °C.

Hasil dari proses ini yaitu SPO (*Spindle Oil*), LMO (*Light Machine Oil*), MMO (*Medium Machine Oil*), *Short Residue*.

Gambar Proses Pengolahan Pelumas



3. Deasphalting

Proses *deasphalting* bertujuan untuk memisahkan komponen pelumas dan aspal yang terkandung dalam *short residue*. Proses ini menggunakan cara ekstraksi dan pelarut yang digunakan adalah Propana, yang berfungsi untuk melarutkan pelumas sehingga terpisah dari aspal.

Hasil dari proses ini disebut *DAO (Deasphalted Oil)*.

4. Pelarut Ekstraksi

Tujuan dari proses ini untuk memisahkan senyawa - senyawa Aromatik yang mempunyai indeks viskositas rendah dari hasil proses distilasi hampa dan *Deasphalting*. Pelarut yang digunakan adalah Furfural, karena daya larutnya yang tinggi terhadap senyawa Aromatik serta tidak melarutkan senyawa *Napthene* dan *Paraffine*. Hasil dari proses ini adalah SPO, LMO, MMO, dan DAO Refined

5. Dewaxing

Proses *Dewaxing* bertujuan untuk memisahkan *wax* (lilin) yang masih terkandung dalam produk Rafinat yang dihasilkan dari proses ekstraksi. Hasil dari proses ini disebut *Dewax Oil Rundownm (DOR)* atau *High Viscosity Index (HVI)*.

6. Treating

Proses pemurnian bertujuan untuk memperbaiki warna dan kestabilan warna. Proses ini berdasarkan penyerapan senyawa - senyawa tidak jenuh asam organik, partikel hidrokarbon dan resin oleh tanah aktif (*Clay*) pada suhu tertentu. Hasil akhir dari beberapa tahapan proses diatas disebut *Base Oil* atau bahan baku pelumas.

7. Pencampuran Dan Pengemasan

Proses ini adalah pencampuran antara komponen-komponen pelumas dasar dengan aditif, dan bertujuan untuk memperbaiki mutu dari pelumas. Untuk menjaga agar mutu pelumas tetap terjamin, dalam pemasarannya harus dikemas dalam tempat yang memenuhi syarat, misalnya drum, kaleng atau botol plastik yang tertutup.

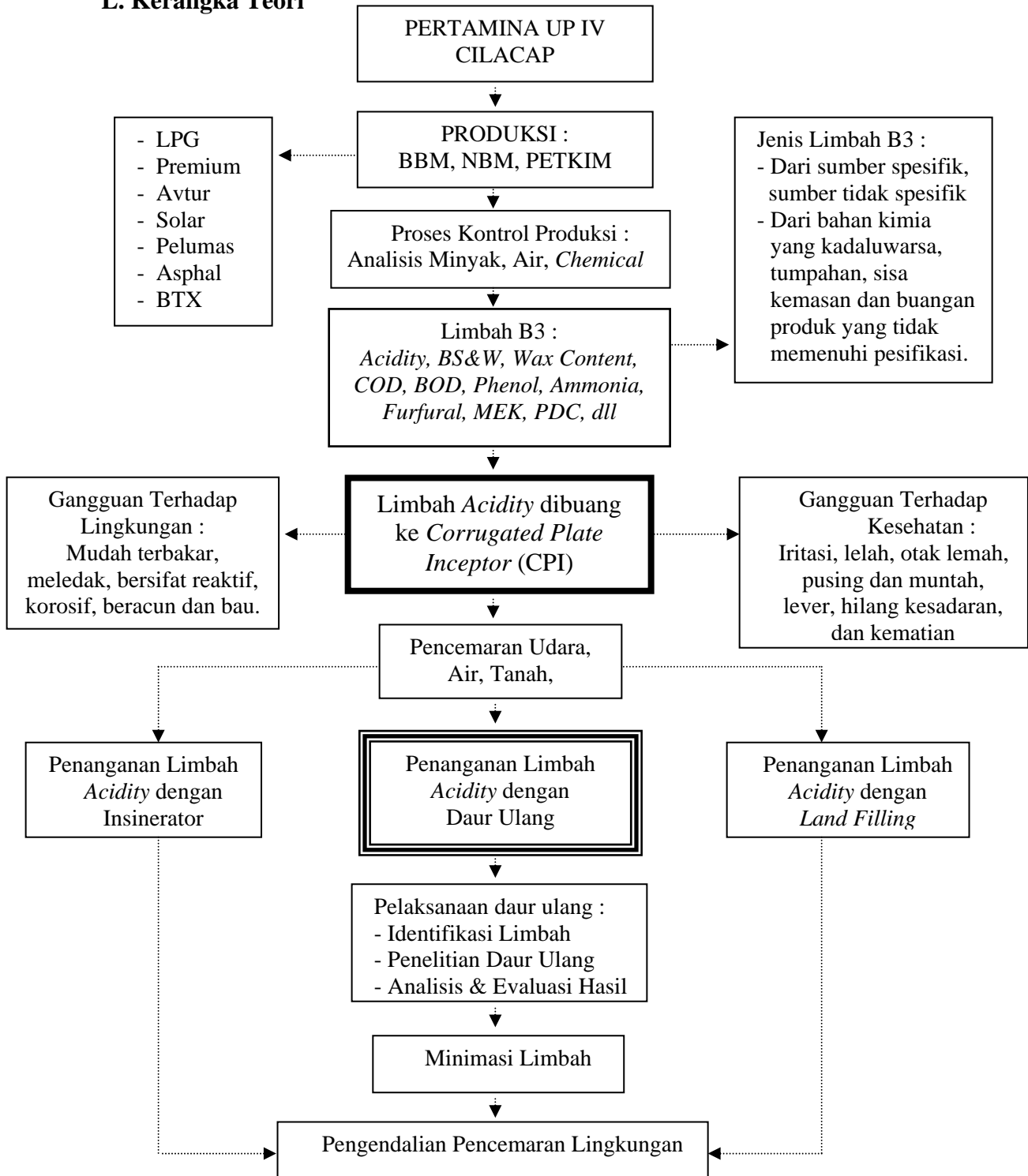
K. Analisis Ekonomis^(13,15)

Analisis ekonomis merupakan suatu tinjauan analisis yang diarahkan pada biaya daur ulang limbah *solvent acidity* yang dikaitkan dengan pemanfaatan kembali material hasil daur ulang yang didapat yaitu *isopropyl alcohol* dan *toluene* saja, daur ulang ini menggunakan alat distilasi Hempel yang telah tersedia. Untuk biaya pemakaian listrik dan tenaga kerja tidak dihitung karena daur ulang ini dilakukan sebagai produk samping yang dikerjakan secara periodik dan tidak mengganggu waktu kerja yang pokok.

Analisis perhitungan yang dilakukan adalah menghitung nilai tambah/keuntungan yang diperoleh dari rata-rata pemanfaatan kembali *isopropyl alcohol* dan *toluene* hasil daur ulang dalam jumlah 3000 ml.

$$\text{Nilai tambah} = (\text{jumlah } \textit{isopropyl alcohol} \times \text{harga } \textit{isopropyl alcohol}) + (\text{jumlah } \textit{toluene} \times \text{harga } \textit{toluene})$$

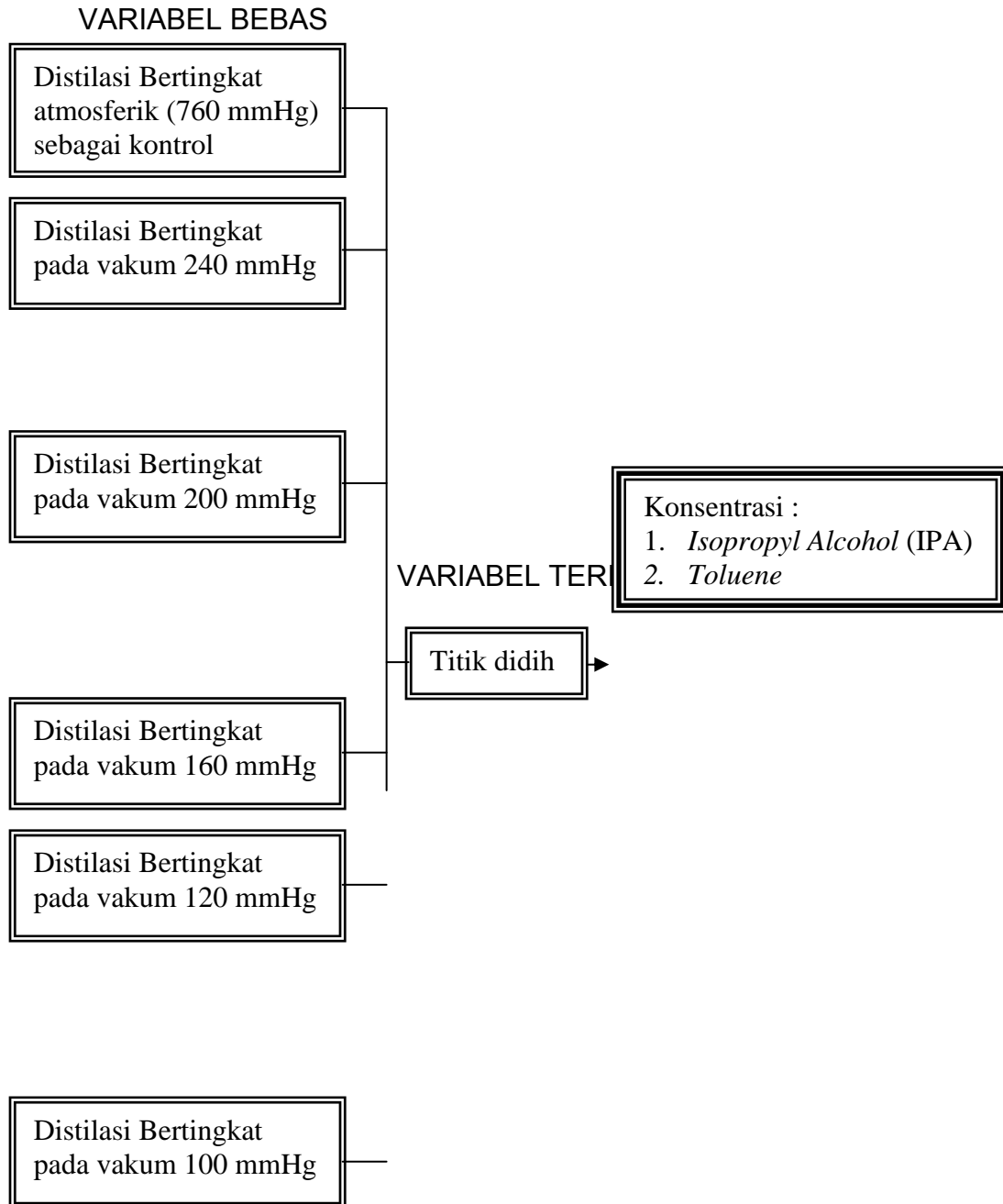
L. Kerangka Teori



Gambar 2.5 Skema Kerangka Teori

BAB III METODE PENELITIAN

A. Kerangka Konsep Penelitian



B. Hipotesis Penelitian

1. Ada hubungan antara variasi vakum dengan titik didih *Isopropyl alcohol* dan *Toluene* pada proses distilasi bertingkat.
2. Ada hubungan antara variasi titik didih dengan konsentrasi *solvent acidity*.

C. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Vakum dan titik didih pada distilasi bertingkat.

2. Variabel Terikat

konsentrasi *Isopropyl Alcohol* (IPA) dan *Toluene*.

D. Definisi Operasional Variabel⁽¹²⁾

1. Distilasi bertingkat adalah proses penyulingan untuk menentukan titik didih pada dua suhu dalam kondisi tidak bertekanan. Dilakukan pada *isopropyl alcohol* dan *toluene* yang sifat kimianya stabil selama proses distilasi.

Distilasi bertingkat pada tekanan 240, 200, 160, 120, 100 mmHg adalah proses penyulingan untuk menurunkan titik didih dengan dua suhu dalam kondisi bertekanan pada 240, 200, 160, 120, 100 mmHg. Dilakukan pada *isopropyl alcohol* dan *toluene* yang sifat kimianya stabil selama proses distilasi dengan jarak titik didih yang berbeda sesuai dengan kondisi vakum/tekanan masing-masing. Titik didih *Isopropyl alcohol* adalah 81 °C dan titik didih *toluene* adalah 110.6 °C

Satuan : °C

Skala : rasio

2. Titik didih atmosferik adalah titik didih pada kondisi normal atau titik didih yang tidak di berikan tekanan/vakum (760 mmHg).

Satuan : °C

Skala : rasio

3. Tekanan/vakum adalah tekanan yang diberikan pada udara dalam ruangan atau wadah untuk menurunkan suhu dalam ruangan tersebut.

Satuan : mmHg

Skala : rasio

4. Konsentrasi *Isopropyl Alcohol* dan *Toluene* adalah suatu ukuran untuk mengetahui tingkat kemurnian dari *Isopropyl Alcohol* dan *Toluene*.

Satuan : *part per million* (ppm)

Skala : rasio

Rancangan Penelitian⁽¹⁶⁾

Penelitian ini bersifat eksperimen semu (*Quazy Experiment*), yaitu penelitian dengan perubahan vakum dengan variasi pada tekanan normal yaitu 760 mmHg dilanjutkan dengan variasi tekanan/vakum sebesar 240, 200, 160, 120, dan 100 mmHg pada distilasi bertingkat yang bertujuan untuk memperoleh hasil penelitian dengan eksperimen yang sebenarnya. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan penelitian *pretest* dan *posttest* dengan kelompok kontrol (*Control-group pretest-posttestdesign*). Bentuk rancangannya adalah sebagai berikut :

<i>Group</i>	<i>Pretest</i>	<i>Treatment</i>	<i>Posttest</i>
<i>Experiment Group</i>	T1	→ X →	T2
<i>Control Group</i> (Tekanan 760 mmHg)	T1	→ - →	T2

Dimana : T1 = limbah B3 cair sebelum mendapat perlakuan.

T2 = limbah B3 cair setelah mendapat perlakuan.

X = perlakuan dengan *Treatment*.

Langkah rancangan penelitian *Control group pretest-posttest design* adalah sebagai berikut :

1. Sejumlah subyek dipilih dari suatu populasi.
2. Subyek digolongkan menjadi dua kelompok yaitu kelompok eksperimen yang dikenai variable perlakuan X dan kelompok kontrol yang tidak dikenai variabel perlakuan.
3. *Pretest* diberikan pada T1 untuk mengukur variabel tergantung pada kedua kelompok itu, lalu hitung *mean* masing-masing kelompok.
4. Semua kondisi dipertahankan untuk kedua kelompok itu agar tetap sama, kecuali pada satu hal yaitu kelompok eksperimen dikenai variabel perlakuan X untuk angka waktu tertentu
5. *Posttest* T2 pada kedua kelompok itu untuk mengukur variabel tergantung, lalu hitung rata-ratanya untuk masing-masing kelompok.
6. Perbedaan antara hasil *pretest* T1 dan *posttest* T2 dihitung untuk masing-masing kelompok jadi : $(T2e - T1e)$ dan $(T2c - T1c)$

Dimana : T1e = kelompok *pretest* pada eksperimen.

T1c = *pretest* pada kelompok kontrol.

T2e = kelompok *posttest* pada kelompok eksperimen.

T2c = kelompok *posttest* pada kelompok kontrol.

7. Perbedaan tersebut dibandingkan untuk menentukan apakah penerapan perlakuan X itu berkaitan dengan perubahan yang lebih besar pada kelompok eksperimen, jadi :

$$(T2e - T1e) - (T2c - T1c).$$

8. Sesuaikan tes statistik yang cocok untuk rancangan ini untuk menentukan apakah perbedaan nilai seperti dihitung pada langkah ke-7 itu signifikan, yaitu apakah perbedaan tersebut cukup besar untuk menolak hipotesa nol atau perbedaan itu hanya terjadi secara kebetulan.

Populasi dan Sampel^(16,17)

1. Populasi

Populasi dalam penelitian adalah limbah B3 cair di Laboratorium Kilang Pertamina UP IV Cilacap.

2. Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah sampel limbah *solvent acidity* dari sisa analisis *acidity* di Laboratorium Lindungan Lingkungan dan Riset Pertamina UP IV Cilacap, untuk menghindari kesalahan sekecil mungkin maka digunakan rumus untuk replikasi sebagai berikut :

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

dimana : r = replikasi (ulangan)

t = banyaknya variasi tekanan yang dipakai

Perlakuan dalam penelitian ini menggunakan 6 (enam) macam variasi vakum yaitu pada 760, 240, 200, 160, 120, dan 100 mmHg, dimulai dari vakum/tekanan normal (760 mmHg) seperti pada penelitian awal kemudian dilanjutkan dengan vakum yang lebih rendah/kecil. Penggunaan tekanan/vakum dimulai 240 mmHg karena skala manometer tertinggi 240 mmHg dan terendah 100 mmHg. Dari rumus diatas didapatkan replikasi sebanyak 4 (empat) kali, sehingga sampel yang diperiksa adalah sebanyak 25 (dua puluh lima) sampel dan 5 (lima) sampel untuk sebelum perlakuan perubahan tekanan/vakum.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Persiapan Penelitian

- a). Mengurus permohonan surat ijin penelitian kepada Perusahaan.
- b). Pengumpulan sample limbah *solvent acidity* dari sisa analisis *acidity* di Laboratorium Lindungan Lingkungan dan Riset Pertamina UP IV Cilacap.
- c). Melakukan studi pendahuluan dengan melakukan identifikasi limbah *solvent acidity* dari sisa analisis *acidity*.
- d). Penyusunan rancangan penelitian meliputi : (1) Penetapan variabel; (2) Penetapan definisi operasional variabel; (3) Penyusunan analisis hasil penelitian.

2. Pelaksanaan Penelitian

- a). Menyiapkan alat distilasi, sebelum dipergunakan diteliti dahulu supaya pada pelaksanaan distilasi berjalan lancar dan aman.
- b). Menakar sampel dilanjutkan melakukan distilasi.
- c). Menghitung prosentase *yield* hasil proses daur ulang dengan distilasi
- d). Memeriksa sifat *isopropyl alcohol* dan *toluene* hasil distilasi bertingkat, meliputi :
Titik didih dan Berat jenis.

H. Prosedur Pemeriksaan *Acid Number*⁽⁸⁾

1. Masukkan sejumlah contoh ± 20 g ke dalam labu erlenmeyer 250 ml, tambahkan 100 ml *solvent acidity* dan 0.5 ml larutan indikator *p-Naphtholbenzein*, lalu tanpa ditutup goyang-goyang sampai sampel/contoh larut sempurna.

2. Segera lakukan titrasi terhadap larutan contoh pada temperatur dibawah 30 °C, yaitu dengan penambahan larutan standard *potassium hydroxide* (KOH) dalam *isopropyl alcohol* (IPA) tetes demi tetes sambil digoyang-goyang. Mendekati titik akhir (ditandai dengan perubahan warna menjadi hijau atau hijau kecoklatan), goncang kuat-kuat tetapi dengan menghindari masuknya CO₂ ke dalam larutan. Hentikan titrasi apabila perubahan warna bertahan selama 15 detik.
3. Lakukan juga titrasi terhadap *blanko* yaitu 100 ml *solvent acidity* diberi 0.5 ml larutan indikator *p-Naphtholbenzein* dengan cara yang sama dengan contoh.
4. Perhitungan : *Acid number*, mg KOH/g = (A-B) N x 56.1/W
dimana : A = Larutan KOH yang dipakai titrasi contoh, ml
B = Larutan KOH yang dipakai untuk titrasi blanko, ml
N = Normalitet larutan KOH
W = Berat contoh yang digunakan, gram

I. Prosedur Daur Ulang Limbah *Acidity*

1. Mengumpulkan dan menampung limbah *acidity* buangan analisis *acidity*.
2. Melakukan distilasi dengan suhu bertingkat pada tekanan atmosfer.
3. Melakukan distilasi dengan suhu bertingkat pada kondisi vakum.
4. Menghitung persen *yield* hasil material daur ulang.
5. Memeriksa *isopropyl alcohol* dan *toluene* hasil daur ulang dengan dua

parameter pemeriksaan yaitu titik didih dan berat jenis.

6. Membandingkan hasil pemeriksaan sifat *Isopropyl alcohol* dan *toluene* hasil daur ulang dengan *Isopropyl alcohol* dan *toluene* yang baru.
7. Memasang label pada *Isopropyl alcohol* dan *toluene* hasil daur ulang :
“IPA daur ulang siap pakai” dan “TOLUENE daur ulang siap pakai”

J. Pengumpulan Data^(15,18)

Data diperoleh dan dikumpulkan dengan menggunakan :

1. Data primer, data yang langsung diperoleh dari sumbernya melalui pengamatan, pengukuran dan pencatatan pada objek yang diteliti. Data tersebut meliputi data analisis sampel, limbah B3 cair , peralatan, parameter analisis *Isopropyl alcohol* dan *toluene*, dan cara penanganan limbah B3 cair.
2. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari institusi maupun studi literatur untuk menambah teori dari data-data lain yang menunjang, berupa data-data lokasi objek penelitian, kondisi limbah B3 di Pertamina UP IV Cilacap.

K. Pengolahan Data^(15,18)

Setelah data-data diperoleh, dilanjutkan dengan beberapa tahapan yaitu :

a. Editing

Meneliti kembali data-data yang diperoleh apakah sudah lengkap, sehingga apabila ada kekurangan dapat langsung dilengkapi.

b. Coding

Dengan memberikan kode tertentu pada variabel penelitian untuk memudahkan dalam analisis data.

c. *Entry*

Untuk melihat apakah ada perubahan sifat dari hasil daur ulang, maka data yang telah dikoding dimasukkan ke dalam program *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) versi 11.5, metode analisa varian satu jalan dengan taraf signifikan 95 %. Kemudian untuk mengetahui tingkat efektifitas maka digunakan kelanjutan dari analisa varian.

d. Tabulasi

Memasukkan data ke dalam tabel yang telah diperoleh dari hasil penelitian daur ulang dengan metoda uji beda untuk suhu dan tekanan yang berbeda dari analisis isopropil alkohol dan toluena hasil daur ulang.

BAB IV HASIL PENELITIAN

A. Gambaran Umum Objek Penelitian

1. Letak Geografis dan sejarah Pertamina UP IV Cilacap

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan bulan Juni 2006 di Pertamina UP IV Cilacap, untuk lebih jelas dan memberikan gambaran lokasi dalam penelitian pada pembaca, maka diperlukan gambaran umum objek penelitian.

Pertamina Unit Pengolahan IV Cilacap merupakan salah satu Unit Operasi Direktorat Pengolahan Pertamina dengan produk terbesar dan terlengkap di Indonesia, yang membawahi Kilang I dan II, Kilang Paraxylene Cilacap. Kilang ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri terhadap produk Bahan Bakar Minyak (BBM) dan produk Non BBM yang terus meningkat dan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap suplai dari luar negeri. Pertamina UP IV beralamatkan di jalan MT. Haryono no. 21 Cilacap, pembangunan Kilang Minyak Cilacap dilaksanakan dalam tiga tahap yaitu :

a). Kilang Minyak I

Kilang Minyak I dibangun pada tahun 1974 dan selesai pada tahun 1976. Kilang ini dirancang untuk memproses bahan baku minyak mentah (*crude*) dari Timur Tengah (*Arabian Light Crude* dan *Iranian Light Crude*) dengan kapasitas produksi sebesar 100.000 barrel/hari. Minyak mentah dari Timur Tengah ini selain memproduksi produk BBM juga menghasilkan bahan dasar minyak pelumas (*Lube Oil Base*) dan aspal yang lebih ekonomis dari minyak mentah dalam negeri.

Fasilitas yang dimiliki Kilang Minyak I sbb:

1). *Fuel Oil Complex* I terdiri dari : 1. *Crude Destitaining Unit (CDU)*; 2. *Naphtha Hydrotreated Unit (NHT)–I*; 3. *Hydrodesulfurizer Unit*; 4. *Platformer Unit*; 5. *Propane Manufacturing Unit*; 6. *Merox Treater Uni*; 7. *Sour Water Stripper*

Fuel Oil Complex I (FOC I), mengolah minyak mentah menjadi BBM yang berupa Gas, Premium, Avtur (bahan bakar pesawat terbang), Kerosene (minyak tanah), *Automotive Diesel Oil* (Solar), *Industrial Diesel Oil* (IDO), dan *Industrial Fuel Oil / Minyak Bakar* (IFO).

Lube Oil Complex I terdiri dari : 1. *High Vacuum Unit*; 2. *Propane Deasphalting Unit*; 3. *Furfural Extraction Unit*; 4. *MEX Dewaxing Unit*; 5. *Sulfur Recovery Unit (SRU)*. *Lube Oil Complex I (LOC I)*, mengolah *Long Residue* menjadi *Lube Oil Base* dan Aspal.

- 2). *Utilites Complex I*, menyediakan sarana penunjang bagi unit – unit proses seperti generator listrik, penyediaan air bersih, uap air, air pendingin dan lain – lain.
- 3). *Offsite Facilities* sebagai sarana penyimpanan minyak, (tangi timbun) penanggulangan pencemaran dan sebagainya.

b). Kilang Minyak II

Fuel Oil Complex II (FOC II), mengolah minyak mentah menjadi BBM yang berupa Gas, *Premium*, *Avtur* (bahan bakar pesawat terbang), *Kerosene* (minyak tanah), *Automotive Diesel Oil (Solar)*, *Industrial Diesel Oil (IDO)*, dan *Industrial Fuel Oil / Minyak Bakar (IFO)*.

Lube Oil Complex II, mengolah *Long Residue* menjadi *Lube Oil Base* dan Aspal.

Lube Oil Complex III (LOC III), *Lube base oil* (bahan dasar pelumas) dihasilkan oleh *Lube Oil Complex I – II*. Bahan dasar pelumas inilah yang kemudian dicampur dan ditambah aditif, sehingga menjadi pelumas seperti merk Mesran dan sejenisnya yang banyak ditemui di pasaran. Sejalan dengan peningkatan kapasitas melalui *Debottlenecking Project (1998 – 1999)* dibangun LOC III, sehingga kapasitasnya semakin meningkat dari 225.000 ton/tahun, menjadi 428.000 ton/tahun.

Utilities Complex II, menyediakan sarana penunjang bagi unit – unit proses, seperti generator listrik, penyediaan air bersih, uap air, air pendingin dan lain – lain.

Offsite Facilities, sesuai sarana penyimpanan minyak, penanggulangan pencemaran dan sebagainya.

c). Kilang Paraxylene UP IV Cilacap

Kilang Paraxylene Cilacap dibangun pada tahun 1988 dan beroperasi setelah diresmikan, pada tahun 1990. Pembangunan kilang ini didasarkan pertimbangan tersedianya bahan baku Naphtha yang cukup dari Kilang Minyak I dan II Cilacap (total kapasitas produksi 590.000 ton / tahun) dan adanya sarana pendukung berupa dermaga, tangki dan utilities.

d). Distribusi, Pemasaran dan Pemanfaatan Produksi

Produk BBM dimanfaatkan untuk industri dan transportasi. Untuk meningkatkan kemampuan dan keamanan distribusi maka produk BBM Unit Pengolahan IV Cilacap disalurkan melewati pipa yang telah dibangun Unit Pemasaran IV Cilacap Group ke lokasi distribusi di Jawa Barat, Jawa Tengah, maupun Daerah Istimewa Yogyakarta.

Ke bagian Barat melalui jalur pipa Cilacap, Tasikmalaya, Ujung Berung (Bandung), sedangkan ke bagian Timur melalui pipa Cilacap Maos – Rewulu (Yogyakarta) sampai Teras (Boyolali). Kemudian untuk mencapai daerah konsumen lainnya, BBM diangkut dengan truk – truk tanki dan tanki kereta api.

Sedangkan distribusi BBM untuk Jakarta, Surabaya dan Indonesia bagian Timur dipasok dengan sarana transportasi kapal tanker.

Produksi *base oil* ini dipasarkan di dalam dan luar negeri. Bahan dasar pelumas inilah yang kemudian diblending dan ditambah *adittif*, menjadi pelumas seperti merk Mesran dan sejenis yang banyak ditemui dipasaran.

Sejalan dengan peningkatan kapasitas melalui *Debottlenecking Project* 1998/1999 dibangun LOC III, sehingga kapasitasnya semakin meningkat, dari 225.000 ton/tahun, menjadi 428.000 ton/tahun, terdiri dari LOC I kapasitas 98.000 ton/tahun, LOC II kapasitas 212.000 ton/tahun, LOC III kapasitas 118.000 ton/tahun. Tidak hanya kuantitas meningkat, pada pasca *Debottlenecking*, unit LOC I, II dan III kualitasnya ditingkatkan sesuai standar mutu nasional maupun internasional dan dapat dioperasikan secara fleksibel, sehingga mampu melakukan diversifikasi produk, serta mampu memproduksi bahan dasar pelumas sesuai dengan kualitas dan grade permintaan pasar baik *base oil* group I,II maupun III. Karena itu *lube base oil* produksi UP IV banyak pula dibeli oleh berbagai produsen pelumas merk terkenal.

2. Sumber Limbah *Solvent Acidity*

Untuk mendukung kelancaran operasional kilang, baik BBM, non BBM, maupun kilang Paraxylene, tidak lepas dari sarana penunjang. Hampir semua sarana penunjang operasional perusahaan menghasilkan limbah. Salah satu sarana penunjang operasional perusahaan adalah Laboratorium Kilang. Laboratorium yang telah mendapatkan sertifikat SNI 19 – 17025 berfungsi sebagai pengontrol spesifikasi dan kualitas bahan baku serta produk antara maupun akhir. Keberadaan fasilitas ini amat menentukan

suatu keberhasilan perusahaan, terlebih pada era perdagangan bebas. Karena itu laboratorium diperlengkapi dengan fasilitas penelitian dan pengembangan, sehingga produk yang dihasilkan senantiasa terjaga kualitasnya, agar tetap mampu bersaing di pasaran. Laboratorium Kilang mempunyai tiga seksi yaitu seksi Laboratorium BNAP (Bahan Bakar Minyak, Non Bahan Bakar Minyak dan Pengapalan), seksi Laboratorium LL & Riset (Lindungan Lingkungan dan Riset, seksi Laboratorium Pemeliharaan dan Administrasi Material.

Dalam tugasnya sebagai pengontrol spesifikasi dan kualitas bahan baku dan produknya, secara umum laboratorium menghasilkan limbah dari sisa analisis seperti limbah gas, cair maupun padatan. Laboratorium LL & Riset mempunyai tugas, antara lain melakukan evaluasi minyak mentah, melakukan analisis sampel korelasi *intern* maupun *ekstern*, melakukan pemeriksaan dan pengamatan terhadap hal-hal yang berhubungan dengan pencemaran lingkungan seperti pencemaran udara, daratan maupun perairan di lingkungan operasional kilang. Limbah yang dihasilkan oleh Laboratorium LL & Riset dari sisa analisis antara lain limbah *solvent acidity* yang berasal dari buangan pemeriksaan keasaman dari sampel pelumas, *crude oil* dan sebagian fraksi-fraksinya. Buangan sisa pemeriksaan keasaman sebanyak 120 ml terdiri dari 100 ml *solvent acidity* dan 20 ml sampel, untuk setiap pemeriksaan keasaman sampel dilakukan juga pemeriksaan keasaman *solvent acidity* sebagai *blanko* yang berfungsi sebagai kontrol kinerja *solvent acidity* yang akan digunakan dalam perhitungan akhir. Jadi jumlah buangan limbah *acidity* untuk pemeriksaan keasaman setiap satu sampel berjumlah 220 ml.

B. Hasil Penelitian

Penelitian tentang daur ulang limbah *solvent acidity* di Laboratorium Kilang Pertamina UP IV Cilacap telah dilaksanakan pada tanggal 10 April 2006 sampai dengan 10 Juni 2006. Hasil daur ulang diperiksa dengan dua parameter pemeriksaan untuk masing-masing material hasil daur ulang. Hasil pemeriksaan adalah sebagai berikut :

1. Titik didih *isopropyl alcohol* sebelum dan sesudah perlakuan

Penelitian mengenai daur ulang limbah *solvent acidity* adalah mengukur perubahan titik didih pada distilasi sebelum dan sesudah dilakukan perubahan vakum dengan berbagai variasi, kemudian untuk mendapatkan *isopropyl alcohol*, di siapkan 6 kelompok sampel, 1 kelompok untuk sebelum perlakuan perubahan vakum dan 5 kelompok untuk perlakuan perubahan vakum. Hasil pemeriksaan titik didih sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan titik didih dari *Isopropyl Alcohol* hasil daur ulang pada kondisi sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum di Laboratorium Kilang Pertamina UP IV.

No.	Replikasi (R)	Titik didih pada kondisi perlakuan perubahan vakum, (⁰ C)					
		Sebelum (mmHg)	Sesudah (mmHg)				
		760	240	200	160	120	100
1	I	81.0	48.5	43.0	36.0	30.5	28.0
2	II	81.0	48.0	43.5	36.5	31.0	27.5
3	II	81.1	49.0	43.0	36.0	31.0	29.0
4	IV	81.0	47.5	45.5	36.0	31.0	28.0
\bar{X}		81.0	48.2	43.7	36.1	30.9	28.1

Keterangan :

\bar{X} : Rata-rata

R : Ulangan

Tabel di atas menunjukkan bahwa titik didih sebelum perlakuan perubahan vakum dan sesudah perlakuan perubahan vakum mengalami penurunan. Besarnya perubahan terlihat bahwa semakin rendah vakum yang digunakan semakin rendah pula titik didihnya. Titik didih rata-rata tertinggi adalah pada vakum 240 mmHg yaitu 48.2 ⁰C sedangkan titik didih rata-rata terendah pada tekanan 100 mmHg yaitu 28.1 ⁰C. Untuk mengolah ke dalam program *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS), maka dihitung selisih dari perubahan titik didih sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

Selisih perubahan titik didih sebelum dan sesudah perlakuan distilasi dengan variasi perubahan vakum dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Selisih titik didih *Isopropyl Alcohol* antara sebelum dan sesudah perubahan tekanan dengan berbagai variasi vakum pada proses daur ulang.

No.	Variasi vakum (mmHg)	Selisih perubahan titik didih <i>isopropyl alcohol</i> , °C				\bar{X}
		I	II	III	IV	
1.	240	32.5	33.0	32.0	33.5	32.7
2.	200	38.0	37.5	38.0	35.5	37.2
3.	160	45.1	44.6	45.1	45.1	44.9
4.	120	50.5	50.0	50.0	50.0	50.1
5.	100	53.0	53.5	52.0	53.0	52.8

Keterangan :

\bar{X} : Rata-rata

R : Ulangan

Tabel diatas menunjukkan bahwa selisih titik didih sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum mengalami kenaikan, besarnya perubahan terlihat bahwa semakin rendah vakum yang digunakan semakin tinggi selisih titik didihnya. Selisih titik didih rata-rata terendah adalah pada vakum 240 mmHg yaitu 32.7 °C, sedangkan selisih titik didih rata-rata tertinggi adalah pada vakum 100 mmHg yaitu 52.8 °C.

Dari table 4.2 kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data dalam program SPSS dengan Uji T dilanjutkan dengan Anova dan *Least Significant Different* (LSD).

Tabel 4.3 Hasil T-Test dari titik didih *Isopropyl Alcohol* (IPA) sebelum perubahan vakum – setelah perubahan vakum.

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviat ion	Std. Error Mean	95 % Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 Titik didih dari IPA sebelum perubahan vak. 240 mmHg – Titik didih dari IPA sesudah perubahan vak. 240 mmHg.	32.750	.645	.323	31.723	33.777	101.472	3	.000
Pair 2 Titik didih dari IPA sebelum perubahan vak. 200 mmHg – Titik didih dari IPA sesudah perubahan vak. .200 mmHg.	37.250	1.190	.595	35.356	39.144	62.593	3	.000
Pair 3 Titik didih dari IPA sebelum perubahan vak. 160 mmHg – Titik didih dari	44.975	.250	.125	4.577	45.373	359.800	3	.000
	50.125	.250	.125	49.727	50.523	401.000	3	.000
	52.875	.629	.315	51.874	53.876	168.083	3	.000

IPA sesudah perubahan vak. 160 mmHg. Pair 4 Titik didih dari IPA sebelum perubahan vak. 120 mmHg – Titik didih dari IPA sesudah perubahan vak. 120 mmHg. Pair 5 Titik didih dari IPA sebelum perubahan vak. 100 mmHg – Titik didih dari IPA sesudah perubahan vak. 100 mmHg.								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabel 4.4 Hasil *output Oneway* dari selisih antara titik didih *Isopropyl alcohol* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95 % Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower	Upper		
					Bound	Bound		
240 mmHg	4	32.750	.645	.323	31.723	33.777	32.0	33.5
200 mmHg	4	37.250	1.190	.595	35.356	39.144	35.5	38.0
160 mmHg	4	44.975	.250	.125	44.577	45.373	44.6	45.1
120 mmHg	4	50.125	.250	.125	49.727	50.523	50.0	50.5
100 mmHg	4	52.875	.629	.315	51.874	53.876	52.0	53.5
760 mmHg	4	.000	.000	.000	.000	.000	.0	.0
Total	24	36.329	18.053	28.706	28.706	43.952	.0	53.5

Tabel 4.5 Hasil *output ANOVA* dari selisih antara titik didih *Isopropyl alcohol* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7489.227	5	1497.845	3817.518	.000
Within Groups	7.063	18	.392		
Total	7496.290	23			

Dari hasil olah statistik dalam anova maupun LSD terlihat bahwa signifikansi hasilnya nol, hal ini berarti bahwa ada selisih atau perubahan pada titik didih sebelum dan sesudah perubahan vakum.

Tabel 4.6 Hasil output Post Hoc Test dari selisih antara titik didih *Isopropyl Alcohol* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

Multiple Comparisons

Dependent Variable : Selisih antara Titik Didih Sebelum & Sesudah Perlakuan

LSD

(I) Variasi-Vakum	(J) Variasi-Vakum	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95 % Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
240 mmHg	200 mmHg	-4.500*	.443	.000	-5.431	-3.569
	160 mmHg	-12.225*	.443	.000	-13.156	-11.294
	120 mmHg	-17.375*	.443	.000	-18.306	-16.444
	100 mmHg	-20.125*	.443	.000	-21.056	-19.194
	760 mmHg	32.750	.443	.000	31.819	33.681
200 mmHg	240 mmHg	4.500*	.443	.000	3.569	5.431
	160 mmHg	-7.725*	.443	.000	-8.656	-6.794
	120 mmHg	-12.875*	.443	.000	-13.806	-11.944
	100 mmHg	-15.625*	.443	.000	-16.556	-14.694
	760 mmHg	37.250*	.443	.000	36.319	38.181
160 mmHg	240 mmHg	12.225*	.443	.000	11.294	13.156
	200 mmHg	7.725*	.443	.000	6.794	8.656
	120 mmHg	-5.150*	.443	.000	-6.081	-4.219
	100 mmHg	-7.900*	.443	.000	-8.831	-6.969
	760 mmHg	44.975	.443	.000	44.044	45.906
120 mmHg	240 mmHg	17.375*	.443	.000	16.444	18.306
	200 mmHg	12.875*	.443	.000	11.944	13.806
	160 mmHg	5.150*	.443	.000	4.219	6.081
	100 mmHg	-2.750*	.443	.000	-3.681	-1.819

	760 mmHg	50.125*	.443	.000	49.194	51.056
100 mmHg	240 mmHg	20.125*	.443	.000	19.194	21.056
	200 mmHg	15.625*	.443	.000	14.694	16.556
	160 mmHg	7.900*	.443	.000	6.969	8.831
	120 mmHg	2.750*	.443	.000	1.819	3.681
	760 mmHg	52.875*	.443	.000	51.944	53.806
760 mmHg	240 mmHg	-32.750*	.443	.000	-33.681	-31.819
	200 mmHg	-37.250*	.443	.000	-38.181	-36.319
	160 mmHg	-44.975*	.443	.000	-45.906	-44.044
	120 mmHg	-50.125*	.443	.000	-51.056	-49.194
	100 mmHg	-52.875*	.443	.000	-53.806	-51.944

* The mean difference is significant at the .05 level.

Sedangkan prosentase perubahan titik didih *isopropyl alcohol* antara sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Prosentase (%) perubahan titik didih *isopropyl alcohol* antara sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

No.	Variasi vakum (mmHg)	Prosentase perubahan titik didih <i>isopropyl alcohol</i> , °C				\bar{X}
		I	II	III	IV	
1.	240	39.28	38.88	39.69	38.47	39.08
2.	200	34.83	37.50	37.91	36.85	36.77
3.	160	29.20	29.60	29.20	29.20	29.30
4.	120	24.71	25.11	25.11	25.11	25.01
5.	100	22.68	22.27	23.49	22.68	22.78

Keterangan :

\bar{X} : Rata-rata

R : Ulangan

Tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil vakum yang digunakan maka semakin kecil pula prosentase perubahan titik didihnya. Prosentase rata-rata perubahan titik didih terbesar dari distilasi *isopropyl alcohol* adalah pada vakum 240 mmHg yaitu 39.08 %, sedangkan prosentase rata-rata perubahan titik didih terkecil adalah pada vakum 100 mmHg yaitu sebesar 22.78 %.

2. Titik didih *toluene* sebelum dan sesudah perlakuan

Penelitian daur ulang limbah *solvent acidity* ini adalah melanjutkan proses distilasi dengan suhu yang lebih tinggi tanpa melakukan perubahan pemanasan maupun tekanan/vakum pada masing-masing tahap distilasi sebelum dan sesudah dilakukan

perubahan vakum dengan berbagai variasi, untuk mendapatkan *toluene*, di siapkan 6 kelompok sample, 1 kelompok untuk sebelum perlakuan perubahan tekanan dan 5 kelompok untuk perlakuan perubahan tekanan.

Tabel 4.8 Hasil pemeriksaan titik didih *toluene* pada proses daur ulang pada kondisi sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum di Laboratorium Kilang Pertamina UP IV.

No.	Replikasi (R)	Titik didih pada kondisi perlakuan perubahan vakum, ($^{\circ}\text{C}$)					
		Sebelum (mmHg)	Sesudah (mmHg)				
		760	240	200	160	120	100
1	I	110.4	75.4	70.2	64.6	56.8	52.2
2	II	110.2	75.8	70.0	64.2	56.8	52.8
3	II	110.6	75.6	70.8	64.4	57.0	52.2
4	IV	110.4	75.2	70.4	64.8	56.4	52.4
	\bar{X}	110.4	75.5	70.3	64.8	56.7	52.4

Keterangan :

\bar{X} : Rata-rata

R : Ulangan

Tabel di atas menunjukkan bahwa titik didih *toluene* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum mengalami perubahan titik didihnya. Besarnya perubahan titik didih terlihat bahwa semakin kecil vakum yang digunakan semakin kecil pula perubahan titik didihnya. Titik didih rata-rata tertinggi adalah pada vakum 240 mmHg yaitu 75.5°C , sedangkan titik didih rata-rata terendah adalah pada vakum 100 mmHg yaitu 52.4°C . Selisih perubahan titik didih *toluene* sebelum dan sesudah perlakuan distilasi dengan variasi perubahan vakum dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Selisih dari titik didih *toluene* antara sebelum dan sesudah perubahan vakum dengan berbagai variasi kevakuman.

No.	Variasi vakum (mmHg)	Selisih perubahan titik didih <i>toluene</i> , °C (R)				\bar{X}
		I	II	III	IV	
1.	240	35.0	34.6	34.8	35.2	34.9
2.	200	40.0	40.2	39.4	39.8	39.8
3.	160	46.0	46.4	46.2	45.8	46.1
4.	120	53.6	53.6	53.4	54.0	53.6
5.	100	58.4	57.8	58.4	58.2	58.2

Keterangan :

\bar{X} : Rata-rata

R : Ulangan

Tabel diatas menunjukkan bahwa titik didih sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum mengalami kenaikan, besarnya perubahan terlihat bahwa semakin kecil vakum yang digunakan semakin tinggi selisih titik didihnya. Selisih titik didih rata-rata terendah adalah pada vakum 240 mmHg yaitu 34.9 °C, sedangkan selisih titik didih rata-rata tertinggi adalah paada vakum 100 mmHg yaitu 58.2 °C.

Dari table 4.9 kemudian dilanjutkan pengolahan data dengan statistik dalam program SPSS yaitu Uji T di lanjutkan Anova dan LSD.

Tabel 4.10 Hasil T-Test dari titik didih *Toluene* sebelum perubahan vakum – setelah perubahan vakum.

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95 % Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 Titik didih dari Toluene sebelum perubahan vak. 240 mmHg – Titik didih dari Toluene sesudah perubahan vak. 240 mmHg.	34.900	.258	.129	34.489	35.311	270.334	3	.000
Pair 2 Titik didih dari Toluene sebelum perubahan vak. 200 mmHg – Titik didih dari Toluene sesudah perubahan vak. 200 mmHg.	39.850	.342	.171	39.306	40.394	233.338	3	.000
Pair 3 Titik didih dari Toluene sebelum perubahan vak. 160 mmHg – Titik didih dari Toluene sesudah perubahan vak. 160 mmHg.	46.100	.258	.129	45.689	46.511	357.089	3	.000
Pair 4 Titik didih dari Toluene sebelum perubahan vak. 120 mmHg – Titik didih dari Toluene sesudah perubahan vak. 120 mmHg.	53.650	.252	.126	53.250	54.050	426.367	3	.000
Pair 5 Titik didih dari Toluene sebelum perubahan vak. 80 mmHg – Titik didih dari Toluene sesudah perubahan vak. 80 mmHg.	58.200	.283	.141	57.750	58.650	411.536	3	.000

sesudah perubahan vak. 160 mmHg. Pair 4 Titik didih dari Toluene sebelum perubahan vak. 120 mmHg – Titik didih dari Toluene sesudah perubahan vak. 120 mmHg. Pair 5 Titik didih dari Toluene sebelum perubahan vak. 100 mmHg – Titik didih dari Toluene sesudah perubahan vak. 100 mmHg.								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabel 4.11 Hasil *output Oneway* dari selisih antara titik didih *Toluene* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95 % Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
					240 mmHg	4		
200 mmHg	4	39.850	.342	.171	39.306	40.394	39.4	40.2
160 mmHg	4	46.100	.258	.129	45.689	46.511	45.8	46.4
120 mmHg	4	53.650	.252	.126	53.250	54.050	53.4	54.0
100 mmHg	4	58.200	.283	.141	57.750	58.650	57.8	58.4
760 mmHg	4	.000	.000	.000	.000	.000	.0	.0
Total	24	38.783	19.436	3.967	30.576	46.991	.0	58.4

Tabel 4.12 Hasil *output ANOVA* dari selisih antara titik didih *Toluene* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8687.693	5	1737.539	26504.827	.000
Within Groups	1.180	18	6.556E-02		
Total	8688.873	23			

Dari hasil olah statistik dalam Anova maupun LSD terlihat bahwa signifikansi hasilnya nol, hal ini berarti bahwa ada selisih atau perubahan pada titik didih *toluene* sebelum dan sesudah perubahan vakum.

Tabel 4.13 Hasil output Post Hoc Test dari selisih antara titik didih Toluene sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

Multiple Comparisons

Dependent Variable : Selisih antara Titik Didih Sebelum & Sesudah Perlakuan

LSD

(I) Variasi-Vakum	(J) Variasi-Vakum	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95 % Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
240 mmHg	200 mmHg	-4.950*	.181	.000	-5.330	-4.570
	160 mmHg	-11.200*	.181	.000	-11.580	-10.820
	120 mmHg	-18.750*	.181	.000	-19.130	-18.370
	100 mmHg	-23.750*	.181	.000	-23.680	-22.920
	760 mmHg	34.900*	.181	.000	34.520	35.280
200 mmHg	240 mmHg	4.950*	.181	.000	4.570	5.330
	160 mmHg	-6.250*	.181	.000	-6.630	-5.870
	120 mmHg	-13.800*	.181	.000	-14.180	-13.420
	100 mmHg	-18.350*	.181	.000	-18.730	-17.970
	760 mmHg	39.850*	.181	.000	39.470	40.230
160 mmHg	240 mmHg	11.200*	.181	.000	10.820	11.580
	200 mmHg	6.250*	.181	.000	5.870	6.630
	120 mmHg	-7.550*	.181	.000	-7.930	-7.170
	100 mmHg	-12.100*	.181	.000	-12.480	-11.720
	760 mmHg	46.100*	.181	.000	45.720	46.480
120 mmHg	240 mmHg	18.750*	.181	.000	18.370	19.130
	200 mmHg	13.800*	.181	.000	13.420	14.180

	160 mmHg	7.550*	.181	.000	7.170	7.930
	100 mmHg	-4.550*	.181	.000	-4.930	-4.170
	760 mmHg	53.650*	.181	.000	53.270	54.030
100 mmHg	240 mmHg	23.300*	.181	.000	22.920	23.680
	200 mmHg	18.350*	.181	.000	17.970	18.730
	160 mmHg	12.100*	.181	.000	11.720	12.480
	120 mmHg	4.550*	.181	.000	4.170	4.930
	760 mmHg	58.200*	.181	.000	57.820	58.580
760 mmHg	240 mmHg	-34.900*	.181	.000	-35.280	-34.520
	200 mmHg	-39.850*	.181	.000	-40.230	-39.470
	160 mmHg	-46.100*	.181	.000	-46.480	-45.720
	120 mmHg	-53.650*	.181	.000	-54.030	-53.270
	100 mmHg	-58.200*	.181	.000	-58.580	-57.820

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tabel 4.14 Prosentase (%) perubahan titik didih *toluene* antara sebelum dan sesudah perlakuan daur ulang.

No.	Variasi Vakum (mmHg)	Prosentase perubahan titik didih <i>toluene</i> , °C (R)				\bar{X}
		I	II	III	IV	

1.	240	83.2	83.7	83.5	83.0	83.3
2.	200	77.4	77.1	78.0	77.6	77.5
3.	160	71.4	71.0	71.2	71.7	71.3
4.	120	62.7	62.7	62.9	62.3	62.6
5.	100	57.7	58.4	57.7	57.9	57.9

Keterangan :

\bar{X} : Rata-rata

R : Ulangan

Tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil vakum yang digunakan maka semakin kecil pula prosentase perubahan titik didihnya. Prosentase perubahan titik didih rata-rata terbesar dari distilasi *toluene* adalah pada vakum 240 mmHg yaitu 83.3 %, sedangkan prosentase perubahan titik didih rata-rata terkecil adalah pada vakum 100 mmHg yaitu 57.9 %.

3. Perbandingan pemeriksaan berat jenis antara *isopropyl alcohol* hasil daur ulang dari berbagai variasi vakum dengan *isopropyl alcohol* yang baru

Hasil pemeriksaan berat jenis *isopropyl alcohol* pada 20 °C hasil daur ulang dari berbagai variasi kevakuman di bandingkan dengan berat jenis pada 20 °C *isopropyl alcohol* yang masih baru dapat dilihat pada table 4.15

Tabel 4.15 Pemeriksaan berat jenis *isopropyl alcohol* (IPA) hasil daur ulang dengan variasi vakum dan *isopropyl alcohol* baru

No.	Replikasi (R)	Berat Jenis IPA dalam Variasi vakum (mmHg)						IPA Baru
		760	240	200	160	120	100	
1.	I	0.8182	0.8257	0.8194	0.8176	0.8185	0.8206	0.7855
2.	II	0.8095	0.8226	0.8212	0.8186	0.8177	0.8187	0.7853
3.	III	0.8166	0.8188	0.8202	0.8188	0.8186	0.8165	0.7850
4.	IV	0.8211	0.8202	0.8175	0.8206	0.8199	0.8171	0.7854
	\bar{X}	0.8163	0.8216	0.8196	0.8189	0.8187	0.8182	0.7853

Keterangan :

\bar{X} : Rata-rata.

R : Ulangan.

Tabel diatas menunjukkan bahwa ada kenaikan berat jenis pada *isopropyl alcohol* hasil daur ulang sebesar 0.03 – 0.04 dari *isopropyl alcohol* yang masih baru, hal ini menunjukkan bahwa tingkat kemurnian *isopropyl alcohol* hasil daur ulang telah menurun. Dari hasil pemeriksaan berat jenis pada *isopropyl alcohol* dengan berbagai variasi vakum tersebut yang paling mendekati angka 0.7853 dari hasil rata-rata berat jenis *Isopropyl alcohol* yang baru adalah angka 0.8163 yaitu hasil pemeriksaan rata-rata berat jenis pada kondisi distilasi atmosferik. Jadi berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis tersebut daur ulang dengan distilasi yang paling efektif pada kondisi tanpa vakum atau kondisi atmosferik.

Hasil dari pemeriksaan berat jenis tersebut, kemudian diolah dengan program SPSS yaitu Uji T dilanjutkan dengan Anova dan LSD.

Tabel 4.16 Hasil *output T-Test* dari Berat Jenis *Isopropyl Alcohol* (IPA) sebelum perubahan vakum – setelah perubahan vakum.

IPA sebelum perubahan vak. 120 mmHg – Berat Jenis dari IPA sesudah perubahan vak. 120 mmHg. Pair 5 Berat Jenis dari IPA sebelum perubahan vak. 100 mmHg – Berat Jenis dari IPA sesudah perubahan vak. 100 mmHg.									
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabel 4.17 Hasil *output Oneway* dari selisih antara berat jenis *Isopropyl alcohol* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

Descriptives

	N	Mean	Std.	Std. Error	95 % Confidence Interval for Mean	Min.	Max.
--	---	------	------	------------	-----------------------------------	------	------

			Deviation		Lower Bound	Upper Bound		
240 mmHg	4	-3.62E-03	3.02255E-03	1.511E-03	-8.434558E-03	1.18456E-03	-.0075	-.0006
200 mmHg	4	-1.01E-02	1.56711E-03	7.836E-04	-1.256862E-02	-7.581378E-03	-.0117	-.0080
160 mmHg	4	1.875E-03	5.88069E-03	2.940E-03	-7.482488E-03	1.12325E-02	-.0040	.0081
120 mmHg	4	6.350E-03	5.38795E-03	2.694E-03	-2.223430E-03	1.49234E-02	-.0011	.0115
100 mmHg	4	2.875E-03	1.83553E-03	9.178E-03	-4.573622E-05	5.79574E-03	.0005	.0046
760 mmHg	4	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.0000	.0000
Total	24	-4.33E-04	6.24922E-03	1.276E-03	-3.072148E-03	2.20548E-03	-.0117	.0115

Tabel 4.18 Hasil output ANOVA dari selisih antara berat jenis *Isopropyl alcohol* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.625E-04	5	1.325E-04	10.118	.000
Within Groups	2.357E-04	18	1.310E-05		
Total	8.982E-04	23			

Dari hasil olah statistik dalam anova terlihat bahwa signifikansi hasilnya nol, hal ini berarti bahwa ada selisih atau terjadi perubahan pada titik didih *isopropyl alcohol* sebelum dan sesudah perubahan vakum pada proses daur ulang dengan distilasi bertingkat. Terlihat bahwa F hitung adalah 10.118 dengan probabilitas 0.000. Oleh karena probabilitas <0.05 , maka H_0 ditolak, atau rata-rata titik didih keenam kelompok perubahan vakum tersebut memang berbeda.

Setelah diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan di antara keenam kelompok variasi vakum, maka dilanjutkan output bagian keempat yaitu Post Hoc Test seperti pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 Hasil output Post Hoc Test dari selisih antara berat jenis *Isopropyl Alcohol* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

Multiple Comparisons

Dependent Variable : Selisih antara Berat Jenis Sebelum & Sesudah Perlakuan
LSD

(I) Variasi- Vakum	(J) Variasi- Vakum	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95 % Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
240 mmHg	200 mmHg	6.45000E-03*	2.559E-03	.021	1.07403E-03	1.18260E-02
	160 mmHg	-5.5000E-03*	2.559E-03	.045	-1.087597E-02	-1.240292E-04
	120 mmHg	-9.9750E-03*	2.559E-03	.001	-1.535097E-02	-4.599029E-03
	100 mmHg	-6.5000E-03*	2.559E-03	.021	-1.187597E-02	-1.124029E-03
	760 mmHg	-3.6250E-03*	2.559E-03	.174	-9.000971E-03	1.75097E-03
200 mmHg	240 mmHg	-6.4500E-03*	2.559E-03	.021	-1.182597E-02	-1.074029E-03
	160 mmHg	-1.1950E-02*	2.559E-03	.000	-1.732597E-02	-6.574029E-03
	120 mmHg	-1.6425E-02*	2.559E-03	.000	-2.180097E-02	-1.104903E-02
	100 mmHg	-1.2950E-02*	2.559E-03	.000	-1.832597E-02	-7.574029E-03
	760 mmHg	-1.0075E-02*	2.559E-03	.001	-1.545097E-02	-4.699029E-03
160 mmHg	240 mmHg	5.50000E-03*	2.559E-03	.045	1.24029E-04	1.08760E-02
	200 mmHg	1.19500E-02*	2.559E-03	.000	6.57403E-03	1.73260E-02
	120 mmHg	-4.4750E-03	2.559E-03	.097	-9.850971E-03	9.00971E-04
	100 mmHg	-1.0000E-03	2.559E-03	.701	-6.375971E-03	4.37597E-03
	760 mmHg	1.87500E-03	2.559E-03	.473	-3.500971E-03	7.25097E-03
120 mmHg	240 mmHg	9.97500E-03*	2.559E-03	.001	4.59903E-03	1.53510E-02
	200 mmHg	1.64250E-02*	2.559E-03	.000	1.10490E-02	2.18010E-02
	160 mmHg	4.47500E-03	2.559E-03	.097	-9.009708E-04	9.85097E-03
	100 mmHg	3.47500E-03	2.559E-03	.191	-1.900971E-03	8.85097E-03
	760 mmHg	6.35000E-03*	2.559E-03	.023	9.74029E-04	1.17260E-02
100 mmHg	240 mmHg	6.50000E-03*	2.559E-03	.021	1.12403E-03	1.18760E-02
	200 mmHg	1.29500E-02*	2.559E-03	.000	7.57403E-03	1.83260E-02

	160 mmHg	1.00000E-03	2.559E-03	.701	-4.375971E-03	6.37597E-03
	120 mmHg	-3.4750E-03	2.559E-03	.191	-8.850971E-03	1.90097E-03
	760 mmHg	2.87500E-03	2.559E-03	.276	-2.500971E-03	8.25097E-03
760 mmHg	240 mmHg	3.62500E-03	2.559E-03	.174	-1.750971E-03	9.00097E-03
	200 mmHg	1.00750E-02*	2.559E-03	.001	4.69903E-03	1.54510E-02
	160 mmHg	-1.8750E-03	2.559E-03	.473	-7.250971E-03	3.50097E-03
	120 mmHg	-6.3500E-03*	2.559E-03	.023	-1.172597E-02	-9.740292E-04
	100 mmHg	-2.8750E-03	2.559E-03	.276	-8.250971E-03	2.50097E-03

* The mean difference is significant at the .05 level.

Terlihat bahwa nilai probabilitas adalah 0.001. Oleh karena probabilitas <0.05 , maka H_0 ditolak atau perbedaan rata-rata berat jenis *isopropyl alcohol* dari variasi vakum benar-benar nyata.

4. Perbandingan pemeriksaan berat jenis antara *toluene* hasil daur ulang dari berbagai variasi vakum dengan *toluene* yang baru

Hasil pemeriksaan berat jenis pada suhu 20°C *toluene* hasil daur ulang dari berbagai variasi vakum di bandingkan dengan berat jenis pada suhu 20°C *toluene* yang masih baru dapat dilihat pada tabel 4.20

Tabel 4.20 Perbandingan antara pemeriksaan berat jenis pada suhu 20°C antara *toluene* hasil daur ulang pada variasi vakum dengan *toluene* baru

No.	Replikasi	Berat Jenis <i>Toluene</i> dalam Variasi Vakum (mmHg)	<i>Toluene</i>
-----	-----------	---	----------------

	(R)	760	240	200	160	120	100	Baru
1.	I	0.8640	0.8610	0.8622	0.8651	0.8638	0.8632	0.8709
2.	II	0.8625	0.8632	0.8613	0.8622	0.8640	0.8614	0.8705
3.	III	0.8666	0.8640	0.8606	0.8633	0.8618	0.8650	0.8707
4.	IV	0.8636	0.8626	0.8647	0.8601	0.8609	0.8607	0.8702
\bar{X}		0.8642	0.8627	0.8622	0.8627	0.8626	0.8626	0.8706

Keterangan :

\bar{X} : Rata-rata.

R : Ulangan.

Pada tabel diatas menunjukkan adanya perubahan menurun dari berat jenis pada *toluene* hasil daur ulang sebesar 0.006 - 0.008 dari *toluene* yang masih baru, hal ini menunjukkan bahwa tingkat kemurnian *toluene* hasil daur ulang telah menurun walaupun sangat kecil. Berdasarkan hasil pemeriksaan berta jenis pada *toluene* hasil daur ulang, yang paling efektif adalah distilasi pada kondisi atmosfer karena hasil rata-rata pemeriksaan berat jenis yaitu 0.8642 yang paling mendekati rata-rata berat jenis *toluene* yang masih baru yaitu 0.8706.

Dari table 4.20 kemudian di olah dengan statistik program SPSS di uji dengan Uji T dilanjutkan dengan Anova dan LSD.

Tabel 4.21 Hasil output T-Test dari berat jenis Toluene sebelum perubahan vakum dikurangi setelah perubahan vakum.

Paired Samples Test

	Paired Differences	t	df	Sig.
--	--------------------	---	----	------

	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95 % Confidence Interval of the Difference				(2-tailed)
				Lower	Upper			
				Pair 1 Berat Jenis dari Toluene sebelum perubahan vak. 240 mmHg – Berat Jenis dari Toluene sesudah perubahan vak. 240 mmHg.	-2.00E-04			
Pair 2 Berat Jenis dari Toluene sebelum perubahan vak. 200 mmHg – Berat Jenis dari Toluene sesudah perubahan vak. .200 mmHg.	3.000E-04	1.79072E-03	8.954E-04	-2.55E-03	3.149E-03	.335	3	.760
Pair 2 Berat Jenis dari Toluene sebelum perubahan vak. 200 mmHg – Berat Jenis dari Toluene sesudah perubahan vak. .200 mmHg.	3.925E-03	2.09185E-03	1.046E-03	5.964E-04	7.254E-03	3.753	3	.033
Pair 3 Berat Jenis dari Toluene sebelum perubahan vak. 160 mmHg – Berat Jenis dari Toluene sesudah perubahan vak. 160 mmHg.	9.750E-04	1.51959E-03	7.598E-04	-1.44E-03	3.393E-03	1.283	3	.290
Pair 4 Berat Jenis dari Toluene sebelum	1.025E-03	1.025E-03	9.647E-04	-2.05E-03	4.095E-03	1.063	3	.366

perubahan vak. 120 mmHg – Berat Jenis dari Toluene sesudah perubahan vak. 120 mmHg. Pair 5 Berat Jenis dari Toluene sebelum perubahan vak. 100 mmHg – Berat Jenis dari Toluene sesudah perubahan vak. 100 mmHg.								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabel 4.22 Hasil *output Oneway* dari selisih antara berat jenis *Toluene* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95 % Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
240 mmHg	4	-2.00E-04	3.19583E-03	1.598E-03	-5.285280E-03	4.88528E-03	-.0046	.0030
200 mmHg	4	3.000E-04	1.79072E-03	8.954E-04	-2.549430E-03	3.14943E-03	-.0022	.0019

160 mmHg	4	3.925E-03	2.09185E-03	1.046E-03	5.96401E-04	7.25360E-03	.0015	.0065
120 mmHg	4	9.750E-04	1.51959E-03	7.598E-04	-1.443014E-03	3.39301E-03	-.0004	.0027
100 mmHg	4	1.025E-03	1.92938E-03	9.647E-04	-2.045071E-03	4.09507E-03	-.0014	.0029
760 mmHg	4	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000	.0000
Total	24	1.004E-03	2.25957E-03	4.612E-04	5.00360E-05	1.95830E-03	-.0046	.0065

Tabel 4.23 Hasil *output ANOVA* dari selisih antara berat jenis *Toluene* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.595E-05	5	9.189E-06	2.314	.087
Within Groups	7.148E-05	18	3.971E-06		
Total	1.174E-04	23			

Dari hasil olah statistik dalam anova terlihat bahwa signifikansi hasilnya .087, hal ini berarti bahwa ada selisih atau perubahan yang sangat kecil pada titik didih sebelum dan sesudah perubahan vakum pada proses daur ulang dengan distilasi bertingkat. Terlihat bahwa F hitung adalah 2.314 dengan probabilitas 0.087. Oleh karena probabilitas >0.05 , maka H_0 diterima, atau rata-rata titik didih keenam kelompok perubahan vakum tersebut relatif sama. Dengan kata lain, berat jenis *toluene* sebelum perubahan vakum dengan berat jenis *toluene* sesudah perubahan vakum tidak berbeda nyata.

Tabel 4.24 Hasil *output Post Hoc Test* dari selisih antara berat jenis *Toluene* sebelum dan sesudah perlakuan perubahan vakum.

Multiple Comparisons

Dependent Variable : Selisih antara Berat Jenis Sebelum & Sesudah Perlakuan
LSD

(I) Variasi- Vakum	(J) Variasi- Vakum	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95 % Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
240 mmHg	200 mmHg	-5.0000E-04	1.409E-03	.727	-3.460456E-03	2.46046E-03
	160 mmHg	-4.1250E-03*	1.409E-03	.009	-7.085456E-03	-1.164544E-03
	120 mmHg	-1.1750E-03	1.409E-03	.415	-4.135456E-03	1.78546E-03
	100 mmHg	-1.2250E-03	1.409E-03	.396	-4.185456E-03	1.73546E-03
	760 mmHg	-2.0000E-04	1.409E-03	.889	-3.160456E-03	2.76046E-03
200 mmHg	240 mmHg	5.00000E-04	1.409E-03	.727	-2.460456E-03	3.46046E-03
	160 mmHg	-3.6250E-03*	1.409E-03	.019	-6.585456E-03	-6.645444E-04
	120 mmHg	-6.7500E-04	1.409E-03	.638	-3.635456E-03	2.28546E-03
	100 mmHg	-7.2500E-04	1.409E-03	.613	-3.685456E-03	2.23546E-03
	760 mmHg	3.00000E-04	1.409E-03	.834	-2.6660456E-03	3.26046E-03
160 mmHg	240 mmHg	4.12500E-03*	1.409E-03	.009	1.16454E-03	7.08546E-03
	200 mmHg	3.62500E-03*	1.409E-03	.019	6.64544E-04	6.58564E-03
	120 mmHg	2.95000E-03	1.409E-03	.051	-1.045561E-05	5.91046E-03
	100 mmHg	2.90000E-03	1.409E-03	.054	-6.045561E-05	5.86046E-03
	760 mmHg	3.92500E-03*	1.409E-03	.012	9.64544E-04	6.88546E-03
120 mmHg	240 mmHg	1.17500E-03	1.409E-03	.415	-1.785456E-03	4.13546E-03
	200 mmHg	6.75000E-04	1.409E-03	.638	-2.285456E-03	3.63546E-03
	160 mmHg	-2.9500E-03	1.409E-03	.051	-5.910456E-03	1.04556E-05
	100 mmHg	-5.0000E-05	1.409E-03	.972	-3.010456E-03	2.91046E-03
	760 mmHg	9.75000E-04	1.409E-03	.498	-1.985456E-03	3.93546E-03
100 mmHg	240 mmHg	1.22500E-03	1.409E-03	.396	-1.735456E-03	4.18546E-03
	200 mmHg	7.25000E-04	1.409E-03	.613	-2.235456E-03	3.68546E-03
	160 mmHg	-2.9000E-03	1.409E-03	.054	-5.860456E-03	6.04556E-05
	120 mmHg	5.00000E-05	1.409E-03	.972	-2.910456E-03	3.01046E-03

	760 mmHg	1.02500E-03	1.409E-03	.476	-1.935456E-03	3.98546E-03
760 mmHg	240 mmHg	2.00000E-04	1.409E-03	.889	-2.760456E-03	3.16046E-03
	200 mmHg	-3.0000E-04	1.409E-03	.834	-3.260456E-03	2.66046E-03
	160 mmHg	-3.9250E-03*	1.409E-03	.012	-6.885456E-03	-9.645444E-04
	120 mmHg	-9.7500E-04	1.409E-03	.498	-3.935456E-03	1.98546E-03
	100 mmHg	-1.0250E-03	1.409E-03	.476	-3.985456E-03	1.93546E-03

* The mean difference is significant at the .05 level.

Terlihat bahwa nilai probabilitas adalah 0.009. Oleh karena probabilitas <0.05 , maka H_0 ditolak atau perbedaan rata-rata berat jenis *toluene* dari variasi vakum benar-benar nyata.

4. Perbandingan pemeriksaan titik didih antara *isopropyl alcohol* (IPA) hasil daur ulang dari berbagai variasi vakum dengan *isopropyl alcohol* yang baru

Hasil pemeriksaan titik didih *isopropyl alcohol* hasil daur ulang dari berbagai variasi vakum di bandingkan dengan *isopropyl alcohol* yang masih baru dapat dilihat pada tabel 4.25

Tabel 4.25 Pemeriksaan titik didih *isopropyl alcohol* (IPA) hasil daur ulang dengan variasi vakum dan *isopropyl alcohol* baru

No.	Replikasi (R)	Titik didih IPA ($^{\circ}$ C) dalam Variasi vakum (mmHg)						IPA Baru
		760	240	200	160	120	100	
1.	I	81.0	48.5	43.0	36.0	30.5	28.0	81.0
2.	II	81.2	48.0	43.5	36.5	31.0	27.5	81.0

3.	III	81.1	49.0	43.0	36.0	31.0	29.0	81.0
4.	IV	81.0	47.5	45.5	36.0	31.0	28.0	81.0
\bar{X}		81.0	48.2	43.7	36.1	30.9	28.1	81.0

Keterangan :

\bar{X} : Rata-rata.

R : Ulangan.

5. Perbandingan pemeriksaan titik didih antara *toluene* hasil daur ulang dari berbagai variasi vakum dengan *toluene* yang baru

Hasil pemeriksaan titik didih *toluene* hasil daur ulang dari berbagai variasi kevakuman di bandingkan dengan titik didih *toluene* yang masih baru dapat dilihat pada tabel 4.26

Tabel 4.26 Pemeriksaan titik didih *toluene* hasil daur ulang dengan variasi kevakuman dan *toluene* baru

No.	Replikasi (R)	Titik Didih <i>Toluene</i> dalam Variasi Vakum (mmHg), °C						<i>Toluene</i> Baru
		760	240	200	160	120	100	
1.	I	110.4	75.4	70.2	64.6	56.8	52.2	110.6
2.	II	110.2	75.8	70.0	64.2	56.8	52.8	110.6
3.	III	110.6	75.6	70.8	64.4	56.0	52.2	110.6
4.	IV	110.4	75.2	70.4	64.8	56.4	52.4	110.6
\bar{X}		110.6	75.5	70.3	64.5	56.7	52.4	110.6

Keterangan :

\bar{X} : Rata-rata.

R : Ulangan.

6. Perhitungan nilai tambah dari hasil daur ulang limbah *acidity*

Data *isopropyl alcohol* dan *toluene* hasil daur ulang limbah *acidity* pada kondisi normal (760 mmHg).

Tabel 4.27 Hasil daur ulang IPA dan Toluene

No.	Perlakuan	Jumlah sampel (ml)	Hasil daur ulang (ml)		Residu
			<i>IPA</i>	<i>Toluene</i>	
1.	I	3000	1440	940	620
2.	II	3000	1500	910	590
3.	III	3000	1400	1000	600
4.	IV	3000	1450	960	590
5.	V	3000	1440	960	600
Jumlah		15000	7230	4770	3000
Rata-rata		3000	1446	954	600

Dari tabel tersebut diatas bahwa hasil rata-rata daur ulang dalam setiap 3000 ml limbah *acidity* menghasilkan *isopropyl alcohol* sebanyak 1446 ml dan *toluene* sebanyak 954 ml. Harga terbaru *isopropyl alcohol* Rp 122.000,-/liter dan *toluene* Rp 161.000,-/liter. Penghematan *isopropyl alcohol* yang didapat dari hasil daur ulang sebanyak 1.446 ltr x Rp 122.000,- = Rp 176.400,- dan penghematan *toluene* sebesar 0,954 ltr x Rp 161.000,-

= Rp 153.590,-. Jadi penghematan hasil daur ulang limbah *acidity* untuk setiap 3 liter menghasilkan Rp 329.990,-. Dari nilai penghematan ini sangat kecil bagi sebuah perusahaan yang besar, namun manfaat bagi lingkungan perusahaan sangat besar dan menguntungkan. Manfaat bagi perusahaan antara lain adalah :

- a). Lingkungan menjadi bersih, sehat dan aman.
- b). Tidak mengganggu kesehatan.
- c). Tidak ada lagi limbah *acidity* yang menumpuk.
- d). Mengurangi limbah B3 yang timbul akibat operasional perusahaan.
- e). Memberikan keuntungan dan kemudahan.

Dari hasil penelitian dan penanganan limbah *acidity*, sekarang sudah tidak ada lagi limbah *acidity* yang menumpuk lagi karena sudah teratasi dengan didaur ulang dan yang tersisa adalah residu yang telah terpisah dari limbah B3 sehingga tidak berbahaya untuk kesehatan dan lingkungan kerja maupun perusahaan. Residu tersebut dapat dibuang ke *sludge pond* yang kemudian di proses kembali sebagai *feed product*.

C. Analisis Data

1. Cara efektif proses daur ulang limbah *acidity* dari buangan analisis *acidity*

Berdasarkan hasil penelitian, secara deskriptif dapat diketahui bahwa titik didih *isopropyl alcohol* dan *toluene* hasil daur ulang mengalami penurunan titik didih akibat dari perlakuan distilasi bertingkat dengan berbagai variasi tekanan/vakum, dan ada perbedaan tingkat penurunan titik didih dari masing-masing variasi vakum yang diberikan, semakin rendah vakum yang diberikan

maka penurunan titik didih semakin rendah pula. Sesuai dengan metode penelitian ini, bahwa uji statistik yang digunakan untuk mengetahui adanya perbedaan berbagai variasi tekanan/vakum terhadap penurunan titik didih sebelum dan sesudah perlakuan adalah menggunakan analisa one way anova dengan tingkat kepercayaan 95 %.

Hipotesa yang diajukan seperti berikut :

“ Ada perbedaan penurunan kemurnian *isopropyl alcohol* dan *toluene* pada distilasi bertingkat dengan variasi tekanan/vakum pada daur ulang limbah *acidity* di Laboratorium Pertamina UP IV”

Setelah dilakukan pengujian titik didih didapatkan penurunan minimum titik didih pada *isopropyl alkohol* sebesar 39.1 % sedangkan penurunan maksimum sebesar 22.78 %. Pada tingkat kepercayaan 95 % rata-rata penurunan ada pada rentang 28.7 °C sampai dengan 43.9 °C. Pada pengujian penurunan minimum titik didih *toluene* sebesar 57.9 % sedangkan penurunan maksimum sebesar 83.3 %. Pada tingkat kepercayaan 95 % rata-rata penurunan ada pada rentang 30.6 °C sampai dengan 47.0 °C.

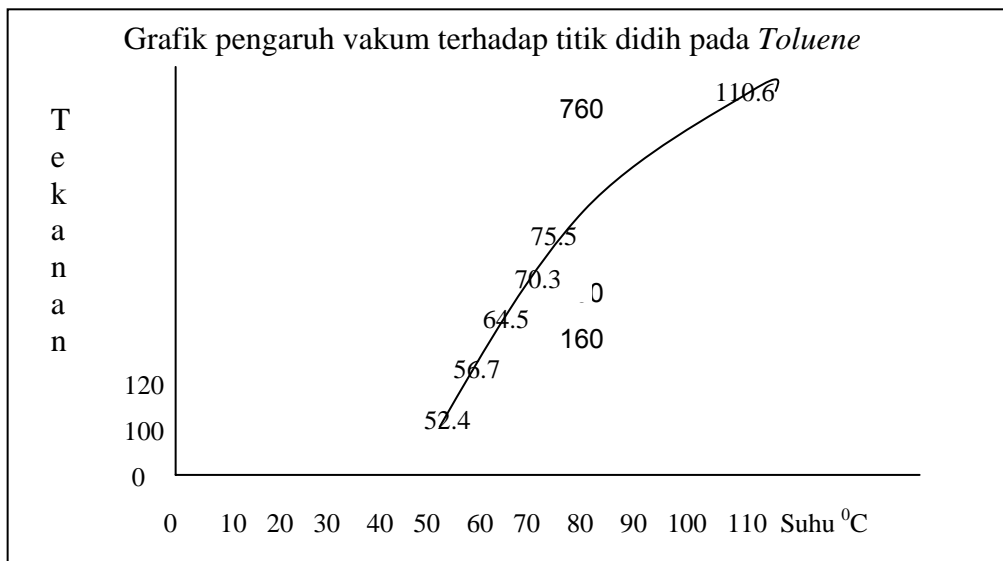
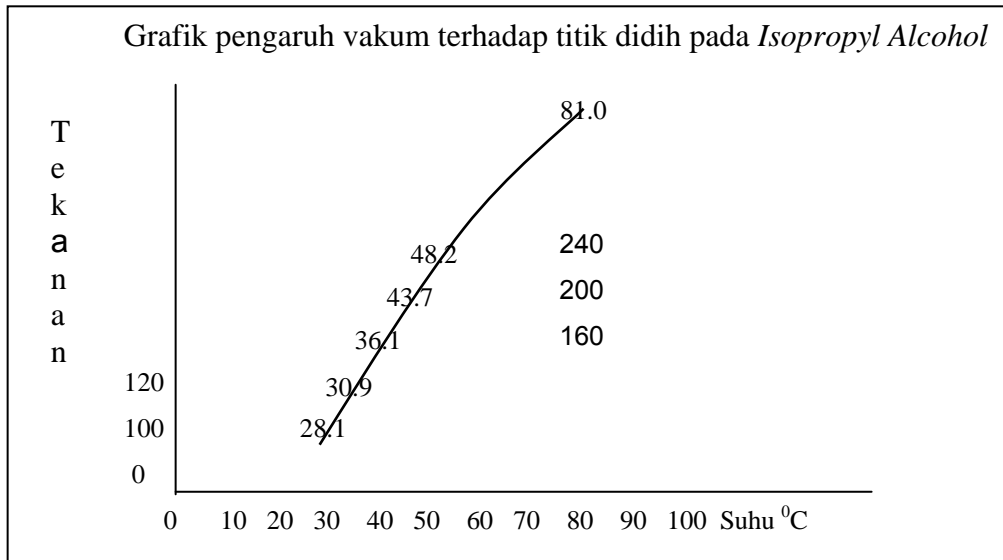
Efektifitas dari berbagai variasi tekanan/vakum terhadap penurunan titik didih dapat diketahui dengan melakukan uji lanjutan analisa varian yaitu uji LSD (*Least Significant Different*) dengan $\alpha = 0.05$.

2. Variasi tekanan/vakum pada distilasi bertingkat dalam daur ulang limbah *acidity* di Laboratorium Pertamina UP IV

Pada variasi tekanan normal (760 mmHg) dapat menghasilkan titik didih yang stabil yaitu 81 °C pada IPA dan 110.6 °C pada *toluene*, sebagai batas

syarat titik didih yang diperbolehkan, dan untuk menghemat biaya serta waktu dalam operasional sesungguhnya karena merupakan produk samping, maka perlu dicari titik potong antara penurunan suhu pada pemberian variasi tekanan/vakum dengan syarat titik didih 81 °C pada IPA dan 110.6 °C pada toluene.

Pengaruh variasi vakum dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 4.1. Grafik hubungan antara penambahan vakum dengan titik didih.

Pada grafik diatas dapat ditentukan besarnya tekanan/vakum optimum, dengan jalan mencari titik potong antara penurunan titik didih pada pemberian variasi tekanan/vakum dengan batas syarat 81°C pada IPA dan 110.6°C pada *toluene*. Dari gambar grafik tersebut dapat dilihat bahwa tekanan optimum terletak pada tekanan 760 mmHg.

BAB V PEMBAHASAN

1. Limbah *acidity* di Laboratorium Pertamina UP IV berdasarkan hasil penelitian.

Limbah *acidity* berasal dari buangan analisis *acidity* di Laboratorium Pertamina UP IV Cilacap, merupakan limbah yang tergolong dalam katagori limbah cair Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Limbah *acidity* tersebut mempunyai dampak bahaya terhadap kesehatan antara lain adalah iritasi terhadap mata, kulit dan tenggorokan, mengakibatkan rasa lelah, mengakibatkan

kelemahan pada otak, rasa pusing dan muntah, menimbulkan lever, hilang kesadaran bahkan mengakibatkan kematian. Limbah *acidity* juga mempunyai dampak terhadap lingkungan yaitu menimbulkan bau, beracun, menimbulkan kebakaran, menimbulkan ledakan, bersifat reaktif dan korosif, serta pencemaran lingkungan. Dalam satu tahun limbah *acidity* di Laboratorium Pertamina rata-rata terkumpul sebesar 72 liter, jumlah yang relatif banyak untuk buangan limbah B3 cair. Buangan limbah *acidity* di laboratorium kilang Pertamina timbul disebabkan banyaknya kegiatan analisis *acidity* pada minyak mentah maupun pelumas. Penggunaan *solvent acidity* tidak dapat dihindari, karena untuk mengontrol kualitas minyak mentah dan pelumas. Sebelum dilakukan penelitian daur ulang limbah *acidity* di Laboratorium Pertamina UP IV Cilacap, limbah tersebut dibuang ke CPI (*Corrugated Plate Interceptor*) sehingga sangat berbahaya karena mudah menguap, beracun, bau, dapat menimbulkan kebakaran maupun pencemaran lingkungan yang bila lolos ke perairan/laut dapat merusak biota air.

2. Penanganan daur ulang limbah *acidity* dengan distilasi bertingkat.

Berdasarkan hasil penelitian daur ulang limbah *acidity* dengan distilasi bertingkat, maka distilasi bertingkat benar-benar dapat digunakan sebagai cara untuk mendaur ulang limbah *acidity* di laboratorium Pertamina UP IV Cilacap. Proses distilasi bertingkat sangat mudah dan praktis cara pengoperasiannya dan tidak mengganggu waktu analisis sample yang lain. Hasil daur ulang limbah *acidity* merupakan hasil produk samping yang dapat memberikan nilai tambah dan penghematan biaya operasional bagi perusahaan serta untuk mendukung program sistem manajemen lingkungan ISO 14001.

Berdasarkan hasil analisa baik secara deskriptif maupun analisa statistik menggunakan analisa varian program SPSS versi 11.5 ternyata didapatkan hasil bahwa ada perbedaan yang bermakna dari berbagai variasi tekanan/vakum terhadap penurunan titik didih pada distilasi bertingkat limbah *acidity*. Hal ini menunjukkan penurunan titik didih benar-benar disebabkan oleh adanya pemberian variasi tekanan/vakum.

Daur ulang sebagai salah satu alternatif dalam menangani limbah–limbah dari sisa analisis di laboratorium Pertamina UP IV, masih banyak limbah–limbah kimia cair lainnya yang masih harus ditangani supaya dapat meminimasi buangan limbah kimia cair untuk mencegah bahaya terhadap kebakaran, pencemaran lingkungan dan bahaya terhadap kesehatan pekerja karena pekerja adalah aset utama bagi perusahaan.

C. Efektifitas daur ulang

Berdasarkan hasil penelitian mengenai efektifitas daur ulang limbah *acidity* pada distilasi bertingkat dengan tekanan/vakum untuk mendapatkan titik didih pada 81⁰ C untuk IPA dan 110,6 ⁰C untuk *toluene*, maka tekanan/vakum yang paling efektif adalah pada tekanan 760 mm Hg, hal ini teruji dengan hasil pemeriksaan titik didih dan berat jenis pada masing-masing material hasil daur ulang yang hasilnya mendekati dengan pemeriksaan titik didih dan berat jenis dari material yang masih baru. Penelitian daur ulang dengan distilasi bertingkat pada tekanan udara normal atau pada 760 mmHg tidak terjadi penguapan yang hilang

seperti pada tekanan/vakum yang lebih kecil, karena semakin kecil/rendah vakum yang diberikan semakin besar penguapan yang hilang.

D. Faktor-faktor Keberhasilan Daur Ulang

Penelitian daur ulang yang dilakukan di Laboratorium Pertamina Unit Pengolahan IV Cilacap telah selesai dan berjalan lancar. Faktor-faktor keberhasilan penelitian daur ulang ini antara lain adalah :

- 1). Tersediannya sampel limbah *acidity* yang cukup untuk penelitian daur ulang.
- 2). Peralatan yang tersedia dan mudah cara pengoperasiannya.⁽¹⁰⁾
- 3). Hasil daur ulang yang pertama yaitu *isopropyl alcohol* dapat dimanfaatkan kembali sebagai media pendingin pada penangkapan gas dari *crude oil* pada proses distilasi dengan *Trial Boiling Point* (TBP), pendinginan tersebut pada suhu -70°C dengan cara ditambahkan *dry ice* (CO₂ padat).
- 4). Hasil daur ulang yang kedua yaitu *toluene* dapat dimanfaatkan kembali sebagai pelarut dalam pemeriksaan *asphalthene* metode IP 189 (*Institute of Petroleum*)⁽¹⁸⁾ dari sample *crude oil* dan *asphalt* dan pemeriksaan *Sediment by Extraction* metode ASTM D 473⁽⁸⁾ (*American Society for Testing and Materials*) dari sampel *crude oil*, *fuel oil* dan *sludge*.
- 5). Laboratorium Kilang Pertamina UP IV Cilacap yang merupakan tempat kerja peneliti, sehingga waktu dan tempat sangat mendukung.
- 6). Dukungan dari teman-teman kerja sehingga penelitian berjalan lancar dan dapat diselesaikan sesuai jadwal.

E. Hubungan Penelitian Daur Ulang Limbah *Acidity* Dengan Penelitian Lain

Banyak hasil karya peneliti lainnya yang telah dipublikasikan baik teori mengolah limbah dan penanganannya, namun tidak disebut teknik cara penanganannya dan belum ada penelitian tentang daur ulang limbah *acidity* yang mempunyai tiga komponen yang harus dipisahkan. Peneliti mencoba melakukan penelitian daur ulang limbah *acidity* ini dan telah berhasil. Peneliti sangat dibantu dengan adanya hasil penelitian dari peneliti lain untuk dapat melengkapi data-data penelitian yang peneliti lakukan.

F. Kelemahan penelitian

Peneliti menyadari masih banyak kelemahan dan kekurangan dalam penelitian ini antara lain :

1. Tidak dapat mengukur tingkat kemurnian dari *Isopropyl alcohol* secara kualitatif karena keterbatasan peralatan Gas Chromatografi.
2. Keterbatasan literatur mengenai daur ulang limbah kimia cair.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.

1. Hasil identifikasi di Laboratorium Pertamina UP IV Cilacap adalah sumber limbah *acidity* berasal dari buangan analisis *acidity* pada contoh minyak mentah dan pelumas, limbah *acidity* tergolong limbah cair Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dan tidak dapat dihilangkan atau digantikan karena sebagai kontrol kualitas minyak. Jumlah limbah *acidity* di Laboratorium Pertamina UP IV rata-rata sebesar 72 liter setiap tahun.

2. Hasil penelitian daur ulang limbah *acidity* dengan distilasi bertingkat diperoleh titik didih 81 °C untuk mendapatkan *Isopropyl alcohol* (IPA) dan 110.6 °C untuk mendapatkan *toluene*, material hasil daur ulang ini mengalami penurunan kadar berat jenisnya yaitu sebesar 0.03 – 0.04 pada *isopropyl alcohol* dan 0.006 – 0.008 pada *toluene*.
3. Hasil penelitian daur ulang diperoleh kemurnian rata-rata *isopropyl alcohol* sebanyak 1446 ml (48.2 %), *Toluene* sebanyak 954 ml (31.8 %), dan residu sebanyak 600 ml (20.0 %) pada setiap 3 liter limbah *acidity*.
4. Hasil penelitian daur ulang limbah *acidity* yang paling efektif adalah dengan distilasi bertingkat pada kondisi atmosferik (760 mmHg) dari pada dengan kondisi bertekanan/vakum karena lebih mudah, praktis dan tidak terjadi penguapan yang hilang.
6. Keuntungan/nilai tambah yang diperoleh perusahaan dari material hasil daur ulang limbah *acidity* sebesar Rp 329.900-, per 3 liter dan material tersebut dapat di manfaatkan kembali. Nilai tambah dari penanganan daur ulang limbah *acidity* adalah tidak terjadi penumpukkan limbah *acidity*, lingkungan menjadi lebih bersih, dan tidak terjadi pencemaran lingkungan serta aman dari paparan limbah *acidity* sehingga kesehatan pekerja tidak terganggu dan lebih nyaman.

B. Saran

1. Bagi Pertamina atau perusahaan sejenis yang mempunyai limbah *solvent acidity*, limbah tersebut dapat di daur ulang dengan distilasi bertingkat pada kondisi atmosferik (760 mmHg) karena lebih mudah dan praktis.

2. Bagi Laboratorium Kilang di Pertamina, *Isopropyl alcohol* hasil daur ulang dapat dimanfaatkan kembali untuk media pendingin sampai suhu -70°C dengan ditambahkan *dry ice* dan *toluene* untuk pelarut pada pemeriksaan *asphalthenes* IP 183 dan *Sediment by extraction* ASTM D 473. Sedangkan residunya dapat diproses kembali sebagai *feed product*.
3. Bagi pengelola limbah dapat dijadikan sebagai acuan dalam mengelola limbah yang sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Assegaf, 1993. *Nilai Normal Faal Paru Orang Indonesia Pada Usia Sekolah dan Pekerja Dewasa Berdasarkan Rekomendasi American Thoracic Society (ATS) 1987*, Airlangga University Press. Surabaya.
2. Peter, Max. And Clous D. Timeraus, 1989. *Plant Design and Economic For Chemical Engeener, International Edition*, Singapore.
3. Setiani, O. 2005. *Kesehatan Lingkungan Industri*, Program Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang.
4. Himpunan Peraturan Di Bidang Pengendalian Dampak Lingkungan, 1995. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia N0. 12 Tahun 1995, Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*, Jakarta.
5. Imamkhasani, S. 1998. *Lembar Data Keselamatan Bahan*, Volume I, Puslitbang Kimia Terapan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung.

6. De Garmo, E. Paul., 1997. *Engineering Economy Practice* –Hall. Inc, New Jersey.,
7. Grant, Eugene L., 1976. *Principles of engineering Economy*, The Ronald Press Company, London.
8. *Annual Book ASTM Standard, American Society for Testing and Materials, 1999. Volume 05.01 Petroleum Product and Lubricants (1), West Conshohocken, P.A.*
9. Damanhuri, E. *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*, Teknik Lingkungan FTSP, Bandung.
10. Raharjo, M. 2005. *Sistem Manajemen Lingkungan*. Program Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang.
11. *Annual Book UOP Stanadard, United of Oil Product, Volume 01 UOP 77.*
12. *Kamus Minyak dan Gas Bumi*, 1985. Edisi kedua, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi-Lemigas, Jakarta.
13. Dhillon, Balbir S., Reiche, Hans., *Reliability And Maintainability Management*. CBS Publisher & Distributor. Delhi, India.
14. Guthrie K.M, *The Module Approach to Capital Cost Estimating*.
15. Murti. B, 1997. *Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi*, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
16. Santoso, S. 2004. *Mengatasi Berbagai Masalah Statistik Dengan Statistical Product and Service Solution* versi 11.5, Penerbit Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta.
17. Sugiarto, Siagian, Lasmono, Deny, 2001. *Teknik Sampling*, Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
18. Bustan, Arsunan, 2002. *Pengantar Epidemiologi*, Cetakan Pertama, Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
19. *Annual Book IP Standard, Institute of Petroleum, Volume 01.01 IP 143.*
20. Program Pascasarjana Undip, 2005. *Petunjuk Penulisan Tesis*, Semarang,
21. Setiani, O. 2005. *Pengendalian Faktor Fisik di Lingkungan Industri*, Program Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang.
22. Slamet.J.S. 2000. *Kesehatan Lingkungan*. Cetakan IV. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

23. Soedradjad, 1999. *Lingkungan Hidup*, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan. Jakarta.