

## **Opsi Teknis Pengadaan Bensin Tanpa Timbel**

Dollaris Riauaty

### **1. Pendahuluan**

Timbel (tetraethyl lead = TEL) ditambahkan kedalam bensin untuk meningkatkan angka oktan atau meningkatkan resistensi terjadinya gejala “knocking” pada mesin kendaraan. TEL dapat dikurangi/dieliminasi dengan menggunakan cara lain.

1. Membeli HOMC (high octane mogas component) dan mencampurkannya dengan bahan bakar oktan rendah.
2. Memodifikasi dan menambah peralatan kilang agar dapat memproduksi komponen mogas lebih tinggi.
3. Menambahkan aditif yang tidak mengandung timbel.

Umumnya aditif TEL menambah tingkat oktan antara 6 – 12 angka, terhitung pada jumlah TEL yang ditambahkan dan respons bahan dasar bensin.

Opsi teknis untuk mengatasi kekurangan angka oktan dengan dikurangnya atau dihilangkan aditif TEL adalah:

1. Jangka pendek; pencampuran bensin dengan oksigenat seperti MTBE, etanol, metanol; pencampuran dengan hidrokarbon oktan tinggi seperti alkilat dan BTX (benzene-toluene-xylene) ; dan penggunaan peningkatan oktan berbahan dasar mangan (MMT).
2. Jangka Panjang : penambahan unit proses pengilangan untuk mengubah hidrokarbon oktan rendah (seperti parafin rantai panjang) menjadi hidrokarbon oktan tinggi (seperti parafin rantai cabang, naftena, dan senyawa aromatik).

### **1. Langkah Identifikasi**

Untuk mengidentifikasi opsi teknis mana yang dipilih dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan karakteristik suplai bensin: volume saat ini dan proyeksinya, sumber suplai bensin, identifikasi nilai oktan (parafin, olefin, dan aromatik = kandungan PONA) dan kandungan TEL dari setiap sumber suplai. Sumber alternatif bensin juga harus diidentifikasi dan dikarakteristikan.
2. Menilai industri kilang domestik: kapasitasnya, unit proses yang ada, kemampuan produksi oktan, ekonomi setiap kilang, kemampuan teknis dan finansial untuk investasi unit proses baru. Penilaian ini dilakukan dengan konsultasi dari pihak industri bersangkutan dan bantuan konsultasi spesies jika diperlukan.
3. Mengidentifikasi sumber alternatif untuk mengatasi kekurangan nilai oktan : kebutuhan biaya dan investasi (harga per oktan-barrel untuk setiap sumber alternatif) jangka waktu minimum yang diperlukan untuk penambahan oktan, kombinasi tertentu untuk penambahan oktan.
4. Mengevaluasi skenario suplai bensin : segera setelah sumber-sumber potensial untuk penambahan mengatasi kekurangan oktan (untuk setiap strategi).
5. Menilai dampak terhadap distribusi dan sistem pemasaran : persyaratan dan biaya untuk transportasi dan distribusi blendock dan produk final bensin tentunya bervariasi tergantung pada setiap strategi. Perubahan volume bensin dan blendock

impor mungkin berpengaruh terhadap kapasitas perpipaan dan pelabuhan, dan mungkin investasi tambahan untuk mengatasi “bottleneck”.

6. Menilai biaya strategi alternatif di sektor supali: jadwal dan strategi akan tergantung pada kondisi negara kita, harus dikarakteristik biaya, kebutuhan investasi, dan pengurangan TEL sepanjang waktu. Skenario yang dievaluasi harus memasukkan 2 skenario ekstrim :
  - a) Penghapusan timbel secara cepat – 6 bulan, dengan cara impor *blendock*
  - b) Penghapusan timbel secara sangat lambat 35 tahun, dengan cara penurunan kadar TEL secara bertahap (sambil menunggu unit proses baru terbangun).

Tabel 1. Spesifikasi Angka Oktan dan Kandungan Timbel di Beberapa Negara

Negara	Angka Oktan		Maks Timbel ( gr Pb / lt )	
	Ron	( R + M)/2	MON	
Amerika Serikat				
- Regular		87	82	0.0
- Mid grade		89		0.0
- Premium		91-95		0.0
Uni Eropa				
- Unleaded super	98		87-88	0.0
- Unleaded premium	95		85	0.0
- Leaded premium	96-99		86-87	0.15
Jepang				
- Premium	96			0.0
- Regular	89			0.0
Thailand				
- Premium	96		84	0.0
- Regular	87		76	0.0
Proposed Latin Amerika				
- Regular	91		82	0.0
- Premium	95		85	0.0
Indonesia				
- Super TT				
- Premium				
- Premix				

Sumber 1 dan 2

## 2. Klasifikasi Hidrokarbon dan Nilai Oktan

Nilai oktan dalam blending (campuran ) bensin ditentukan oleh :

- Komposisi hidrokarbon
- Kandungan pencampuran non-hidrokarbon oktan tinggi seperti eter dan alkohol.
- Jumlah aditif anti “knocking” yang digunakan (jika ada)

Setiap komponen mempunyai efek yang berbeda-beda ketika dicampur ke dalam jenis bensin tertentu. Efek nilai oktan suatu komponen yang dicampur ke dalam bensin mungkin tidak sama dengan nilai oktan tersebut jika berdiri sendiri.

Tabel 2. Nilai Oktan Hidrokarbon dan Komponen Bensin

	RON	MON
<b>Normal Paraffin</b>		
n-Hexana	19	22
n-Heptana	0	0
n-Oktana	-19	-15
<b>Isoparaffin</b>		
2,3-dimethylhexana	71	76
2,2,4-trimethylpentana (iso-oktan)	100	100
<b>Olefins</b>		
1-butana	144	126
1-pentana	119	109
<b>Aromatik</b>		
Benzena	99	91
Metilbenzena (toluna)	124	112
1,2 dimetilbenzena (o-xylene)	120	103
1,4 dimetilbenzena (p-xylene)	146	127
<b>Naftena (sikloalkana)</b>		
Siklopentana	141	141
Siklohexana	110	97
<b>Oksigenat</b>		
Metanol	127-136	99-104
Etanol	120-135	100-106
Tertiari butanol	104-110	90-98
Metil tertiari butil eter (MTBE)	115-123	98-105
Tertiari amil metil eter (TAME)	111-116	98-103
Etil tertiari butil eter (ETBE)	110-119	95-104

Sumber : 1

Dalam teknologi pengilangan modern, fokus utamanya adalah meningkatkan nilai oktan hidrokarbon dengan mengubah normal *paraffin* menjadi *aromatik* oktan lebih tinggi, *naftena*, *olefin* dan *isoparaffin*.

### 3. Suplai Bensin dan Pengilangan Minyak

Bensin diproduksi dari pengilangan minyak mentah sebagai co-produk dengan produk-produk minyak lainnya seperti LPG, minyak tanah, bahan bakar jet, diesel, minyak bakar, minyak pelumas dan umpan industri petrokimia. Produk bensin dan diesel adalah yang paling besar dari hasil pengilangan minyak mentah (antara 30-70%).

Minyak mentah mengandung berbagai jenis hidrokarbon, metal organik, dan senyawa-senyawa lain yang mengandung sulfur, nitrogen dan sebagainya. Kandungan dalam minyak mentah bervariasi dari satu ladang ke ladang minyak lainnya.

Hidrokarbon terdapat mulai dari senyawa yang sederhana seperti *metana* ( $\text{CH}_4$ ) sampai dengan yang kompleks seperti  $\text{C}_{85}\text{H}_{60}$ , dan setiap senyawa ini mempunyai suhu didih berbeda-beda.

Kilang minyak akan mendistilasi minyak mentah menjadi berbagai fraksi dan tergantung pada produk akhir yang diinginkan, akan memproses lebih lanjut dan mencampur fraksi-fraksi minyak tersebut. Selain bensin menjadi hasil utama, kilangpun harus mampu menjual produk-produk samping lainnya atau memecah lagi molekul-molekul besar menjadi molekul kecil bensin, sehingga tidak ada fraksi minyak yang terbuang.

## **2.1 Jenis-Jenis Kilang**

Kilang minyak bervariasi dalam ukuran dan kompleksitasnya. Salah satu klasifikasi yang digunakan membagi jenis kilang menjadi : 1). *Topping refinery* (paling sederhana), 2) *hydroskimming refinery*, dan 3) *complex refinery*

### ***Topping Refinery***

Proses awal dari semua kilang adalah pemisahan minyak mentah dengan cara distilasi menjadi beberapa aliran proses dengan temperatur didih yang berbeda-beda. Aliran ini selanjutnya menerima perlakuan proses minimal (paling tidak penghilangan kotoran seperti sulfur) sebelum dicampur menjadi produk akhir. Pada jenis kilang jenis ini tidak ada unit proses yang didesain untuk meningkatkan oktan bensin “straight-run” yang dihasilkan, dan untuk itu harus ditambahkan aditif atau komponen pencampur lainnya seperti oksigenat.

Walaupun kilang-kilang tua dibangun dari jenis topping, namun hampir semua jenis kilang ini telah dimodifikasi menjadi *hydroskimming* atau *complex*.

### ***Hydroskimming Refinery***

Kilang *hydroskimming* hampir sama dengan kilang topping, hanya ada tambahan satu atau lebih unit *catalytic reformer*. *Catalytic reformer* mengubah beberapa komponen jenis paraffin oktan rendah (dalam “straight run”) menjadi aromatik dan naftene oktan tinggi. Operasi I menghasilkan hidrogen berlebih yang sering digunakan untuk *hydrotreating* bahan bakar jet dan diesel guna menghilangkan/mengurangi sulfur dan meningkatkan kualitas pembakaran.

Kilang topping dan *hydroskimming* memiliki fleksibilitas terbatas untuk mengubah proporsi input minyak mentah yang masuk ke produk. Artinya, jumlah bensin, bahan bakar jet, diesel, dan minyak bakar yang dihasilkan semata ditentukan oleh komposisi hidrokarbon dalam minyak mentah. Minyak mentah dengan prosentase hidrokarbon ringan yang tinggi akan dapat menghasilkan lebih banyak bensin dan diesel. Sedangkan minyak mentah dengan hidrokarbon berat akan lebih banyak menghasilkan minyak bakar berat. Bensin dan diesel sering disebut “minyak putih”, sedangkan minyak bakar (hidrokarbon berat) dikenal sebagai “minyak hitam”.

### ***Complex Refinery***

Kilang ini berbeda dari topping dan *hydroskimming* karena memiliki satu atau lebih unit proses yang ditujukan untuk mengubah residu oktan rendah menjadi produk oktan lebih tinggi (bensin dan diesel). Unit dimaksud umumnya adalah fluid catalytic cracker (FCC). Unit ini memanaskan minyak gas berat yang dihasilkan oleh distilasi

vacum dengan bantuan katalis, dan menyebabkan molekul besar hydrocarbon pecah (crack) menjadi molekul yang lebih kecil. Produk yang dihasilkan dari proses ini memiliki kandungan Naftena, aromatok dan oleffin yang beroktan tinggi.

Gambar 3 Complex refinery

### ***Hidrocracking***

Proses lain pada kilang kompleks ini dilakukan dengan menggunakan hidrogen berlebih sehingga cenderung menghasilkan lebih sedikit aromatik dan olefin tak jenuh. Proses ini cukup populer karena menghasilkan diesel dan bahan bakar jet yang rendah sulfur dan grade tinggi. Produk bensin dari hidrocracker biasanya diolah lagi melalui catalytic reformer untuk meningkatkan oktan.

### **2.2 Aliran Proses dalam Campuran Bensin**

Dalam kilang yang modern, sejumlah aliran proses dicampur bersama untuk menghasilkan “pool” bensin. Tabel 3 memperlihatkan tipikal nilai oktan aliran proses yang membentuk bensin. Pada kilang topping, “pool” bensin terdiri atas *light naphtha*, *heavy naphtha*, dan *butane* untuk membawa tekanan uap (*vapor pressure*) produk bensin mencapai spesifikasi yang ditetapkan.

Pada kilang *hydroskimming*, *heavy naphtha* dikirim ke *catalytic reformer* untuk diolah lagi menghasilkan reformat. Reformat inilah yang dicampur ke “pool” bensin. Dalam batas tertentu atau kondisi serve, nilai oktan dapat saja ditingkatkan tetapi akan mempengaruhi hasil (menjadi rendah). Tabel 4 menunjukkan tipikal komposisi umpan dan produk untuk catalytic reformer.

Sementara itu, *light straight-run naphtha* mengandung *n*-pentana dan *n*-hexana dalam prosentase yang cukup besar. Aliran proses ini beroktan rendah. Nilai oktannya dapat ditingkatkan melalui unit proses isomerisasi untuk mengubah parafin rantai lurus ini menjadi bercabang. Hasilnya adalah peningkatan oktan (RON) menjadi antara 84-89, tergantung pada konfigurasi proses.

Tabel 3. Tipikal Nilai Oktan Aliran Proses dalam Bensin

Komponen Blending	RON	MON
Butana	93	92
Straight-run light naphtha	66	62
Straight-run heavy naphtha	62	59
Catalytic reformat	94-100	84-88
Alkylate	97	96
Pen-hex isomerate	84-89	81-87
Cat cracked gasoline	92	77
Coker gasoline	85	77
Light hydrocrakate	75	74
Heavy hydrocrakate	79	76

Tabel 4. Tipikal Komposisi Umpan dan Produk untuk Catalytic Reformer

Tipe Hidrokarbon	% Volume	
	Umpan	Produk
Parafin	50	35
Olefin	0	0
Naftena	40	10
Aromatik	10	55

Sumber : 1

Hidrokarbon bensin dari proses *catalytic reforming* atau *thermal cracking (cooking)* kaya akan aromatik, naftena dan olefin yang beroktan tinggi. Sedangkan produk hydrocracker mengandung lebih sedikit aromatik dan olefin yang berarti nilai RON-nya lebih rendah tetapi nilai MON-nya cukup bagus.

Catalytic cracking dan thermal cracking juga menghasilkan sejumlah light olefins seperti butana dan propana. Dalam proses yang disebut alkilasi, senyawa-senyawa ini direaksikan dengan isobutana untuk membentuk isoparaffin yang mengandung 7-8 atom karbon. Alkilat ini memiliki oktan yang sangat tinggi.

Tidak seperti senyawa olefin dan aromatik, isoparaffin dalam isomerat dan alkilat tidak dianggap terlalu berbahaya atau karsinogenik, dan memiliki reaktivitas yang rendah dalam pembentukan *photochemical smog*. Jadi senyawa ini disukai untuk memproduksi bensin yang lebih bersih (*reformulated gasoline*).

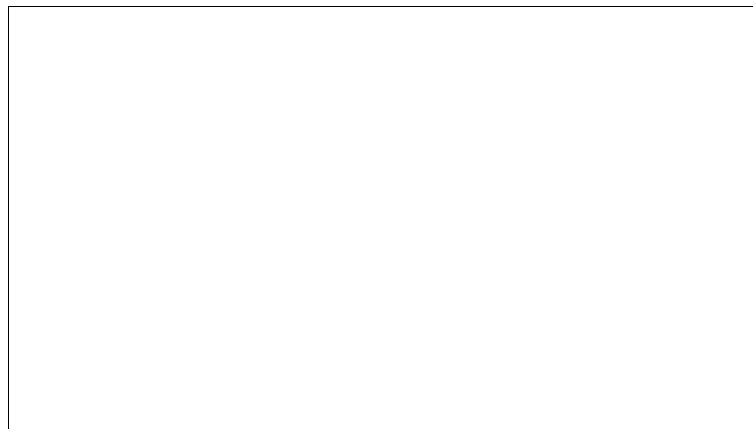
### 2.3 Contoh Upgrade Kilang untuk Memproduksi Bensin Tanpa Timbel

Trend dunia sekarang ini dalam pengadaan bahan bakar minyak adalah : 1) bensin tanpa timbel, 2) bahan bakar solar yang rendah sulfur dan tinggi angka setana, dan 3) produk minyak hitam (minyak bakar) yang dikurangi.

#### ***Negara Republik Slovakia***

Pada awalnya kilang di Slovakia adalah dari tipe *hidroskimming*. Proses modifikasi kilang minyak dilakukan secara bertingkat. Tingkat pertama, dilakukan penambahan *severity catalytic reformer* sehingga pengurangan TEL dapat dicapai dari 0,7 menjadi 0,4 g/l. Pencampuran dengan MTBE dan pengaturan kembali proses distilasi memungkinkan pengurangan TEL lebih lanjut menjadi 0,25 g/l. Selanjutnya pada tingkat kedua ditambahkan unit hydrocracker yang dapat mengurangi lagi penggunaan TEL untuk bahan bakar RON 96 menjadi 0.15 g/l. Pada tingkat ketiga, unit isomerisasi ditambahkan sehingga TEL akhirnya dapat dieleminasi.

Gambar-gambar ini menunjukkan proses modifikasi bertahap kilang di Slovakia.



Gambar 4a. Evolusi Kilang di Slovakia (Tingkat Pertama)



### *Negara Rusia*

Kilang-kilang di Rusia dimodifikasi agar dapat memproduksi bensin tanpa timbel, selain itu untuk pemenuhan target penghapusan timbel juga untuk keperluan ekspor. Kilang di Perm, dibuka tahun 1985 dan terletak di negara bagian Ural adalah salah satu contoh. Kilang ini terbesar di Rusia dengan kapasitas minyak mentah 300.000 barrel perhari.

Modifikasi utama yang dilakukan adalah mengganti katalis catalytic reformer dengan katalis UOP. Ini menaikkan oktan reformat dari 91 menjadi 99.5 dan memperpanjang waktu regenerasi hampir dua kali. Pada saat bersamaan, unit distilasi di-*revamping* dan unit distilasi vakum dipasangbaru untuk menangkap tambahan minyak gas berat dan residu dari unit distilasi minyak mentah.

Selanjutnya hydrocracker ditambahkan, catalytic cracker yang ada di-*revamping* dan instalasi diisopropil eter dibangun. Biaya yang diperlukan untuk modifikasi tersebut di atas adalah US\$ 340 juta (Rudin, 1998).

Rencana selanjutnya adalah menambah satu lagi hydrocracker untuk mengolah residu distilasi vakum dan menambah satu unit alkilasi untuk meningkatkan kapasitas oktan bensin. Estimasi biaya yang diperlukan untuk itu adalah US\$ 290 juta.

### 3. Strategi Penghapusan Timbel

#### 3.1 Cepat vs Lambat

Beberapa negara telah mengambil strategi yang berbeda dan target waktu yang berbeda pula dalam penghapusan timbel. Ada yang memerlukan waktu cukup lama, 15 tahun bagi Amerika, tetapi ada juga yang dalam waktu singkat, beberapa bulan bagi Mesir,. Secara umum, strategi penghapusan secara lambat akan mengurangi beban biaya bagi kilang, tetapi akan semakin banyak orang yang menderita karena dampak timbel.

#### 3.2 Mempertimbangkan Skenario

Karena biaya dan manfaat penghapusan secara cepat versus lambat sangat bervariasi di setiap negara, maka perlu dikembangkan beberapa skenario, termasuk strategi sangat cepat dan sedikit cepat. Dalam jangka pendek, pengurangan timbel yang feasible mungkin sulit dicapai jika kapasitas kilang terbatas. Diperlukan 35 tahun untuk mendesain, mengupayakan dana, dan membangun unit proses yang diperlukan. Sementara itu kekurangan nilai oktan dapat diperoleh dengan mengimpor oksigenat MTBE, HOMC atau bensin tanpa timbel.

Tabel 5. Contoh Campuran Bensin untuk Mencapai Oktan Tertentu

	Oktan Blending	Situasi Saat ini	6 Bulan	3-5 Tahun
Bensin Regular (85 RON)		Komponen Blending		
Straight-run naphtha	71	90 %	81 %	35 %
Cat-cracked gasoline	92	0 %	0 %	15 %
n-butane	93	10 %	10 %	10 %
Reformate	94			35 %
Isomerate	88			5 %
Alkylate	97			
High-octane imports	97		9 %	
Total		100 %	100 %	100 %
Base gasoline RON		73,2`	75.5	85.3
Lead (g/l)		0.7	0.1	0
RON increase due to lead		12	2.5	0
MTBE Blending		0 %	15 %	0 %
Octane increase due to MTBE		0	7.1	0
Final RON		85.2	85.2	85.3
Bensin Premium (93 RON)		Komponen Blending		
Straight-run naphtha	71	45 %	39 %	10 %
n-butane	93	10 %	10 %	5 %
Reformate	94	45 %		



Reformate	100		45 %	50 %
Isomerase	88			25 %
Alkylate	97			10 %
High-octane imports	97		6 %	
Total		100 %	87.8 %	93.5 %
Base gasoline		83.6	87.8	93.5
Lead g/l		0.7	0	0
RON increase due to lead		10	0	0
MTBE blending		0 %	15 %	0 %
Octane increase due to MTBE		0	5.3 %	0
Final RON		93.6	93.1	93.5

Sumber : 1

Tabel 6. Perkiraan Biaya Penghapusan Timbel

	Harga (Th 1998)	Kontribusi Biaya		
		Saat ini	Jangka Pendek	Jangka panjang
<b>Bensin Reguler (85 RON)</b>				
Gasoline 73 RON \$/liter	\$ 0.066	\$ 0.066	\$ 0.056	
Gasoline 85 RON \$/liter	\$ 0.090			\$ 0.090
MTBE \$/gram Pb	\$ 0.183		\$ 0.027	
TEL \$/gram Pb	\$ 0.021	\$ 0.015	\$ 0.002	
High Octane imports \$/liter	\$ 0.138		\$ 0.011	
Total cost	\$	\$ 0.080	\$ 0.096	\$ 0.090
Increase US\$/liter			\$ 0.015	\$ 0.009
<b>Bensin Premium 93 RON</b>				
Gasoline 84 RON \$/liter	\$ 0.088	\$ 0.088		
Gasoline 87 RON \$/liter	\$ 0.094		\$ 0.080	
Gasoline 93 RON \$/liter	\$ 0.106			\$ 0.106
MTBE \$/liter	\$ 0.183		\$ 0.027	
TEL \$/gram Pb	\$ 0.021	\$ 0.015		
High octane imports \$/liter	\$ 0.138		\$ 0.007	
Total cost		\$ 0.102	\$ 0.114	\$ 0.106
Increase US\$/liter			\$ 0.012	\$ 0.003

Sumber : 1

#### 4. Data Indonesia

Tabel 7. Kebutuhan BBM di Indonesia Tahun 1994/1995 – 1998/1999

Produk	Kebutuhan BBM dalam Ribuan Kiloliter			
	1995/1996	1996/97	1997/98	1998/99
Avigas	8.57	8.56	7.94	9.19
Avtur	1,832.37	2,086.89	2,007.31	1,875.09
Premium	9,480.51	10,391.09	11,036.45	11,016.79
M. Tanah	9,496.93	9,953.83	10,083.55	10,884.51
M. Solar	17,621.38	1,576.38	1,508.47	2,642.75

M. Diesel	1,637.38	1,576.38	1,508.47	2,642.75
M. Bakar	4,355.60	5,125.74	5,874.63	4,672.21

Sumber : 2

Tabel 8. Kapasitas Kilang Minyak di Indonesia Tahun 1998/1999

	Terpasang (desain)	Efektif (Mampu mengolah sampai dengan)	Terpakai (karena keadaan hanya mengelolah)
Unit Pengolahan	MBSD		MBSD
UP I Pangkalan Brandan	5	5.5	4.5
UP II Dumai	170	175	160.15
UP III Plaju	133.7	142.8	100.93
UP IV Cilacap	348	348	337.27
UP V Balikpapan	260	280	271.79
UP VI Balongan	125	128.75	108.06
UP VI Kasim	10	10	9.47

MBCD = Ribuan barrel perhari kalender

MBSD = Ribuan barrel per haro operasi

Sumber : 3

Tabel 9. Hasil Pengolahan Minyak Mentah 1996/1997 – 1997/1998

Produk	1996/1997		1997/1998	
	Ribu Barrel	Kiloliter	Ribu Barrel	Kiloliter
Avigas	13	1,807	147	20,433
Avtur	9,128	1,268,792	8,326	1,157,314
Premium	66,229	9,205,831	66,491	9,242,249
M. Tanah	54,362	7,556,318	48,683	6,766,937
M. Solar	90,226	12,541,414	94,302	13,107,978
M. Diesel	5,298	736,422	6,885	957,015
M. Bakar	19,100	2,654,900	18,517	2,573,863

1 barrel ekuivalen 139 liter

Sumber : 2

Referensi :

1. USAID-EPA, Implementer's Guide to Phasing Out Lead In Gasoline, 1998
2. Buku Data PERTAMINA, 1997
3. Buku Data PERTAMINA, 1999
4. Rencana Proyek-Proyek Pengembangan Kilang PERTAMINA, Buku I, Direktorat Pengolahan, 1994