

**INDUSTRI PETROKIMIA
DAN
DAMPAK LINGKUNGANNYA
Untuk:
Mahasiswa Politeknik Manufaktur**

Oleh:
Ir. Maraudin Pandjaitan, Dipl.Ing.Petro.

GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

DAFTAR SINGKATAN

AB	=	Alkylbenzen
ABS	=	Acrylonitrile-butadiene-styrene untuk polimer
ABS	=	Alkyl-benzene-sulfonate untuk deterjen
AG	=	Aromatic gasoline (pirolisis gasolin)
B-B	=	Butan-butadiene residu
BBG	=	Bahan bakar gas
BBM	=	Bahan bakar minyak
BR	=	Butadiene rubber = karet sintetis butadiene
BTU	=	British thermal unit
BTX	=	Benzene, toluene, xylene = simbol/nama-nama unsur kimia penyusun ikatan aromatik
CARB	=	California-air-resources-board
C-X (=CHX)	=	Cyclohexane
DEG	=	Di-ethylene glycol
DMFC	=	Direct methanol fuel cell
DMT	=	Di-methyl terephthalate
DOP	=	Di-octyl phthalate
DPG	=	Di-phenyl guanidines
DTC	=	Di-thio carbamates
E	=	Ethylene
EG (=MEG)	=	Ethylene glycol = monoethyleneglycol
EO	=	Ethylene oxide
EDC	=	Ethylene di-chloride
EFI	=	Electronic fuel injection
EPA	=	Environmental protection agency
EPR	=	Ethylene propylene rubber
EPS	=	Expandable polystyrene
EVA	=	Ethylene vinyl acetate copolymer
FG	=	Fuel gas
FO	=	Fuel oil
FRP	=	Fiber reinforced plastic
GPPS	=	General purpose polystyrene
HDPE	=	High density polyethylene
HIPS	=	High impact polystyrene
ICE	=	Internal-combustion-engine

ICP	=	International-crude-price = Harga minyak mentah internasional
IR	=	Isoprene rubber
IPA	=	Isophthalic acid = asam iso-ftalat
LAB	=	Linear alkylbenzene untuk deterjen
LDPE	=	Low density polyethylene
LEV	=	Low emission vehicle
LNG	=	Liquified natural gas
LPG	=	Liquified petroleum gas
LSR	=	Low sulfur residue
LSWR	=	Low sulfur waxyresidue
MBT	=	Mercapto benzo thiazole
MBTS	=	Mercapto benzo thiazole sulfidamides
MEK	=	Methyl ethyl ketone
MFCVs	=	Methanol fuel cell vehicles
MIGAS	=	Minyak dan gas bumi
MTBE	=	Methyl tertiary butylether (= bahan pencampur bensin pengganti TEL)
(M-xylene)	=	Meta-xylene
NBR	=	Nitril rubber
NG	=	Natural gas
NGL	=	Natural gas liquid
NMOG	=	Non-meth-ane organic gases
NR	=	Natural rubber
(O-xylene)	=	Ortho-xylene
PA	=	Phtalic anhydride
PE	=	Polyethylene
PET	=	Polyethylene terephthalate
PMA	=	Penanaman modal asing
PONA	=	Parafin-olefin-naftene-aromatic (untuk analisis)
PP	=	Polypropylene
PS	=	Polystyrene
PTA	=	Purified terephthalic acid
PUR	=	Poly urethane (= busa plastik yang empuk)
PVA	=	Polyvinyl acetate
PVC	=	Polyvinyl chloride
(P-xylene)	=	Para-xylene
SBR	=	Styrene butadiene rubber
SM	=	Styrene monomer
SULEV	=	Super ultra low emission vehicle
TA (=TPA)	=	Terephthalic acid
TDI	=	Toluene di-isocyanate
TEG	=	Tri-ethylene glycol
TEL	=	Tetra-ethyl-lead (= bahan pencampur bensin)

- TLEV = Total low emission vehicle
- TNT = Tri-nitro-toluene (= bahan peledak)
- VCM = Vinyl chloride monomer

DAFTAR KONVERSI

1. Konversi Ukuran dan Bobot:

1 Metric Ton (mt)	= 1,000 Kilograms (kg)
	= 2,2046 Pounds (lb)
	= 0,9842 Long Ton = 1.1023 Short Ton
1 Kilometer	= 0.62 Miles
1 Ton of Oil Equivalent (TOE)	= 10 million kilocalories
	= 39.68 million BTU
1 Barrel of Oil (BBL)	= 0.15899 Cubic Meter
1 Cubic Meter (m ³)	= 6.289 Barrels
1 Cubic Foot (CF)	= 0.02832 Cubic Meter
MCFD	= Thousand Cubic Feet per Day
MMCF	= Million Cubic Feet
1 Kilovolt	= 1,000 Volt
1 Kilowatt-hour (kWh)	= 1,000 Watt-hours
	= 1.340 Horse power hour (Hph)
	= 3.411 BTU
	= 859.6 kilocalories
1 Megawatt (Mw)	= 1,080 kilowatts (Kw)
1 Gigawatt-hour (gWh)	= 1,000,000 kilowatt-hours (kWh)

2. Faktor Konversi Energi:

<u>Fuel (Bahan Bakar)</u>	<u>Physical Units per BOE/1*</u>
- Liquid Fuel (barrels)	:
Crude Oil	: 1
Coal Liquids	: 0.88
Residual Fuel Oil	: 0.92
Distillate Fuel Oil	: 0.99
Gasoline	: 1.10
Natural Gas Liquids (NGL)	: 1.44
Ethanol	: 1.56
Methanol	: 1.99

- Natural Gas (1,000 Cu.ft)	:	5.79
- Coal (tonnes)		
Indonesian Coal	:	0.238
Coal (bituminous/Export	:	0,256
TCE (Ton of Coal Equivalent)	:	0.201
- Electricity (Mwh)	:	
- Biomassa Fuel (tonnes)	:	1.70
Firewood	:	0.39
Charcoal	:	0.19

Notes: 1. *) 1 TOE = 7.33 BOE (= with 7.33 barrel of Oil taken as average)

Sumber data: Report of the joint UNDP/World Bank Energy Sector Issues and Options
in the Energy Sector Report No.3543-IND, November 1981

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR/CETAKAN KEDUA (REVISI)	v
DAFTAR SINGKATAN	x
DAFTAR KONVERSI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxii

BAB-I PENDAHULUAN

1.1 Pengertian Umum Tentang Bahan/Produk Petrokimia dan Bahan/ Produk Polimer.....	1
1.2 Riwayat Pembuatan Produk Petrokimia dari Migas	2
1.3 Pemanfaatan Produk-produk Petrokimia	3

BAB-II BAHAN BAKU PETROKIMIA

2.1 Jenis Bahan Baku Industri Petrokimia	5
2.2 Cara-cara mendapatkan Bahan Baku Industri Petrokimia	6
2.3 Penyediaan Bahan Baku Petrokimia di Indonesia	8

BAB-III PRODUK-PRODUK PETROKIMIA

3.1 Jenis Produk Petrokimia	18
3.2 Jalur-jalur dalam pembuatan Produk-produk Petrokimia	19
3.2.1 Jalur Gas Sintetis Amonia dan "Carbon Black"	19
3.2.1.1 Cara Memproduksi Gas Sintetis	19
3.2.1.2 Produk Hilirnya dan Reaksi-reaksi untuk menghasilkannya	23
3.2.1.3 Pengadaan Produk Hilirnya di Indonesia	26
3.2.2 Jalur Olefin/Jalur Olefin Senter	35
3.2.2.1 Olefin dengan Bahan Baku Nafta	36
3.2.2.2 Olefin dengan Bahan Baku Etana	37
3.2.2.3 Produk Hilirnya dan Reaksi-reaksi untuk menghasilkannya	38
3.2.2.4 Contoh-contoh Reaksi untuk menghasilkan Produk-produk Hilir.....	39

3.2.2.5	Pengadaan Produk Hulu “Olefin Senter” di Indonesia	44
3.2.2.6	Pengadaan Produk Hilir “Thermoplastik” di Indonesia ..	44
3.2.3	Jalur Aromatik/Jalur Aromatik Senter	45
3.2.3.1	Aromatik dengan Bahan Baku Nafta	45
3.2.3.2	Produk Hilir Jalur Aromatik	48
3.2.3.3	Contoh-contoh reaksi untuk mendapatkan Produk Hilir	48
3.2.3.4	Pengadaan Produk Hulu “Aromatik Senter” di Indonesia.....	58
3.2.3.5	Pengadaan Produk Hilir “Serat-serat Sintetis dan Resin-resin Sintetis” di Indonesia	61
 BAB-IV PENGGUNAAN DAN PEMANFAATAN PRODUK-PRODUK PETROKIMIA		
4.1	Penggunaan dan Pemanfaatan Menurut Sektor Industri	115
4.1.1	Penggunaan dalam Industri Pupuk dan Pestisida	115
4.1.2	Penggunaan dalam Industri Serat Sintetik	115
4.1.3	Penggunaan dalam Industri Bahan Plastik	116
4.1.4	Penggunaan dalam Industri Adhesive Resin	117
4.1.5	Penggunaan dalam Industri Bahan Baku Cat (Coating Industry)	118
4.1.6	Penggunaan dalam Industri Deterjen	119
4.1.7	Penggunaan dalam Industri Elastomer	119
4.1.8	Penggunaan dalam Industri Kimia, Khusus Industri Zat Pewarna (Dyestuff Industry)	119
4.2	Industri Pemrosesan Plastik	121
4.2.1	Prosedur Untuk Mendapatkan Produk Jadi Plastik yang Ber- kualitas Tinggi	121
4.2.2	Proses yang digunakan dalam Industri Plastik untuk Meningkatkan Kualitas	122
4.2.2.1	Proses ekstrusi	123
4.2.2.2	Proses “Injection Moulding”	125
4.2.2.3	Proses “Blow Moulding”	126
4.2.2.4	Proses “Calendering”	127
4.3	Rekayasa/Manufaktur Produk Dasar menjadi Produk Jadi	138
4.3.1	Rekayasa/Manufaktur Produk Jadi Pipa Paralon PVC	139
4.3.2	Rekayasa/Manufaktur Produk Jadi Busa Plastik/Jok Mobil-PUR	144
 BAB-V PRODUK-PRODUK KHUSUS PETROKIMIA DAN PENGGUNA- ANNYA		
5.1	Produk Khusus “Methmix”	160
5.1.1	Pembuatan “Methmix”	160

5.1.2	Prosedur Penggunaan/Penyaluran/Penyerahan dan Pengisian "Methmix"	165
5.2	Produk Khusus "Additif/Minyak Pelumas"	174
5.2.1	Sifat-sifat dan Penggunaan Additif	174
5.2.2	Cara-cara/Proses Pembuatan Additif	177
5.3	Produk Khusus "Methanol" sebagai bahan bakar mobil listrik "Fuel Cell"	184
5.3.1	Prinsip Kerja "Direct Methanol Fuel Cell" (DMFC)	184
5.3.2	Tinjauan Ekonomi Penggunaan DMFC	184
5.3.3	Perbandingan Emisi Gas Kendaraan FCVs dengan Kendaraan LEV standar	185
5.3.4	Proyeksi Penjualan Kendaraan FVCs pada tahun 2010-2020.....	185
5.4	Produk Khusus "Polimer Emulsi" untuk Penanggulangan Banjir	185
5.4.1	Proses Pembuatan "Polimer Emulsi"	186
5.4.2	Efektivitas Penggunaan "Polimer Emulsi" dengan Tanah	186
5.4.3	Metode/Cara-cara Penggunaan "Polimer Emulsi"	187
5.4.4	Penggunaan Lain "Polimer Emulsi"	188
5.5	Produk Khusus "Polisiloksan" untuk Kulit Sintetik dan Operasi Plastik	188
5.5.1	Proses/Reaksi-reaksi Pembuatan "Polimer Polisiloksan"	189
5.5.2	Jenis-jenis Polimer untuk Pembuatan Kulit Sintetik	190
5.5.3	Efektivitas Penggunaan Kulit Sintetik	192

BAB-VI MASALAH LINGKUNGAN INDUSTRI PETROKIMIA

6.1	Limbah Petrokimia dan Sumbernya	205
6.1.1	Jenis Limbah Petrokimia	205
6.1.2	Sifat-sifat dan Karakteristik Limbah Petrokimia	206
6.2	Aspek Lingkungan Hidup Akibat Pengoperasian dan Pemanfaatan Produk produk Petrokimia	206
6.2.1	Rona Lingkungan Industri Petrokimia	206
6.2.2	Dampak Lingkungan Hidup	210
6.3	Cara Pengendalian dan Penanggulangan Pencemaran Ling kungan Limbah Petrokimia	212
6.3.1	Contoh Cara Penanggulangan Pencemaran Akibat Limbah Gas	212
6.3.2	Contoh Cara Penanggulangan Pencemaran Akibat Limbah Cair.....	212
6.3.3	Contoh Cara Penanggulangan Pencemaran Akibat Limbah Padat	213
6.3.4	Kualitas Air Limbah	214
6.4	Kesimpulan dan Saran	214

BAB-VII EVALUASI

7.1	Kata Pengantar	227
7.2	Cara Mengevaluasi	227
7.2.1	Latihan Soal-soal Pokok Bahasan	227

7.2.2 Contoh Latihan Soal-soal Ujian Semester AKAMIGA	233
LAMPIRAN-1 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tentang Pengendalian Pencemaran Air	239
LAMPIRAN-2. Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor Keputusan: 03/MEN	270
KLH/II/1991 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan yang Sudah Beroperasi	270
DAFTAR PUSTAKA	293

DAFTAR GAMBAR

Gambar I-1	: Proses Pemisahan Bahan Baku Petrokimia dari Hasil-hasil Kilang	4
Gambar II-1	: Ekstraksi Etana dengan Proses Ekstrasi Kriogenik	14
Gambar II-2	: Pemisahan Gas Etana dan Gas Metana (LNG) dari Gas Bumi dengan Cara Absorpsi	15
Gambar II-3	: Pemisahan Benzena, Toluena dan Xilena (BTX) dari Hasil Kilang	16
Gambar II-4	: Peta Potensi Cadangan Gas Bumi di Indonesia	17
Gambar III-1	: Tahap Proses Pengolahan Bahan Produk Migas menjadi Produk Petrokimia	95
Gambar III-2	: Asal-Usul Produk Petrokimia serta Aplikasinya	96
Gambar III-3	: Diagram Proses “Ammonia-Gas Synthesis”	97
Gambar III-4	: Diagram Proses Pembuatan Metanol	98
Gambar III-5	: Diagram Proses Pembuatan Urea dengan “Total Recycle Process”	99
Gambar III-6	: Diagram Proses Pembuatan Olefina/Etilene dengan “Tubular Process”	100
Gambar III-7	: Bagan Alir Proses Suatu Kilang Olefina Perbandingan Antara Kapasitas dan Produk	101
Gambar III-8	: Diagram Proses Pembuatan PE dengan Tekanan Tinggi	102
Gambar III-9	: Diagram Proses Pembuatan LDPE	102
Gambar III-10	: Diagram Proses Pembuatan HDPE	103
Gambar III-11	: Diagram Proses Pembuatan PE dengan “Low Pressure Ziegler Process”	104
Gambar III-12	: Diagram Proses Pembuatan PE dengan “Philips Process”	105
Gambar III-13	: Diagram Proses Pembuatan PP	106
Gambar III-14	: Diagram Proses Pembuatan Tetramer Propilena	107
Gambar III-15	: Diagram Proses Pembuatan Karet Polibutena	107
Gambar III-16	: Diagram Proses Pembentukan Monomer VCM serta Konsumsi Bahan Bakunya	108
Gambar III-17	: Diagram Proses Pembuatan Monomer Stirena	109
Gambar III-18	: Proses-proses Pembuatan Polistirena (PS)	110
Gambar III-19	: Bagan Alir Pembuatan Aromatik BTX serta Neracanya	111
Gambar III-20	: Diagram Proses Pembuatan Deterjen Alkilat/Alkil Benzena...	112
Gambar III-21	: Diagram Proses Pembuatan “Ftalik Anhitride (Phtalic	

	Anhydride)	113
Gambar III-22	: Diagram Proses Pembuatan Serat Poliester/Proses TPA dari Mobil	114
Gambar IV-1	: Bagan Industri Tekstil Indonesia	129
Gambar IV-2	: Pipa-pipa Plastik yang dilapisi Plat Krom hasil Proses Ekstrusi	130
Gambar IV-3	: Diagram Proses Pembuatan Lembaran Plastik dalam Instalasi yang Menggunakan Sistem "Extrusion-Line".....	131
Gambar IV-4	: Alat Pembuatan Barang Plastik dengan Proses Ekstrusi Lanjut	132
Gambar IV-5	: Diagram Pembuatan Barang Plastik dengan Proses Pencetakan (Extrusion Molding Process)	133
Gambar IV-6	: Ban Karet Termoplastik Hasil Proses "Injection Molding" ...	133
Gambar IV-7	: Alat Pembuatan Barang Plastik dengan Proses "Injection Molding"	134
Gambar IV-8	: Contoh botol-botol Plastik yang dibuat dengan Proses "Blow Molding"	134
Gambar IV-9	: Cara Kerja Proses "Blow Molding"	135
Gambar IV-10	: Juga Cara Kerja Proses "Blow Molding".....	135
Gambar IV-11	: Bagan Proses "Calendering"	136
Gambar IV-12	: Tiga Tipe Instalasi "Calendering Process"	137
Gambar IV-13	: Lembar Kegiatan Siswa SMU - Kerjasama Museum MIGAS "Graha Widya Patra"	152
Gambar IV-14	: Lembar Kegiatan Biologi "Plakton Fossil" sebagai Petunjuk adanya MIGAS	153
Gambar IV-15	: Lembar Kegiatan Fisika sebagai Prinsip Kerja Eksplorasi Pencarian MIGAS	154
Gambar IV-16	: Lembaran Kegiatan Geografi untuk melihat Misteri dan Sensor Didalam Perut Bumi	155
Gambar IV-17	: Lembar Kegiatan Pemetaan untuk mengamati Peta Lapangan Utama MIGAS di Indonesia	156
Gambar IV-18	: Lembar Kegiatan Kilang Pengolahan MIGAS untuk menghasilkan BBM dengan Proses-proses Kimia	157
Gambar IV-19	: Rekayasa Produk jadi pipa PVC	158
Gambar IV-20	: Rekayasa Produk jadi busa plastik/jok mobil PUR	159
Gambar V-1	: Spesifik Grafity "Methanol Mixture" 45/55/0.....	170
Gambar V-2	: Prosedure Pengisian "Methmix" ke pesawat udara	173
Gambar V-3	: Prinsip Kerja "Direct Methanol-Fuel Cell (DMFC)	194
Gambar V-4	: Proyeksi Kebutuhan "Methanol untuk FCVs	196
Gambar V-5	: Proyeksi Penjualan FCVs	197
Gambar V-6	: Efektivitas Penggunaan "Polimer Emulsi" dengan Tanah ...	198
Gambar V-7	: Penyemprotan "Tanah-tanah Erosi/Banjir" dengan "Cairan	

	Polimer Emulsi”/dengan menggunakan “mobil truk”	199
Gambar V-8	: Penyemprotan “Tanah-tanah Erosi/Banjir” dengan “Cairan Polimer Emulsi”/dengan menggunakan “alat pipa penyemprot”	200
Gambar V-9	: Hubungan antara Matriks Polimer dengan Struktur Kulit pada Pembentukan Kulit Sintetik	201
Gambar V-10	: Aplikasi/Penggunaan Kulit Sintetik dan Operasi Plastik	202
Gambar VI-1	: Bagan Alir Alat Lindungan Lingkungan Terhadap Emisi Gas Dengan Cara Absorpsi	223
Gambar VI-2	: Pengolahan Limbah Secara Biologis (Erobik dan Aerobik) ...	224
Gambar VI-3	: Pengolahan Limbah Botol Plastik Bekas dengan Proses Daur Ulang	225
Gambar VI-4	: Pengolahan Limbah Plastik Bekas dengan Cara Pirolisis	226

DAFTAR TABEL

Tabel II-1	: Karakteristik/Kualitas Gas Bumi di Indonesia	9
Tabel II-2	: Kualitas Gas Bumi di Indonesia	10
Tabel II-3	: Produksi Kondensat, Nafta dan Residu/LswR.....	13
Tabel III-1	: Posisi Realisasi Pasok Kebutuhan Industri Petrokimia Tahun 1995-1999 dan Perkiraan Pasok Kebutuhan Produk Industri Petrokimia Tahun 2000-2003	64
Tabel III-2	: Realisasi Kebutuhan Industri Petrokimia Tahun 1995-1999 dan Proyeksi Tahun 2000-2003 Dunia dan Indonesia	91
Tabel III-3	: Realisasi Impor Kebutuhan Serat Tekstil Tahun 1995-1999	93
Tabel III-4	: Realisasi Produksi dan Kapasitas Produksi Industri Tekstil di Indonesia dalam tahun 1995-1999.....	94
Tabel V-1	: Spesifikasi “Methanol Murni”.....	163
Tabel V-2	: Spesifikasi “Air Denim”	169
Tabel V-3	: Spesifikasi “Methmix 45/55/0” (Case-I)	171
Tabel V-4	: Spesifikasi “Methmix 45/55/0” (Case-II)	203
Tabel V-5	: Karakteristik Berbagai Additif/Pelumas	204
Tabel V-6	: Penggunaan Additif Dalam Berbagai Pelumas	204
Tabel V-7	: Perbandingan Emisi Gas Kendaraan “Fuel Cell” dengan LEV Standar	195
Tabel VI-1	: Jenis Limbah Petrokimia dan Sumber Asalnya	216
Tabel VI-2	: Karakteristik dan Kualitas Air Limbah Petrokimia	218
Tabel VI-3	: Baku Mutu Udara Emisi untuk Sumber Tak Bergerak	220
Tabel VI-4	: Baku Mutu Udara Ambien	221
Tabel VI-5	: Baku Mutu Air Limbah	222