

KIMIA INDUSTRI



Penulis

Efbertias Sitorus, Neny Rochyani, Safa'ah Nurfa'izin
Gregorio Antonny Bani, Octovianus SR Pasanda, Dodi Satriawan,
Nuramaniyah Taufiq Muhrinsyah Fatimura, Rakhmad Armus, Andi Nuraliyah

KIMIA INDUSTRI

**Efbertias Sitorus
Neny Rochyani
Safa'ah Nurfa'izin
Gregorio Antonny Bani
Octovianus SR Pasanda
Dodi Satriawan
Nuramaniyah Taufiq
Muhrinsyah Fatimura
Rakhmad Armus
Andi Nuraliyah**



GET PRESS INDONESIA

KIMIA INDUSTRI

Penulis :

Efbertias Sitorus
Neny Rochyani
Safa'ah Nurfa'izin
Gregorio Antonny Bani
Octovianus SR Pasanda
Dodi Satriawan
Nuramaniyah Taufiq
Muhrrinsyah Fatimura
Rakhmad Armus
Andi Nuraliyah

ISBN : 978-623-198-522-4

Editor : Mila Sari, M.Si.

Penyunting: Yuliatr Novita, M.Hum.

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penerbit : GETPRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Juli 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Buku Kimia Industri dapat diselesaikan dengan baik atas kerjasama tim penulis. Buku ini berisikan tentang pengantar kimia industri, industri asam sulfat, industri besi baja, minyak bumi, petrokimia (plastik dan polimer), pengolahan air (air kotor, air bersih dan air minum), sabun dan deterjen, industri pupuk urea, industri semen, industri keramik.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Padang, Mei 2023
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB 1 PENGANTAR KIMIA INDUSTRI	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Pengelompokan Jenis Industri	3
1.3 Proses Dalam Industri	4
1.4 Industri Proses Kimia	6
1.5 Macam-Macam Peralatan Produksi Pada Industri Kimia	10
DAFTAR PUSTAKA	14
BAB 2 INDUSTRI ASAM SULFAT	15
2.1 Latar Belakang	15
2.3 Perkembangan Industri Asam Sulfat di Indonesia	18
2.4 Karakteristik dan Bahan Baku Asam Sulfat	19
2.5 Reaksi Kimia Pada Asam Sulfat	21
2.6 Fungsi Asam Sulfat dalam Industri	25
2.7 Proses Produksi Asam Sulfat	26
DAFTAR PUSTAKA	34
BAB 3 INDUSTRI BESI BAJA	35
3.1 Pendahuluan	35
3.2 Logam Besi dan Paduan	37
3.2.1 Besi Tuang (<i>Cast Iron</i>)	37
3.2.2 Baja Paduan (<i>Alloy Steel</i>)	39
3.2.3 Paduan Potong	41
3.2.4 Baja Karbon (<i>Carbon Steel</i>)	41
3.2.5 <i>Stainless Steel</i>	41
3.3 Proses Pembuatan Besi dan Baja	43
DAFTAR PUSTAKA	51
BAB 4 MINYAK BUMI	53
4.1 Pendahuluan	53
4.2 Komposisi Minyak Bumi	54
4.3 Pengolahan Minyak Bumi	55
4.3.1 <i>Desalting</i> dan <i>Dewatering</i>	55
4.3.2 Destilasi	56
4.3.3 Perengkahan (<i>cracking</i>)	60
4.3.4 Visbreaking (<i>viscosity breaking</i>)	61
4.3.5 Hydroprocessing	62
4.3.6 Reforming	62
4.3.7 Isomerisasi	63
4.3.8 Alkilasi	63
4.3.9 Polimerisasi	64

4.3.10 Hidrofining.....	65
4.3.11 Proses <i>Finishing</i>	65
DAFTAR PUSTAKA.....	66
BAB 5 PETROKIMIA (Plastik dan Polimer)	67
5.1 Pendahuluan	67
5.2 Polimer Alami: Organik Dan Anorganik	70
5.3 Polimer Sintetik.....	72
5.4 Struktur Polimer	79
5.5 Jenis Bahan Plastik	81
DAFTAR PUSTAKA.....	84
BAB 6 PENGOLAHAN AIR (AIR KOTOR, AIR BERSIH DAN AIR MINUM)	87
6.1 Pendahuluan	87
6.2 Pencemaran Air	88
6.3 Baku Mutu untuk Air Limbah Domestik.....	91
6.4 Proses Pengolahan Air.....	92
6.4.1 Proses Pemilihan Teknologi Didalam Pengolahan Air Limbah	93
6.4.2 Aliran Proses Pengolahan Air Limbah (<i>Process Flow</i>)	96
DAFTAR PUSTAKA.....	99
BAB 7 SABUN DAN DETERJEN	103
7.1 Pengertian Sabun.....	103
7.2 Klasifikasi Sabun	104
7.3 Pengertian Deterjen.....	104
7.4 Klasifikasi Deterjen.....	105
7.5 Komposisi Pembuatan Sabun.....	107
7.6 Komposisi Pembuatan Deterjen.....	107
7.7 Cara Pembuatan Sabun	108
7.8 Cara Pembuatan Deterjen	109
DAFTAR PUSTAKA.....	111
BAB 8 INDUSTRI PUPUK UREA	113
8.1 Pendahuluan	113
8.2 Urea.....	115
8.3 Diskripsi Proses Produksi Pupuk Urea	117
8.3.1 Bahan Baku.....	117
8.3.2 Proses Pembuatan Pupuk urea	118
DAFTAR PUSTAKA.....	123
BAB 9 INDUSTRI SEMEN.....	125
9.1 Pendahuluan	125
9.3 Jenis-jenis Semen	127
9.4 Tipe-Tipe Semen	129
9.5 Proses Pembuatan Semen.....	130
9.6 Tahapan proses produksi semen.....	131

9.7 Dampak Industri Semen terhadap Lingkungan	133
9.8 Penemuan Semen Terbaru	134
9.8.1 Ekosemen	134
9.8.2 Proses Pembuatan Ekoseme.....	135
9.8.3 Portland Pozzolon Cemen.....	137
DAFTAR PUSTAKA.....	140
BAB 10 INDUSTRI KERAMIK.....	141
10.1 Pengertian Industri Keramik	141
10.2 Perkembangan Industri Keramik di Indonesia	141
10.3 Bahan Baku dan Metode Pembuatan Keramik	147
10.4 Permasalahan yang Dihadapi Industri Keramik	152
10.5 Produk Olahan Produk Industri Keramik	152
DAFTAR PUSTAKA.....	155
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Flow Diagram Chamber Process	28
Gambar 2.2. Flow Diagram Contact Process.....	31
Gambar 3.1. Penggunaan Produk Besi Baja Pada Kehidupan Masyarakat	35
Gambar 3.2. struktur besi tuang putih	37
Gambar 3.3 struktur besi tuang mampu tempa.....	38
Gambar 3.6 Alur proses produksi baja.....	44
Gambar 3.7 Proses blasting biji besi	46
Gambar 3.8 Diagram proses BOF.....	47
Gambar 3.10 Proses sintering biji besi	48
Gambar 3.11 Proses finishing	49
Gambar 3.12 Proses rolling.....	50
Gambar 4.1. Unit Desalting.....	56
Gambar 4.2. Unit Destilasi	57
Gambar 4.3 Unit Destilasi Atmosfer	58
Gambar 4.4 Unit Destilasi Vakum.....	59
Gambar 4.5. Proses Alkilasi dengan Asam Sulfat.....	64
Gambar 5.1 Produk yang terbuat dari plastik dan polimer	68
Gambar 5.2 Struktur Kimia Karet Alam.....	70
Gambar 5.3 Polimer anorganik polydimethylsiloxane	72
Gambar 5.4 Polimer Polyethylene Terephthalate (PET)	73
Gambar 5.5 Polimer Polystyrene.....	74
Gambar 5.6 Polimer polivinil klorida (PVC)	75
Gambar 5.7 Polimer Polyformaldehyde	75
Gambar 5.8 Polimer Polyester Dacron.....	76
Gambar 5.9 Hidrolisis Resin Urea Formaldehida	77
Gambar 5.10 Polyamide (Nylon)	78
Gambar 5.11 Diagram struktur polimer linier, bercabang, berikatan silang, dan jaringan	79
Gambar 5.12 Keluarga Polimer	82
Gambar 6.1 Sumber Pencemar Air.....	88
Gambar 6.2 Jenis Baku Mutu Pencemaran Air	89
Gambar 6.3 Proses Pengolahan Air	93
Gambar 6.4 Macam-macam Teknologi Pengolahan Air.....	94
Gambar 6.5 Alur Proses Pengolahan Air	96
Gambar 6.6 Macam-macam Proses Primary Treatmet.....	97
Gambar 6.7 Proses Pengolahan Air secara Umum.....	97
Gambar 6.8 Macam-macam Proses Tertiary Treatmet.....	98
Gambar 8.1. Bentuk butiran pupuk Urea	116
Gambar 8.2. Blok diagram pembagian seksi pembuatan Urea	118
Gambar 8.3. Diagram Alir Proses Pembuatan Urea	122
Gambar 9.1. Jenis Semen Portland dan Oil	128
Gambar 9.2. Jenis semen Pozzolon Portland (PPC)	138

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perkembangan Industri Kimia Dasar Indonesia 2020-2022
(Milyar Rp)..... 18

Tabel 2.2. Nilai dan Pertumbuhan PDB Industri Kimia 2019-2021..... 19

Tabel 4.1. Komposisi Minyak Bumi. 54

Tabel 6.1 Perbedaan Baku Mutu Air dan Baku Mutu Air Limbah 91

Tabel 6.2 Baku Mutu untuk Air Limbah Domestik..... 92

Tabel 6.3 Tipe dan Karakteristik Pori pada Filtrasi 95

Tabel 8.1. Komposisi Urea 116

Tabel 8.2. Sifat-sifat fisika dan kimia Urea 117

BAB 1

PENGANTAR KIMIA INDUSTRI

Oleh Efbertias Sitorus

1.1 Pendahuluan

Industri adalah sektor bisnis vital yang mengubah bahan baku menjadi produk akhir dengan utilitas konsumen langsung atau nilai tambah. Produk dari sektor ini dapat dikonsumsi langsung atau digunakan sebagai produk setengah jadi oleh industri lain. Istilah ini sering dikaitkan dengan kimia industri yang menghasilkan berbagai zat kimia. Bahan baku untuk sektor ini berasal dari pertambangan, petrokimia, pertanian atau sumber lainnya. Sektor industri berperan penting dalam memajukan kesejahteraan masyarakat dan pembangunan sumber daya manusia, serta pemanfaatan sumber daya alam secara optimal (Mulyati, 2014). Tujuan industri adalah mengubah sumber daya alam menjadi barang yang dapat dipasarkan untuk keuntungan ekonomi. Bahan baku memiliki senyawa kimia yang dapat dimanfaatkan sebagai makanan, bahan bakar, pupuk, kosmetik, dan lain-lain untuk meningkatkan eksistensi manusia. Namun, industri kimia yang bertanggung jawab harus mengutamakan kelestarian lingkungan dengan memastikan pengolahan bahan industri ramah lingkungan dan aman bagi lingkungan. Oleh karena itu, produksi produk ramah lingkungan adalah yang terpenting (Joesyiana, 2017).

Menurut UU Perindustrian No. 5 Tahun 1984, proses ekonomi pengolahan bahan baku, barang setengah jadi, atau barang jadi menjadi barang yang bernilai lebih tinggi merupakan kegiatan industri. Ini mencakup aspek teknis desain industri dan teknik. Industri, sebagai suatu sistem, terdiri dari subsistem fisik dan manusia yang beroperasi bersama satu sama lain (Mahrina and Yulianasari, 2021).



Gambar 1.1. Ruang Lingkup Industri Proses

Gambar 1.1. mengilustrasikan hubungan antara bahan baku dengan produk antara dan produk akhir yang dihasilkan. Produk industri bernilai tambah sangat penting bagi kebutuhan manusia.

Produk industri adalah komoditas penting untuk kelangsungan hidup manusia, dan mereka hadir dengan proposisi nilai tambah. Industri proses kimia melibatkan transformasi bahan baku menjadi produk jadi melalui penggunaan reaksi kimia dan peristiwa kimia fisik. Kesatuan aktivitas manusia ini dimulai dengan mengolah sumber daya alam dan kemudian mengubahnya menjadi berbagai bahan, termasuk produk yang dapat dikonsumsi dan benda yang dapat didaur ulang, untuk memenuhi kebutuhan manusia. Cara lain untuk mendefinisikan

industri proses kimia adalah sebagai industri yang menggunakan proses kimia untuk membuat produk dari bahan mentah. (Sumber: Anonim, http://id.wikipedia.org/wiki/Industri_kimia)

1.2 Pengelompokan Jenis Industri

Kementerian Perindustrian Indonesia mengklasifikasikan industri negara menjadi tiga kelompok utama, yang meliputi (Fatimah Rizka, 2020):

1. Industri Dasar

Industri fundamental terdiri dari kelompok industri logam dasar dan mesin yang disebut IMLD, dan kelompok industri kimia dasar atau IKD. Di dalam IMLD, Anda dapat menemukan mesin pertanian, elektronik, rel kereta api, pesawat terbang, kendaraan bermotor, baja, aluminium, tembaga, dan lainnya. Sedangkan IKD meliputi industri pengolahan kayu dan karet alam, industri pestisida, industri pupuk, industri silikat, dan lain-lain. Tujuan utama industri dasar adalah mendorong pertumbuhan ekonomi, menyempurnakan struktur industri, dan mendorong terciptanya lapangan kerja yang seluas-luasnya. Meskipun membutuhkan investasi modal yang signifikan dan teknologi canggih, tidak padat karya tetapi telah teruji dan terbukti efektif.

2. Aneka industri (AL)

Di antara koleksi industri adalah mereka yang menangani sumber daya hutan dan pertanian, antara lain. Tujuan mereka berkisar dari mendorong pertumbuhan ekonomi dan prospek lapangan kerja hingga mempromosikan akses pasar yang lebih adil. Secara umum, perusahaan ini menyukai teknologi sedang hingga maju dan menghindari pendekatan padat modal.

3. Industri Kecil

Indonesia membanggakan beragam industri skala kecil, mulai dari produksi makanan dan minuman hingga manufaktur pakaian dan kulit. Industri lain termasuk produksi bahan kimia dan bangunan, kerajinan umum, dan manufaktur logam. Yang terakhir mencakup berbagai subkategori, termasuk mesin, listrik, dan berbagai barang logam. Sektor industri Indonesia dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok utama berdasarkan jumlah tenaga kerja yang dipekerjakan:

- 1) Industri dengan ukuran signifikan, mempekerjakan tenaga kerja minimal 100 orang,
- 2) Industri menengah biasanya mempekerjakan antara 20 hingga 99 pekerja.
- 3) Industri sederhana dengan jumlah personel antara lima sampai sembilan belas orang. Industri rumahan dengan staf satu sampai empat orang (Putra, 2012).

1.3 Proses Dalam Industri

Industri kimia bergantung pada kualitas bahan baku yang melekat untuk menghasilkan produk akhir yang diinginkan. Proses kompleks ini melibatkan fisik, kimia, dan bioproses (Harjanto, Suliyanto and Sukesu, Endang, 2011).

1. Proses Fisika

Sumber daya alam dapat diekstraksi melalui berbagai teknik fisik, termasuk memanfaatkan sifat fisiknya seperti kelarutan, suhu, diameter butir, penguapan, penghancuran, dan homogenisasi. Batubara, misalnya, diperoleh dari endapan mineral di kerak bumi melalui penambangan atau pengerukan. Kemudian diangkut ke lokasi produksi energi untuk dibakar dan digunakan. Untuk membuat keramik, mineral tanah liat dihaluskan, dicampur dengan air, dicetak, dan kemudian dipanaskan dengan suhu tinggi untuk menghasilkan

produk keramik sederhana. Sementara itu, modifikasi industri keramik menjadi porselen berkualitas tinggi dengan menggunakan teknik fisik modern sangat menjanjikan untuk produksi industri di masa depan..

2. Proses Kimia

Dalam dunia industri kimia, karakteristik fisik bahan baku sama pentingnya dengan reaksi kimia yang dialaminya. Faktor-faktor seperti suhu, tekanan, kelarutan, dan keadaan fisik (cair, padat, atau gas) harus dipertimbangkan secara hati-hati bersamaan dengan katalis untuk memastikan reaksi kimia yang cepat. Biasanya, proses kimia awalnya diuji pada skala kecil di laboratorium, kemudian diujicobakan, dan baru kemudian diterapkan pada manufaktur skala besar. Misalnya, gas buang CO₂ dari petrokimia dapat diubah menjadi pupuk urea melalui reaksi dengan amonia, suhu dan tekanan tertentu, dan katalis. Demikian pula, gas amonia dapat diproduksi dengan mengalirkan gas H₂ dan gas N₂ melalui gas industri atau larutan amonia dalam reaktor yang mengandung katalis tertentu. Elektrolisis larutan garam NaCl dalam reaktor menghasilkan NaOH dan gas klorin. Namun, gas klor juga digunakan dalam produksi pestisida Dichloro Diphenyl Trichloroethane (DDT), yang sekarang dilarang oleh pemerintah karena berbahaya bagi lingkungan. Gas klorin menemukan tempatnya sebagai bahan baku industri seperti Ca(OCl)₂ dan pelarut organik seperti CCl₄, CHCl₃, CH₂Cl₂, dan banyak lagi. Sebagaimana lazimnya dalam industri kimia, pabrik dan pabrik manufaktur terletak berdekatan dengan sumber bahan baku, sedangkan proses kimianya sendiri disesuaikan dengan kondisi lingkungan di lokasi manufaktur masing-masing.

3. Bioproses

Dalam industri kimia modern, bioproses menjadi semakin lazim. Mikroba, tumbuhan dan jaringan hewan dimanfaatkan untuk biosintesis senyawa kimia sesuai dengan susunan genetiknya. Metode fermentasi digunakan untuk menghasilkan asam organik seperti asam sitrat dan asam glutamat menggunakan bahan baku nutrisi yang direkayasa untuk pertumbuhan mikroba, dan dengan berbagai jenis mikroba, suhu, pH, dan prekursor. Bioproses memiliki potensi untuk menghasilkan berbagai macam produk seperti antibiotik, vaksin, hormon, antioksidan, dan vitamin. Bioteknologi, bidang yang berkembang pesat, sangat menjanjikan dalam menghasilkan produk unggulan dari bahan kimia murni. Dengan merekayasa mikroba dan jaringan untuk mensintesis produk ini dan memanipulasi kondisi fisik, bioproses dapat berlangsung. Dari percobaan skala laboratorium hingga skala pilot dan akhirnya manufaktur, bioproses menggunakan lebih sedikit energi dan lebih efisien. Namun, produksi produk kimia melalui bioteknologi padat modal dan padat teknologi.

1.4 Industri Proses Kimia

Industri proses kimia adalah (Darni, Lismeri and Darmansyah, 2019):

- a. Industri kimia dasar yaitu Industri proses kimia yang khusus memproduksi produk kimia dasar termasuk namun tidak terbatas pada amoniak (NH_3), etanol/alkohol, soda kaustik/ NaOH , asam sulfat (H_2SO_4), cuka, soda kue, dan produk sejenis lainnya disebut sebagai industri kimia dasar.
- b. Industri pengolahan minyak bumi (*petroleum refinery*) yang Industri penyulingan minyak bumi terutama berfokus pada produksi bahan bakar

minyak, seperti bensin, minyak tanah, avtur, dan solar. Komponen non-bahan bakar, termasuk produk petrokimia, pelarut organik dan non-organik, pelumas, lilin, dan aspal, juga dihasilkan melalui proses pemurnian.

- c. Industri petrokimia yaitu Pengolahan komponen minyak mentah seperti etilena (C_2H_4) dan propilena (C_3H_6) mendefinisikan industri petrokimia
- d. Industri pengolahan logam yaitu Industri pengolahan logam bertanggung jawab untuk melaksanakan berbagai operasi yang melibatkan pengerjaan logam.
- e. Industri oleokimia yaitu Bidang oleokimia berhubungan dengan penyempurnaan bahan dan komponen yang berasal dari lemak hewani atau nabati dan fraksi minyak. Ini mungkin termasuk tanaman CPO (*Crude Palm Oil*).
- f. Industri agrokimia yaitu Industri agrokimia mencakup produksi bermacam-macam bahan kimia dan pupuk, termasuk namun tidak terbatas pada pestisida, amonium sulfat, dan urea, yang semuanya digunakan dalam budidaya pertanian.
- g. Industri makanan dan minuman mencakup berbagai produk, termasuk gula, susu, kopi, mie instan, garam, tepung tapioka, penguat rasa, jus buah, yogurt, tahu, kecap, minyak goreng, serta suplemen dan bahan habis pakai lainnya
- h. Industri pencelupan terlibat dalam produksi pewarna, melayani sektor makanan dan tekstil.
- i. Industri yang bertanggung jawab untuk membuat bahan peledak berfokus pada pembuatan bahan yang diperlukan untuk mengekstraksi sumber daya seperti minyak dan batu bara melalui peledakan yang terkendali.
- j. Produksi pulp dan kertas yang menggunakan kayu sebagai sumber utama merupakan andalan industri pulp dan kertas.

- k. Produksi semen dan keramik merupakan andalan industri semen dan keramik.
- l. Industri yang berkaitan dengan pembuatan karet, kulit, dan plastik bertanggung jawab untuk memproduksi bahan-bahan tersebut.
- m. Produksi peralatan rumah tangga, antara lain cangkir, ember, gayung, dan peralatan masak yang terbuat dari aluminium, teflon, dan bahan lainnya.
- n. Sektor kebersihan dan sanitasi berspesialisasi dalam pembuatan berbagai produk perawatan pribadi seperti sabun, deterjen, pasta gigi, pelembab, kosmetik, sampo, dan parfum.
- o. Sektor pengemasan bertanggung jawab untuk menciptakan beragam wadah dan bahan, seperti gelas dan botol plastik untuk air mineral, kantong plastik, kertas kemasan, decanter, dan drum.
- p. Sebagai catatan tambahan, perlu dicatat bahwa industri alat tulis memproduksi berbagai barang seperti tinta, pulpen, penggaris plastik, dan lem.
- q. Industri farmasi bertanggung jawab untuk memproduksi berbagai macam obat, termasuk yang ditujukan untuk penyakit seperti sakit kepala, sakit perut, batuk, dan flu. Mereka juga memproduksi suplemen energi, serta berbagai obat-obatan lainnya.
- r. Sektor konstruksi bertanggung jawab atas pembuatan bahan-bahan penting seperti cat, semen, batu bata, paku, tulangan, dan pipa PVC.
- s. Oli dan pelumas, jok kendaraan, rangka (bodi), dan ban merupakan beberapa produk yang diproduksi oleh industri otomotif.
- t. Sektor fashion memproduksi berbagai macam produk seperti benang sintetis, poliester, nilon, kancing untuk pakaian, sol sepatu, dan kulit untuk tas dan alas kaki.
- u. Sektor budidaya dan peternakan menghasilkan produk yang beragam, antara lain pupuk, pestisida, hormon untuk tanaman, vaksin untuk ternak, dan pakan ternak

Industri manufaktur juga biasa disebut sebagai industri proses kimia karena operasinya melibatkan pembuatan berbagai produk, termasuk kaca. Pabrik produksi kaca biasanya menggunakan proses yang melibatkan peleburan kaca dan membentuknya menjadi berbagai bentuk. Sebaliknya, fokus industri proses kimia adalah mengubah bahan mentah dari alam atau pabrik lain menjadi kaca atau bahan mentah yang dapat digunakan dalam produksi kaca.

Industri proses kimia bertanggung jawab untuk mengubah bahan tambang seperti pasir kuarsa/silika, dolomit, dan feldspar, beserta beberapa bahan baku pembantu, menjadi kaca/lembaran kaca atau bijih, dengan menggunakan berbagai peralatan pemrosesan. Industri ini juga mencakup pembuatan kaca rumah, mangkuk, atau wadah kaca lainnya, yang melibatkan peleburan lembaran kaca dan membentuknya menjadi berbagai bentuk. Begitu pula dengan industri yang memproduksi produk plastik (ember, kantong plastik, lemari, pulpen, casing handphone/alat elektronik, penggaris, kancing baju, pipa/selang, botol, botol), produk logam (paku beton, besi beton, drum, pin, koin, gunting, badan kendaraan, panci aluminium, kaleng, dll.), produk farmasi (termasuk tablet/kapsul), serta produk karet dan serat, semuanya merupakan bagian dari industri manufaktur.

1.5 Macam-Macam Peralatan Produksi Pada Industri Kimia

Adapun macam macam peralatan produksi pada industri kimia (Darni, Lismeri and Darmansyah, 2019) yaitu:

1. Peralatan untuk Pengecilan Ukuran

Dalam hal bahan padat, pengurangan ukuran sangat penting. Luas permukaan bahan tersebut berbanding lurus dengan proses yang dilakukan. Oleh karena itu, semakin kecil ukuran material, semakin besar luas permukaannya. Ini, pada gilirannya, mempengaruhi kecepatan reaksi material. Area permukaan yang lebih besar menyiratkan area kontak yang lebih besar dengan material, yang secara signifikan mempercepat reaksi. Pengurangan ukuran material dapat memudahkan proses pengangkutan dan pencampuran.

Contoh peralatan size reduction adalah:

Crusher, mesin pembgahancur, digunakan untuk ukuran partikel yang besar.

Grinder, mesin penggiling, digunakan untuk ukuran partikel yang lebih kecil.

2. Peralatan untuk Proses Pemisahan

Dalam industri kimia, bahan baku yang digunakan seringkali tidak murni, sehingga memerlukan proses pemisahan untuk menghilangkan kontaminan yang tidak diinginkan. Selain itu, produk sampingan dapat terbentuk selama reaksi kimia. Peralatan pemisahan yang tepat diperlukan untuk memastikan produk akhir memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan.

Industri kimia menggunakan berbagai jenis peralatan pemisahan, seperti:

Proses filtrasi bertujuan untuk menghilangkan partikel berukuran makro maupun mikro.

Distiler, Penyuling adalah alat silinder yang digunakan untuk memisahkan cairan berdasarkan sifatnya yang bervariasi. Selama proses distilasi, uap panas naik

dan bertemu dengan cairan yang turun dari tahap atas, akhirnya mencapai keadaan seimbang antara uap dan cairan.

3. Peralatan Pengubah Fase

Dalam industri kimia, bahan baku dan produk dapat berbentuk padat, cair, atau gas, yang memerlukan perubahan fasa agar sesuai dengan kebutuhan reaktor. Sebelum didistribusikan, produk yang dihasilkan harus memenuhi spesifikasi penyimpanan seperti yang ditentukan.

Peralatan perubahan fase menemukan berbagai aplikasi dalam industri kimia, dan beberapa contoh peralatan tersebut adalah;

Evaporator, yaitu Evaporator berfungsi sebagai alat pertukaran panas yang menghilangkan konstituen yang tidak diinginkan dari larutan dengan menguapkannya, sehingga memusatkan campuran.

Kondensor, yaitu Perangkat yang dirancang untuk mentransfer panas dari cairan dikenal sebagai kondensor.

4. Peralatan Pengubah Kondisi Operasi

Dalam industri kimia, proses reaksi memerlukan kondisi optimal yang memfasilitasi efektivitas reaksi. Dua variabel utama yang sering diatur adalah tekanan dan temperatur. Secara umum, laju reaksi meningkat dengan meningkatnya tekanan dan suhu. Selain itu, keadaan penyimpanan tertentu dari bahan baku dan produk mungkin juga memerlukan kondisi suhu dan tekanan tertentu.

Peralatan dalam industri kimia yang mengalami perubahan kondisi operasi meliputi:

Heater, yaitu Perangkat yang dirancang untuk menghangatkan cairan umumnya dikenal sebagai pemanas.

Cooler, yaitu Dalam industri kimia, peralatan pendingin fluida sangat penting. Pendingin ini biasanya

berbentuk bejana silinder yang panjang, dengan tinggi kolom yang melebihi diameternya. Pendingin memainkan peran penting dalam distilasi, penyerapan, ekstraksi cair-cair, dan ekstraksi gas ke dalam bentuk cair.

Kompresor, Kompresor adalah alat yang digunakan untuk meningkatkan tekanan gas atau uap dengan mengurangi volumenya.

5. Peralatan Transportasi

Heat Exchanger adalah mekanisme yang memfasilitasi perpindahan panas antara dua fluida tanpa bersentuhan langsung satu sama lain. Pergerakan material dari satu lokasi ke lokasi lain memerlukan transportasi. Upaya semacam itu membutuhkan peralatan transportasi khusus yang harus disesuaikan dengan bentuk atau fase material yang ada.

Alat transportasi yang digunakan dalam industri kimia terdiri dari:

Pipa, Pipa bundar berfungsi sebagai alat transportasi cairan.

Valve, yaitu Katup adalah alat penting yang digunakan dalam mengendalikan dan mengatur laju aliran fluida. Mereka umumnya ditemukan di dalam pipa dan dapat dioperasikan melalui berbagai sistem seperti elektronik, pneumatik atau manual.

Pompa, yaitu Perangkat yang memanfaatkan energi untuk memindahkan cairan dari satu lokasi ke lokasi lain dikenal sebagai pompa.

6. Peralatan Pencampur (*Mixing Tank*)

Untuk menggabungkan dua bahan, mixer adalah peralatan yang diperlukan. Bahan-bahan ini dapat berada dalam fase yang sama atau dalam fase yang berbeda. Reaktor biasanya adalah istilah yang diberikan untuk mesin yang digunakan untuk proses kimia, karena berfungsi sebagai dasar untuk proses industri.

Tangki pencampur berfungsi sebagai tempat berlangsungnya reaksi untuk menghasilkan produk akhir yang diinginkan. Reaktor yang digunakan harus sesuai untuk fase reaktan, dan kondisinya harus persis selaras dengan kondisi operasi yang ideal agar reaksi berlangsung lancar.

Ketika datang ke industri, tangki pencampur menguasai sebagai komponen penting, dan berinvestasi di dalamnya adalah belanja modal jangka panjang untuk perusahaan Anda. Penting untuk memastikan tidak hanya kualitas unggul dari sistem tangki mixer Anda, tetapi juga penggunaan bahan berkualitas tinggi. Faktor ini berpotensi menentukan umur panjang layanannya, yang pada akhirnya memfasilitasi kelancaran proses produksi

DAFTAR PUSTAKA

- Darni, Y., Lismeri, L. and Darmansyah, D. (2019) 'Industri Proses Kimia'.
- Fatimah Rizka, A. (2020) 'Keberlanjutan Usaha dan Kontribusi Industri Kecil Kerajinan Sapu dalam Meningkatkan Kesejahteraan Perajin Desa Kajongan, Kecamatan Bojongsari, Kabupaten Purbalingga'. IAIN PURWOKERTO.
- Harjanto, N.T., Suliyanto and Sukei, Endang, I. (2011) 'Manajemen Bahan Kimia Berbahaya Dan Beracun Harjanto, N. T., Suliyanto, & Sukei, Endang, I. (2011). Manajemen Bahan Kimia Berbahaya Dan Beracun Sebagai Upaya Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Serta Perlindungan Lingkungan. No. 08/ Tahun IV. Oktober 2011 ISS', *No. 08/ Tahun IV. Oktober 2011 ISSN 1979-2409*, 04(08), pp. 54–67.
- Joesyiana, K. (2017) 'Strategi pengembangan industri rumah tangga di kota pekanbaru', *Valuta*, 3(1), pp. 159–172.
- Mahrina, H. and Yulianasari, N. (2021) 'Strategi Pengembangan Industri Kreatif Kerajinan Batik Besurek Untuk Meningkatkan Daya Saing Pelaku Industri Kreatif Kerajinan Batik Besurek Di Kota Bengkulu', *EKOMBIS REVIEW: Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis*, 9(2), pp. 365–376.
- Mulyati, M. (2014) 'Industri Proses'. Kanisius.
- Putra, R.E. (2012) 'Pengaruh Nilai Investasi, Nilai Upah, dan Nilai Produksi Terhadap Penyerapan Tenaga Kerja Pada Industri Mebel di Kecamatan Pedurungan Kota Semarang', *Economics Development Analysis Journal*, 1(2).

BAB 2

INDUSTRI ASAM SULFAT

Oleh Nenry Rochyani

2.1 Latar Belakang

Asam Sulfat atau Sulfuric Acid dengan rumus kimia H_2SO_4 merupakan salah satu jenis asam mineral kuat yang mempunyai banyak manfaat dan menjadi salah satu produk utama pada industri kimia.

Di Indonesia saat ini laju pertumbuhan industri kian pesat khususnya industri yang menggunakan bahan kimia. Sebagai dampak dari perkembangan pada sektor industri tersebut, tentulah akan sangat membutuhkan bahan baku baik bahan utama maupun bahan penunjang. Asam sulfat merupakan bahan baku utama, penunjang dan katalis dalam produksi di berbagai sektor industri, untuk itulah laju pertumbuhan dan perkembangan pada sektor industri kimia dasar utamanya asam sulfat menjadi penting untuk didorong lebih cepat. Hal ini dikarenakan perkembangan yang baik pada industri asam sulfat menjadi salah satu indikator atau tolak ukur standart tingkat kemajuan industri suatu negara.

Pada beberapa industri kimia, Asam Sulfat dijadikan sebagai bahan utama dari produk yang dihasilkan. Oleh sebab alasan di atas maka tidak salah bila dikatakan Asam Sulfat sebagai rajanya bahan kimia atau "*King of Chemicals*". (Moats, M. 2006)

2.2 Sejarah Industri Asam Sulfat

Pada abad ke-8 Abu Musa Jabir bin Hayyan (Geber) dipercayai sebagai penemu asam sulfat. Dari hasil temuan tersebut kemudian asam ini dikaji ulang oleh Ar-Razi (Rhazes) seorang dokter dan ahlikimia di abad ke-9. Hal yang dilakukan untuk mendapatkan larutan asam sulfat dengan distilasi kering mineral yang mengandung $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (besi(II) sulfat heptahidrat) dan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (tembaga(II) sulfat pentahidrat). Pada proses pemanasan, unsur unsur pada senyawa tersebut akan terurai dan menjadi besi(II) oksida dan tembaga(II) oksida, melepaskan air beserta sulfur trioksida yang kemudian akan bergabung menjadi larutan asam sulfat. Perkembangan selanjutnya abad pertengahan metode ini digunakan di Eropa dengan menyadur buku-buku dari wilayah Arab dan Persia yang diketahui sebagai minyak Vitriol (Popa, N. V. 2004).

Istilah vitriol dalam bahasa Latin vitreus artinya “gelas”, berdasarkan penampakan dari garam sulfat yang seperti gelas, kemudian dinamai garam vitriol. Tembaga(II) sulfat (vitriol biru), kobalt(II) sulfat (vitriol merah), seng sulfat (vitriol putih), besi(II) sulfat (vitriol hijau) dan besi(III) sulfat (vitriol Mars), termasuk garam Vitriol yang sangat penting (Kirk, K. E. and Othmer, D. F., 1981).

Basilius Valentinus (abad ke-15) L'Azothe des Philosophes, mengemukakan bahwa Vitriol yang sangat murni dapat peruntukkan menjadi media reaksi untuk zat-zat lain. Pada abad ke-17, Johann Glauber kimiawan Jerman Belanda-membuat asam sulfat dengan cara membakar sulfur dan kalium nitrat, KNO_3 , dengan keberadaan uap. Kalium nitrat akan terurai dan mengoksidasi sulfur menjadi SO_3 , bergabung dengan air membentuk asam sulfat. Joshua Ward, ahli farmasi London, 1736, menggunakan metode ini untuk

memulai produksi asam sulfat berskala besar (Chenier, Philip J. 1987)

Pada tahun 1746 di Birmingham, John Roebuck mengemukakan “Proses Bilik” atau Chamber Process dengan mengadaptasikan metode ini ke dalam suatu bilik dan mendapatkan hasil asam sulfat lebih banyak secara efektif. Setelah berbagai perbaikan, metode ini menjadi proses standar produksi asam sulfat selama hampir dua abad.

Pada abad 18 sampai abad 19 pembuatan asam sulfat menggunakan Chamber process dengan katalis homogen dari nitrogen oksida untuk oksidasi sulfur dioksida. Produksi asam sulfat dengan metode ini kurang memenuhi kebutuhan proses industri pada umumnya karena kadar konsentrasi yang dihasilkan rendah, yaitu 65% - 80%.

Sebelum abad 20, Chamber process diganti dengan Contact process atau proses kontak. Penggunaan contact process sebagai akibat dari kebutuhan dunia industry terhadap produk asam sulfat dengan kadar konsentrasi lebih tinggi dibanding hasil produksi dengan chamber process.

Contact process yang diimplementasikan pada pembuatan asam sulfat mula-mula menggunakan katalis platinum. Sebelum Perang Dunia I campuran asam sulfat dengan asam nitrat dan katalis platinum dipergunakan untuk membuat bahan peledak. Dalam perkembangan selanjutnya (1926) diketemukan katalis Vanadium yang lebih efektif dan ekonomis menggantikan katalis platinum pada Contact Process. (Lab, S. 2011). Contact Process dengan katalis vanadium pada produksi asam sulfat ini dipatenkan oleh Peregrine Phillips (1931) dan digunakan sampai sekarang.

2.3 Perkembangan Industri Asam Sulfat di Indonesia

Perkembangan industri kimia dasar di Indonesia juga menunjukkan kecenderungan untuk terus meningkat dalam tiap tahunnya. Sesuai dengan peningkatan pada pertumbuhan kebutuhan akan produk kimia dasar sebagai bahan baku, penunjang ataupun katalis untuk proses produksi produk industry lainnya. Hal ini tercermin pada data statsistik industri kimia, dimana untuk periode semester genap dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2022. Kecenderungan ini ditunjukkan dari nilai investasi yang meningkat cukup signifikan selama periode 2020-2021.

Tabel 2.1. Perkembangan Industri Kimia Dasar Indonesia 2020-2022 (Milyar Rp)

Tahun	Projek	Investasi
2020	1844	65637.7
2021	2401	34486.9
2022	1491	12883.1

Sumber : Diolah dari Data BPS 2023

Adanya penurunan dan fluktuasi justru terjadi pada tahun 2022 dimungkinkan terjadi sebagai dampak kondisi ekonomi dunia yang mengalami stagnansi akibat pandemi di kurun waktu tersebut. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa potensi produksi dan konsumsi untuk produk industri kimia dasar di dalam negeri cukup tinggi, sehingga dimasa yang akan datang investasi dan pengembangan sektor industri ini akan terus memberikan kontribusi yang tinggi dalam produk nasional bruto (PDB).

Tabel 2.2. Nilai dan Pertumbuhan PDB Industri Kimia 2019-2021

Tahun	PDB (milyar Rp)	Pertumbuhan (%)
2019	265.925.1	8.48
2020	296.710.3	9.39
2021	339.183.4	9.61

Sumber : Diolah dari Data BPS 2023

Untuk lebih memperjelas akan tingginya kebutuhan produksi kimia dasar, dapat dilihat pada tabel pertumbuhan PDB Industri diatas. Data tersebut memperlihatkan bahwa hingga tahun 2021 pertumbuhan sektor industri kimia dasar masih relatif tinggi, sehingga dapat dikatakan pada sektor industri kimia dasar tetap memiliki pasar dan permintaan yang signifikan untuk menunjang kebutuhan sektor-sektor produksi lainnya.

2.4 Karakteristik dan Bahan Baku Asam Sulfat

Asam sulfat, H_2SO_4 merupakan [asam mineral](#) yang kuat dan pada semua perbandingan air dapat larut. Secara umum asam sulfat (H_2SO_4) merupakan cairan yang bersifat korosif, tidak berwarna, tidak berbau, sangat reaktif dan mampu melarutkan berbagai logam.

Asam sulfat murni yang tidak diencerkan tidak dapat ditemukan secara alami di bumi karena sifatnya yang higroskopis. Akan tetapi asam sulfat juga merupakan komponen utama hujan asam, yang terjadi karena oksidasi sulfur dioksida di atmosfer dengan keberadaan air (oksidasi asam sulfit). Sulfur dioksida adalah produk sampingan utama dari pembakaran bahan bakar seperti batubara dan minyak yang mengandung sulfur (belerang).

Membuat asam sulfat yang mendekati 100% dapat dilakukan, namun ia akan melepaskan SO_3 pada titik didihnya dan menghasilkan konsentrasi asam sulfat menjadi 98,3%. Pada kondisi konsentrasi asam sulfat 98% ini yang umumnya disebut asam sulfat pekat yang lebih stabil untuk disimpan. Asam sulfat murni wujudnya berupa cairan bening seperti minyak, yang dulu disebut minyak vitrol.

Terbentuknya atau produksi asam sulfat diperoleh dari metode yang digunakan dengan adanya reaksi kimia antara bahan baku seperti ; belerang, oksigen, air, sulfur dioksida, sulfur trioksida dan katalis vanadium (Perry, R.H. and Green, D.W. 1999). Sifat fisika dan kimia bahan baku produksi asam sulfat sebagai berikut:

a. Asam Sulfat (H_2SO_4)

Berat molekul : 98,08, tidak berwarna, cair (suhu kamar), spgr 1,834 gr/cm^3 (suhu 18°C) , TL $10,49^\circ\text{C}$, TD 340°C , bersifat korosif terutama pada konsentrasi tinggi, dapat menimbulkan luka bakar bila kontak dengan kulit, larut dalam air di semua perbandingan, larut dalam alkohol 95% dan mudah menguap.

b. Sulfur (S)

Berat molekul : 32,0, warna kuning, bentuk padatan (suhu kamar), spgr 2,046 gr/cm^3 , TL $112,8^\circ\text{C}$, TD $444,6^\circ\text{C}$, tidak larut dalam air dan larut dalam karbon disulfid dari benzene.

c. Oksigen (O_2)

Berat molekul : 32,00, tidak berwarna, bentuk gas (suhu kamar), spgr 1,140 gr/cm^3 (pada $188,0^\circ\text{C}$), TL: $-218,4^\circ\text{C}$, TD : $-183,0^\circ\text{C}$, larut dalam alkohol 95%, kelarutan dalam 100 bagian air : 4,89 cc pada air 0°C , 2,60 cc pada air 30°C dan 1,70 cc pada air 100°C .

d. Air (H₂O)

Berat molekul : 18,016, tidak berwarna, bentuk cair (suhu kamar), spgr : 1 gr/cm³ (suhu 4°C) dan 0,915 gr/cm³ (suhu 0°C), TL: 0°C, TD: 100°C, Cp : 1,00 cal/gr°C (suhu 25°C), larut dalam alcohol 95% dalam segala perbandingan

e. Sulfur dioksida (SO₂)

Berat molekul : 64,06, tidak berwarna, bentuk : gas (suhu kamar), spgr : 1, 434 gr/cm³ (liquid pada 0°C), TL: -75.5°C, TD: -10,0°C, kelarutan dalam 100 bagian air : 2,28 cc pada air 0°C dan 4,50 cc pada air 30°C

f. Sulfur trioksida (SO₃)

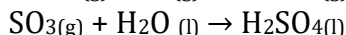
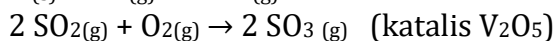
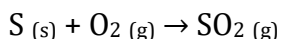
Berat molekul : 80,06, tidak berwarna, bentuk : gas (suhu kamar), spgr: 1, 923 gr/cm³, TL: 16,83°C, TD : 44,6°C, tidak larut dalam air.

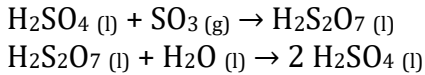
g. Vanadium pentaoksida (V₂O₅)

Berat molekul : 181,90, warna merah kekuningan, bentuk padat (suhu kamar), spgr: 3,357 gr/cm³ (suhu 180°C), TL: 800°C, TD: 1750°C, kelarutan dalam 100 bagian air : 0,8 cc pada air 30°C, larut pada alkali seperti NaOH dan KOH dan tidak larut dalam alcohol 95%.

2.5 Reaksi Kimia Pada Asam Sulfat

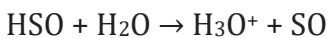
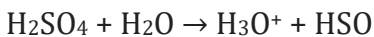
Reaksi-reaksi kimia yang terjadi baik reaksi pembentukan asam sulfat sendiri maupun reaksi dengan asam sulfat sebagai reaktan pada beberapa proses ditunjukkan seperti berikut :



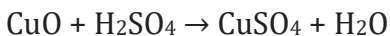


Tahapan reaksi diatas diawali dengan belerang dipanaskan untuk mendapatkan sulfur dioksida. Sulfur dioksida kemudian dioksidasi menggunakan oksigen dengan keberadaan katalis vanadium menghasilkan gas sulfur trioksida. Sulfur trioksida diserap ke dalam 97-98% H_2SO_4 menjadi oleum ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$) atau asam pirosulfat, juga dikenal sebagai asam sulfat berasap. Oleum kemudian diencerkan ke dalam air menjadi asam sulfat pekat. Sebagai catatan untuk diperhatikan bahwa pelarutan langsung SO_3 ke dalam air tidak praktis, karena reaksi tersebut bersifat eksotermik yang akan membentuk aerosol korosif yang sulit untuk dipisahkan (Goodhead T.o, A. M. 2014)..

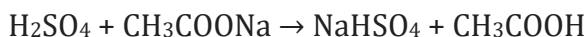
Seperti halnya reaksi antara sulfur trioksida dengan air, reaksi hidrasi asam sulfat sangatlah eksotermik. Untuk itu jangan terbalik menambahkan air ke dalam asam sulfat akan tetapi selalu tambahkan asam sulfat ke dalam air karena air memiliki massa jenis yang lebih kecil dari asam sulfat dan membuat air mengapung di atasnya. Apabila air ditambahkan ke dalam asam sulfat pekat, ia akan dapat mendidih dan bereaksi dengan keras membentuk ion hidronium.



Reaksi asam sulfat dengan basa akan menghasilkan garam sulfat seperti pembuatan garam tembaga (II) dari reaksi tembaga (II) oksida.

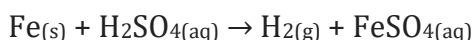


Sementara untuk mendapatkan asam lemah dapat diperoleh dari reaksi pengasaman garam antara asam sulfat dengan natrium asetat menghasilkan asam asetat dan natrium bisulfit.



Sama halnya dengan reaksi di atas, asam nitrat dan kalium bisulfat diperoleh dari asam sulfat dengan kalium nitrat. Pada reaksi nitrasi yang melibatkan substitusi aromatic elektrofilik, asam sulfat akan berperan sebagai asam juga pendehidrasi, apabila dikombinasikan asam nitrat yang menghasilkan ion nitronium (NO).

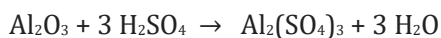
Gas hydrogen dan garam sulfat melalui reaksi pengganti tunggal dapat diperoleh dari reaksi asam sulfat encer dengan logam, seperti besi, seng, aluminium, mangan, nikel dan magnesium.



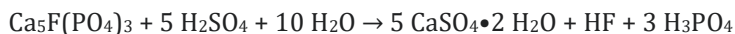
Namun pengecualian untuk logam timbal dan tungsten tidak dapat bereaksi dengan asam sulfat. Sementara untuk timah dan tembaga dibutuhkan asam sulfat panas dan pekat sebagai oksidator dalam rekasinya yang menghasilkan garam, air dan sulfur dioksida.



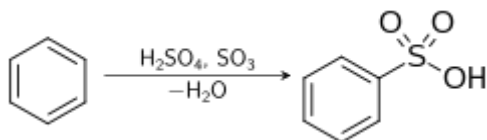
Bauksit dapat direaksikan dengan asam sulfat menghasilkan aluminium sulfat yang akan digunakan untuk mendapatkan aluminium karboksilat sebagai pengental pulp kertas, seperti pada reaksi berikut.



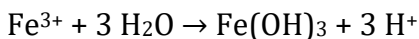
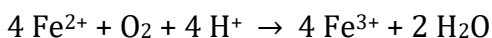
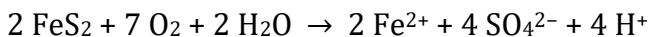
Asam sulfat juga dapat direaksikan dengan fluorapatit dari batuan fosfat akan menghasilkan kalsium sulfat (untuk pupuk) dan trinitrium fosfat (untuk detergen) dan asam flourida.



Asam sulfonate diperoleh dari reaksi substitusi aromatik elektrofilik antara asam sulfat dengan senyawa aromatic.



Secara alami asam sulfat dapat terbentuk bersama air yang sangat asam dari hasil oksidasi mineral sulfida seperti besi sulfida pada kasus terjadinya air asam tambang (AAT). Air asam yang memiliki pH yang sangat rendah tersebut mempunyai kemampuan melarutkan logam yang ada dalam bijih sulfida menghasilkan uap berwarna cerah beracun. Besi (II) atau Fe^{2+} diperoleh dari oksidasi molekuler besi sulfida. Selanjutnya dioksidasi kembali menjadi Fe^{3+} atau besi (III) yang dapat diendapkan. Proses oksidasi pirit dengan besi (III) atau ion feri bisa saja terjadi dengan waktu yang cepat.



Reaksi yang ditampilkan di atas merupakan reaksi proses atau produksi asam sulfat dan aplikasi dari contoh beberapa reaksi kimia baik pada industry kimia maupun reaksi alami yang terjadi di alam.

2.6 Fungsi Asam Sulfat dalam Industri

Asam sulfat merupakan komoditas kimia yang sangat penting, karena fungsi utama dari 60% total produksi di seluruh dunia digunakan dalam industri kimia. Sehingga dapat dikatakan produksi asam sulfat suatu negara merupakan indikator yang baik terhadap kekuatan industri negara tersebut. Telah diketahui fungsi asam sulfat sebagai bahan utama ataupun bahan penunjang termasuk sebagai katalis, banyak dibutuhkan di industri dan sudah mendunia tidak hanya di Indonesia.

Umumnya penggunaan asam sulfat berdasarkan tingkat kemurnian atau jenis konsentrasi (Austin, G. T. (1984). Fungsi dari produksi asam sulfat pada proses pengelolaan dan industri kimia diantaranya :

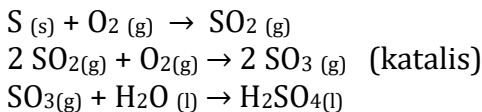
- a. Pemrosesan air limbah
- b. Pemrosesan penyulingan minyak bumi, penghilangan zat-zat pengotor
- c. Pemrosesan bijih mineral
- d. Pemrosesan meregenerasi kation resin pada pembuatan air bebas mineral
- e. Pemrosesan menghilangkan lapisan film zat asam dari besi atau baja sebelum proses pelapisan, pengecatan
- f. Pemrosesan sintesis kimia
- g. Pemrosesan pemisahan Hidrokarbon
- h. Industri pembuatan asam nitrat atau HNO_3
- i. Industri pembuatan pupuk superfosfat dan amonium sulfat
- j. Industri pembuatan plastik
- k. Industri pembuatan bahan pewarna
- l. Industri farmasi-obat-obatan
- m. Industri pembuatan sutera sintetik
- n. Industri otomotif, pembuatan baterai
- o. Industri pembuatan deterjen
- p. Industri pembuatan pigmen, khususnya barium sulfat dan titanium dioksida

- q. Industri perekat atau lem
- r. Industri pembuatan bahan peledak, nitrogliserin.
- s. Industri pembuatan rayon dan lain-lain

Di awal sebelumnya telah dijelaskan, bahwa fungsi produksi asam sulfat tidak hanya sebagai bahan baku utama maupun penunjang tetapi juga dapat berfungsi sebagai katalis. Adapun fungsi asam sulfat sebagai katalis asam di industry kimia dapat dicontohkan sebagai berikut : untuk membuat nilon dengan mengubah senyawa sikloheksanonoksim menjadi kaprolaktam, reaksi antara isobutana dengan isobutilena untuk menghasilkan isooktana, atau membuat asam klorida dari garam melalui proses Mannheim.

2.7 Proses Produksi Asam Sulfat

Produksi atau industri asam sulfat saat ini dibuat dengan 2 proses, yaitu Chamber dan Contact. Prinsip dasar kedua proses di atas hampir sama pada proses pembuatan dan menggunakan bahan baku sulfur. Proses mula-mula dengan produksi gas sulfur dioksida, dengan mengkonversi sulfur dioksida menjadi sulfur trioksida melalui penambahan oksigen lebih dengan katalis (B. G. 1996) (Hakim, Muhammad . 2018). Kemudian mereaksikan sulfur trioksida dan air membentuk asam sulfat, reaksi yang terjadi :



A. Proses Chamber

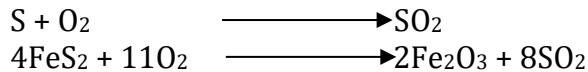
Proses Chamber mempunyai 3 peralatan utama, yaitu Gay Lussac Tower, Glover Tower dan Lead

Chamber. Gas SO_2 inter menuju Glover Tower berbarengan dengan nitrogen oksida, kemudian menuju Lead Chamber I. II dan III. kemudian, bergerak ke Gay Lussac Tower. Hasil yang diperoleh selanjutnya kembali ke Glover Tower, lalu didinginkan hingga menghasilkan produk asam sulfat konsentrasi 65% sampai 80%.

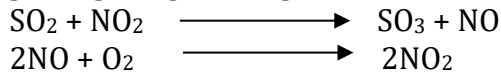
Reaksi dan uraian proses :

Proses chamber adalah proses lama untuk pembuatan asam sulfat. Dasar teori proses ini dibagi 3 tahap, sebagai berikut :

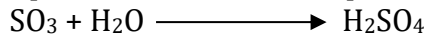
a. Produksi SO_2 , belerang dioksida, mula-mula membakar bubuk belerang atau besi(II)disulfida, FeS_2 dengan udara.



b. Oksidasi SO_2 menjadi SO_3 , sulfur trioksida diperoleh dari reaksi oksidasi belerang dioksida dengan nitrogen dioksida. Nitrogen dioksida yang dihasilkan dari oksida nitrat yang terbentuk bergabung dengan oksigen dari udara.

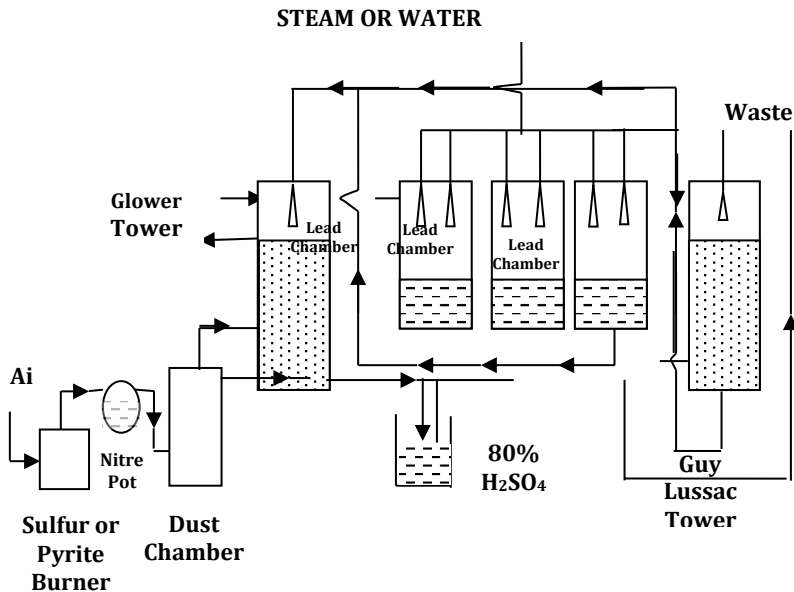


c. Konversi sulfur trioksida menjadi asam sulfat, Sulfur trioksida yang diperoleh dari reaksi di atas dilarutkan dalam air guna mendapatkan hasil akhir berupa asam sulfat.



Gas SO_2 panas dari burner (SO_2 dan O_2), masuk dari bagian bawah glover tower, sedang larutan dingin nitrous vitriol (NV) dari Gay Lussac tower masuk lewat atas, akan terjadi aliran counter current. Hal ini menyebabkan adanya oksidasi di bagian atas glover tower, dimana nitrogen oksida bereaksi dengan gas SO_2 . Hasil reaksi dari glover tower kemudian masuk ke lead chamber yang disusun secara seri. Pada bagian selanjutnya Sebagian besar gas SO_2 teroksidasi

menjadi SO_3 serta terabsorbsi menjadi asam sulfat, mengembun dan menempel pada dinding chamber. Selanjutnya, asam sulfat yang keluar dari lead chamber pada tingkat kepekatan 62-68% kembali ke Glover tower untuk memperoleh kandungan lebih pekat dan membuang kandungan Nitrogen oksida. Di dasar Glover tower, larutan 77,7% asam sulfat yang keluar didinginkan. Kemudian Sebagian dari asam ini disirkulasi kembali ke Gay Lussac tower menggunakan Nitrogen oksida dari lead chamber, membentuk NV yang mengandung 1-2,5% NO_3 dialirkan ke bagian atas glove tower. Hasil yang keluar didinginkan dengan cooler dan didapat produk asam sulfat dengan konsentrasi 65% - 80% (Edward M. Jones.1950).



Gambar 2.1. Flow Diagram Chamber Process

B. Proses Contact

Peralatan pada Contact Process menggunakan Drying Tower, Converter dan Absorber Tower. Sulfur cair bereaksi dengan oksigen dari Drying Tower menjadi gas SO_2 , kemudian gas SO_2 masuk ke Converter dan

mengalami oksidasi menghasilkan gas SO_3 . Gas SO_3 masuk ke Absorber tower dan bereaksi dengan air membentuk asam sulfat. Pada Contact Proses, produk asam sulfat yang dihasilkan mempunyai konsentrasi yang lebih tinggi, yaitu asam sulfat dengan konsentrasi 98% (Goodhead T.o, A. M. 2014)..

Pada Contact Process terdapat 2 macam cara :

- a. Single Contact Absorber
- b. Double Contact Absorber

Prinsip kedua proses di atas melalui kontak menggunakan 1 atau 2 absorber. Gas sulfur trioksida yang keluar dari converter, langsung didinginkan di economizer, kemudian dilewatkan absorber dan hasil luarannya diperoleh produk asam sulfat dengan kadar sebesar 98% - 99,5%.

a. Single Contact Absorber

Pada proses ini hanya menggunakan sebuah absorber, dimana gas sulfur trioksida yang keluar dari converter, langsung didinginkan di economizer, lalu dilewatkan ke absorber hingga produk asam sulfat dikeluarkan.

b. Double Contact Absorber

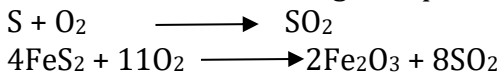
Adalah proses kontak dengan menggunakan dua buah absorber. Gas sulfur trioksida yang keluar dari converter stage didinginkan di economizer, kemudian dilewatkan absorber I dan gas dikembalikan ke converter stage berikutnya-akhir. Keluar dari converter stage akhir, gas masuk ke economizer selanjutnya dilewatkan absorber II dan akhirnya diperoleh produk asam sulfat.

Reaksi dan uraian proses :

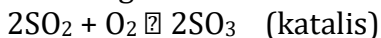
Proses contact merupakan proses modern dalam pembuatan asam sulfat yang sebagian besar digunakan

dalam industry produksi asam sulfat hingga saat ini. Seperti halnya pada proses chamber, dasar proses contact **secara umum** untuk memproduksi asam sulfat dibagi 4 tahapan pokok, yaitu :

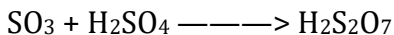
- a. Produksi SO₂, seperti halnya pada proses chamber dimana sebelumnya belerang dioksida didapatkan dengan membakar bubuk belerang atau pirit besi.



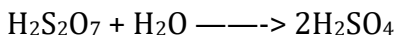
- b. Konversi SO₂ menjadi SO₃, belerang dioksida, SO₂ dioksidasi menjadi belerang trioksida, SO₃ dengan adanya asbes atau vanadium pentoksida (V₂O₅) pada suhu 450°C . Reaksi yang terjadi bersifat eksotermik, reversibel, eksotermik disertai adanya penurunan volume. Menurut prinsip **Le-Chatelier**, untuk memperoleh hasil SO₃ yang maksimum maka selama proses berlangsung kondisi operasi dipertahankan dalam keadaan sebagai berikut: suhu rendah dan optimal pada 450-500°C serta tekanan tinggi sebesar 2 atm, menggunakan katalis Platinized asbes atau V₂O₅ untuk meningkatkan laju reaksi, pentingnya kebutuhan akan kemurnian dan kering gas (SO₂ dan O₂) dan penggunaan oksigen berlebih.

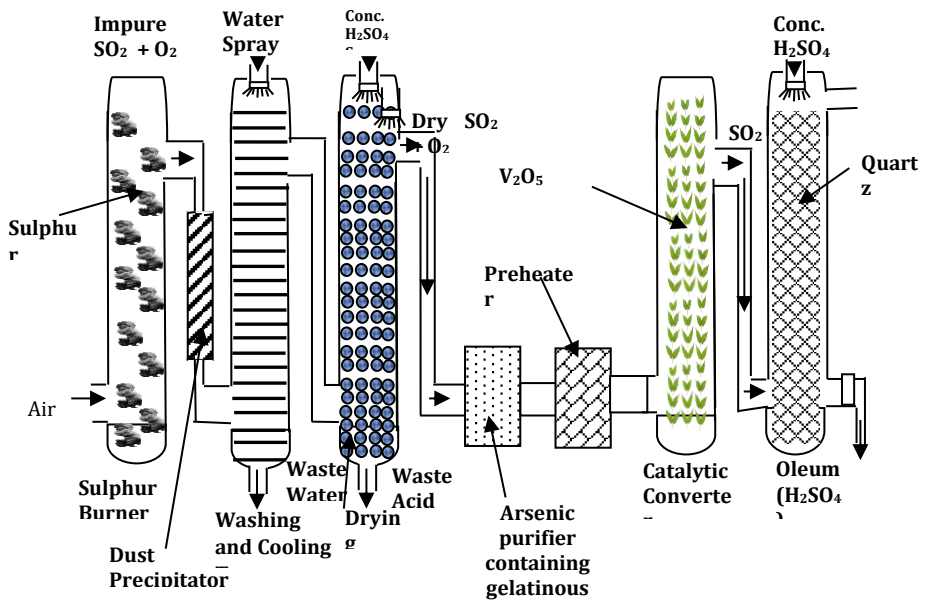


- c. Konversi SO₃ menjadi H₂S₂O₇ (asam pirosulfat atau oleum), belerang trioksida diserap dalam asam sulfat pekat.



- d. Konversi H₂S₂O₇ menjadi H₂SO₄, dengan mengencerkan asam pirosulfat atau oleum dengan air maka dapat diperoleh asam sulfat dengan konsentrasi yang diinginkan.





Gambar 2.2. Flow Diagram Contact Process

Pada proses contact di atas campuran SO_2 kering dan murni serta udara yang dilewatkan di atas dengan dipanaskan dalam ruang kontak katalis asbes platin atau V_2O_5 . Melalui oksigen udara, akan terjadi perubahan antara SO_2 menjadi SO_3 . Selanjutnya untuk mendapatkan $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ (oleum), maka SO_3 yang terbentuk dilarutkan dalam H_2SO_4 pekat. Kemudian untuk memperoleh asam sulfat dengan konsentrasi yang diinginkan $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ diencerkan dengan air.

Berdasarkan uraian tentang proses chamber dan proses contact dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan dan perbandingan utama terhadap kedua proses tersebut, yaitu pada unsur konversi, biaya produksi, proses, katalis yang digunakan dan kualitas produk yang dihasilkan. Adapun indikator unsur-unsur tersebut sebagai berikut :

- Hasil konversi proses kontak diperoleh sebesar 98-99,5% sedangkan pada proses chamber hanya sebesar

65% - 80%.

- b. Pada biaya produksi, untuk proses kontak membutuhkan biaya produksi yang lebih rendah berkaitan dengan penggunaan alat dan bahan, sedangkan pada proses chamber relatif lebih tinggi sehingga dari sisi ekonomis penggunaan proses kontak lebih ekonomis dibandingkan proses chamber.
- c. Dari proses produksi yang terjadi, pada proses kontak bersifat kontinyu dimana, setiap satu kali proses dapat terus meningkatkan konsentrasi asam sedangkan pada proses chamber kondisi operasi yang sama (eksoterm) dengan tingkat konsentrasi asam yang lebih rendah.
- d. Pada proses kontak katalis yang digunakan adalah Vanadium Pentaoksida (V_2O_5) sedangkan pada proses chamber yang digunakan adalah Nitrogen Oxides (NO).
- e. Kualitas produk pada proses kontak lebih pekat dibandingkan dengan produk yang dihasilkan melalui proses chamber yang kepekataannya kurang.

Sedangkan khusus untuk perbandingan proses Contact yang menggunakan Double Contact Absorber dibandingkan dengan Single Contact Absorber dan proses Chamber dapat diketahui memiliki kelebihan-kelebihan dengan indikator sebagai berikut :

- a. Hasil konversi untuk produk SO_3 adalah lebih besar dibandingkan proses Chamber maupun Single Contact Absorber.
- b. Pada penyerapan gas SO_3 tingkat gas yang terserap atau terabsorpsi adalah lebih besar dibandingkan pada proses Chamber maupun proses Single Contact Absorber.
- c. Untuk kualitas produk asam sulfat yang dihasilkan diketahui bahwa pada Double Contact Absorber, asam sulfat lebih pekat dibandingkan pada konsentrasi asam sulfat untuk proses Chamber dan proses Single Contact Absorber.
- d. Proses dengan Double Contact Absorber menghasilkan

jumlah asam sulfat lebih banyak dibandingkan asam sulfat yang dihasilkan melalui proses Chamber maupun proses Single Contact Absorber.

DAFTAR PUSTAKA

- Austin, G. T. (1984). *Shreve's Chemical Process Industries*. Caledonia: University Graphics Inc.
- B. G. (1996). *Fundamentals of Sulfur Recovery by the Claus Process*. Texas: Air Product Company.
- Edward M. Jones. (1950). *Chamber Process Manufacture of Sulfuric Acid*. 42.
- Goodhead T.o, A. M. (2014). *Design of Isothermal Plug Flow Reactor Adsorption Tower for Sulphur Trioxide Hydration using Vanadium Catalst*. *International Jurnal of Innovative Science and Modern Engineering*, 9-16.
- Hakim, M. (2018). *Pra desain pabrik asam sulfat dari belerang dengan proses double absorber.*, Jawa timur : Teknik Kimia.
- Lab, S. (2011). *Sulfuric Acid MSDS*. Texas: International sales.
- Moats, M. (2006). *Sulfuric Acid Manufacture*. Poland: British Library .
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1999). *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 7th edition. McGraw Hill Book Company. Singapore.
- Popa, N. V. (2004). *Modified Claus Process Applied to Natural Gas For Sulfur Recovery*. -, 1024-1029.

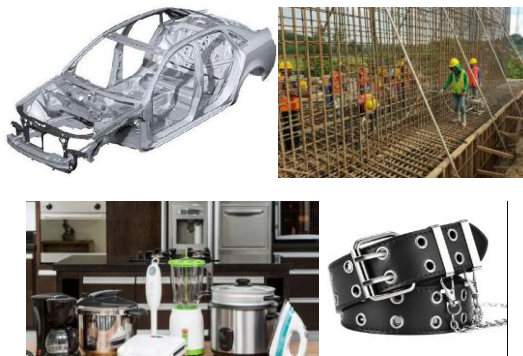
BAB 3

INDUSTRI BESI BAJA

Oleh Safa'ah Nurfa'izin

3.1 Pendahuluan

Industri besi baja merupakan salah satu industri yang memegang peran penting dalam kemajuan teknologi dan motor penggerak pembangunan suatu negara. Penggunaan besi baja sudah menjadi kebutuhan yang tidak tergantikan oleh barang lain dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Besi baja dapat dipergunakan dalam semua segmen kehidupan masyarakat seperti: mesin dan body kendaraan, konstruksi bangunan, alat elektronik, furniture bahkan sampai fashion juga mungggungkan produk besi baja (Cahyani, 2014).



Gambar 3.1. Penggunaan Produk Besi Baja Pada Kehidupan Masyarakat

(Sumber: a. Kompas Otomotif b. Intakindo c. berita.99.co d. id.aliexpress.com)

Besi adalah produk logam yang terbuat dari biji besi (pasir besi tambang) yang sangat banyak dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Sesuai tabel periodik unsur besi mempunyai simbol Fe dengan nomer atom 26. Selain itu, dari segi ekonomi besi juga memiliki nilai jual tinggi.

Baja adalah logam paduan yang susun unsur dasarnya berupa besi dan karbon sebagai unsur paduannya. Konsentrasi karbon dalam paduan besi baja antara 0,2% - 2,1% sesuai jenisnya. Peran karbon dalam paduan besi baja untuk mencegah dislokasi pergeseran kisi kristal (*crystal lattice*) pada atom besi sehingga menghasilkan paduan besi yang keras. Selain karbon yang paling umum digunakan dalam paduan besi baja, ada pula unsur paduan lainnya yang ditambahkan seperti: mangan (*Manganese*), Krom (*Chromium*), Vanadium, dan Tungsten (Arifin *et al.*, 2017).

Dalam kehidupan sehari-hari baja karbon (*carbon steel*) adalah produk logam paduan yang paling banyak kita temui. Baja karbon merupakan logam paduan besi karbon yang mana konsentrasi karbon yang ditambahkan menjadi faktor penentu dari karakteristik logam yang dihasilkan. Menurut Amanto (1999) produk baja karbon dapat diklasifikasikan sesuai dengan konsentrasi karbon yang ditambahkan, yaitu baja karbon rendah atau baja ringan (*low alloy steel*) atau baja perkakas, baja karbon jenis ini tidak keras karena konsentrasi karbon cukup rendah kurang dari 0,3%. Kemudian baja karbon sedang (*medium alloy steel*) dengan konsentrasi karbon antara 0,3 – 0,6% yang akan menghasilkan produk logam keras dan memungkinkan logam baja untuk dikeraskan sebagian melalui proses pengerjaan panas (*heat treatment*). Dan yang terakhir adalah baja karbon tinggi (*high alloy steel*) dengan konsentrasi karbon antara 0,6 – 1,5% yang dibuat melalui proses gilingan panas.

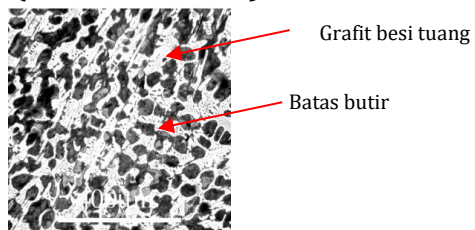
3.2 Logam Besi dan Paduan

Besi dan baja memiliki unsur penyusun sama yaitu ferro (*Fe*), dan yang menjadi pembeda adalah kandungan karbon (*C*) yang ditambahkan kedalam paduan besi tersebut. Secara umum semakin tinggi konsentrasi karbon yang ditambahkan akan meningkatkan kekerasan dan kekuatan logam yang dihasilkan akan tetapi konsentrasi karbon tinggi pada paduan logam menyebabkan penurunan tingkat keliatan dan getas (Sailon, 2014).

3.2.1 Besi Tuang (*Cast Iron*)

Besi tuang atau (*Cast Iron*) adalah logam paduan besi dengan konsentrasi karbon antara 2,5% - 4%. Tingginya konsentasi karbon dalam besi tuang akan menurunkan kemampuan sambungan las (*welding*). Karbon yang biasa ditambahkan dalam besi tuang berupa sementit (Fe_3C) atau sering disebut dengan karbon bebas (grafit). Perlu dipahami lebih lanjut bahwa kandungan fosfor dan sulfur dari logam besi tuang lebih tinggi dibandingkan baja. Ada beberapa jenis logam besi tuang yaitu :

1. Besi Tuang Putih (*White Cast Iron*)



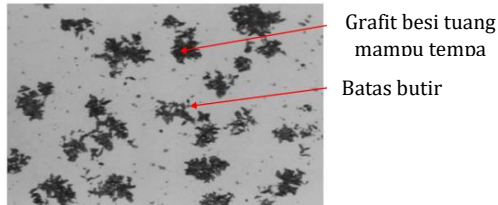
Gambar 3.2. struktur besi tuang putih

(sumber : <http://toko.beyond-steel.com>)

Besi tuang putih memiliki karakteristik logam yang keras dan getas yang dikarenakan konsentrasi karbon dalam paduan tinggi dan hanya berupa karbon sementit.

Warna putih dihasilkan besi tuang putih dari karbida dalam mikrostrukturnya.

2. Besi Tuang Mampu Tempa (*Malleable cast Iron*)



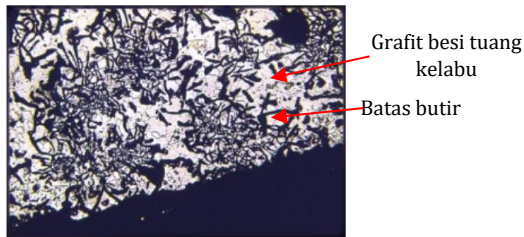
Grafit besi tuang
mampu tempa
Batas butir

Gambar 3.3 struktur besi tuang mampu tempa

(sumber : <http://toko.beyond-steel.com>)

Besi tuang mampu tempa merupakan modifikasi dari besi tuang putih dengan perlakuan *heat treatment* yang bertujuan untuk mengurangi gumpalan karbon sementit (Fe_3C) sehingga terurai menjadi *Ferrite*, *Pearlite* dan *Martensite* yang memiliki karakteristik menyerupai besi baja.

3. Besi Tuang Kelabu (*Grey Cast Iron*)



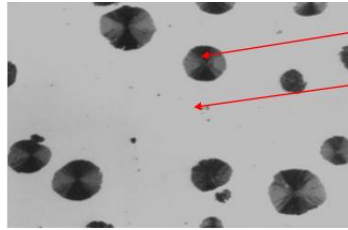
Grafit besi tuang
kelabu
Batas butir

Gambar 3.4 struktur besi tuang kelabu

(sumber : <http://toko.beyond-steel.com>)

Besi tuang kelabu merupakan besi tuang yang paling banyak dijumpai hampir 70% produk besi tuang berupa besi tuang kelabu. Besi tuang jenis ini memiliki *graphite* yang berbentuk *Flake*. Besi tuang kelabu memiliki karakteristik tidak kuat tarik dan keuletan rendah.

4. Besi Tuang Nodular (*Nodular Cast Iron*)



Grafit besi tuang
nodular
Batas butir

Gambar 3.5 struktur besi tuang nodular

(sumber : <http://eprints.itn.ac.id/4614/3/BAB%20II.pdf>)

Besi tuang nodular adalah modifikasi dari besi tuang kelabu. Perbedaan logam paduan jenis ini dengan besi tuang kelabu terletak pada bentuk *graphit flake* dimana ujung-ujung *flake* membentuk takikan yang mampu meningkatkan ketangguhan, keuletan dan kekuatan. Akan lebih baik lagi jika *graphit* tersebut berbentuk bola (*spheroid*) dengan cara menambahkan *iculating agent*, seperti Magnesium atau kalsium silika. Besi tuang noduler dikategorikan *ductile cast iron* karena sifat keuletannya yang tinggi.

3.2.2 Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Baja paduan merupakan jenis logam paduan yang memiliki komposisi unsur-unsur penyusunnya secara khusus. Baja paduan menjadi jenis logam yang paling banyak digunakan dalam kehidupan. Beberapa unsur yang sering digunakan dalam menciptakan baja paduan yaitu : Cr, Mn, Si, Ni, Ti, Al, C, Nb dan Zr (Afif, 2017).

Tujuan dari penambahan unsur-unsur khusus kedalam baja paduan adalah :

- a. Untuk meningkatkan sifat Mekanik baja (kekerasan, keliatan, kekuatan dst.)
- b. Untuk meningkatkan sifat mekanik pada suhu rendah

- c. Untuk meningkatkan ketahanan terhadap reaksi kimia
- d. Untuk memenuhi kebutuhan khusus

Klasifikasi baja paduan dibagi menjadi 3 yaitu :

1) Komposisi

Berdasarkan komposisinya baja paduan dibedakan menjadi 2 golongan yaitu :

- a) Baja Tiga Komponen
Baja tiga komponen tersusun dari unsur Fe dan C serta ditambah satu unsur pemuatan lainnya.
- b) Baja Empat Komponen
Baja empat komponen tersusun dari Fe dan C serta ditambah dua unsur pemuatan atau lebih. Sebagai contoh : baja paduan kelas tinggi dengan konsentrasi 0,35% C, 3% Ni, 1% Cr dan 1% Mo.

2) Struktur

Berdasarkan strukturnya baja paduan dibagi menjadi 5 kelompok yaitu :

- a) Baja Pearlite (unsur paduan max 5%)
- b) Baja Martensit (unsur paduan lebih dari 5%)
- c) Baja Austenit (unsur paduan berupa Ni, Co dan Mn berkisar 10-30%)
- d) Baja Ferrit (Unsur paduannya berupa Cr, W dan Si)
- e) Baja Karbid (Unsur paduannya berupa Cr, W, Mn, Ti dan Zr)

3) Penggunaan

- a) Baja Kontruksi
- b) Baja perkakas

c) Baja dengan kebutuhan khusus

3.2.3 Paduan Potong

Baja paduan potong sering digunakan pada peralatan yang beroperasi pada suhu tinggi antara 1000 – 1100°C. Baja jenis ini diproduksi melalui dua metode yaitu :

1. Casting Cutting Alloy (*Stelites*)

Metode ini menambahkan sejumlah besar *cobalt* dan *wolfarm* untuk meningkatkan kekerasan secara signifikan.

2. Cemented Carbides

Metode ini memadukan antara *powder wolfarm* dan *titanium carbides* serta *cobalt* yang disatukan melalui proses metalurgi.

3.2.4 Baja Karbon (*Carbon Steel*)

Menurut total konsentrasi karbon yang ditambahkan, baja karbon dapat dikelompokkan menjadi 3 golongan :

- 1) *Low alloy steel*, jika unsur paduannya $\leq 0,3 \%$
- 2) *Medium alloy steel*, jika unsur paduannya 0,3 – 0,6 %
- 3) *High alloy steel*, jika unsur paduannya 0,5-1,5 %

3.2.5 *Stainless Steel*

Stainless steel merupakan logam paduan besi dengan kromium dengan konsentrasi minimal 12%. Komposisi ini mampu menghasilkan *protective layer* (lapisan tahan karat) yang merupakan hasil oksidasi oksigen dengan unsur kromium yang berlangsung secara spontan. Mekanisme kerja *protective layer* berbeda dengan metode *coating* pada baja yang hanya berada pada bagian luar saja (pelapis), sebagai contoh seng, cadmium atau cat.

Jenis *stainless steel* didasarkan pada konsentrasi kromium (Cr) yang ditambahkan kedalam campuran logam paduan untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas baja sesuai kegunaannya, berbeda halnya dengan jenis baja karbon yang dibedakan sesuai dengan konsentrasi karbon yang ditambahkan. *Stainless steel* dibedakan menjadi 5 golongan yaitu:

1) *Austenitic Stainless Steel*

Baja jenis *Austenitic Stainless Steel* sedikitnya memiliki konsentrasi kromium 16% dan nikel 6% untuk grade standar, sedangkan grade *Super Austenitic Stainless Steel* dengan kadar kromium dan nikel lebih tinggi serta unsur tambahan Mo sampai 6%, Molybdenum (Mo), Titanium (Ti) atau Copper (Co) berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap temperatur tinggi serta korosi.

2) *Ferritic Stainless Steel*

Baja jenis *Ferritic Stainless Steel* memiliki konsentrasi antara 10,5 - 18 % kromium. Keterbatasan kadar kromium menjadikan ketahanan terhadap korosi tidak begitu istimewa dan relatif lebih sulit di fabrikasi/*machining*.

3) *Martensitic Stainless Steel*

Baja jenis *Martensitic Stainless Steel* memiliki unsur utama Chrom lebih sedikit jika dibanding *Ferritic Stainless Steel* dan kadar kromium relatif tinggi sampai 16% tetapi mikrostrukturnya masih *martensitic* disebabkan hanya memiliki Nickel 2%.

4) *Duplex Stainless Steel*

Baja jenis *Duplex Stainless Steel* memiliki keunikan dalam penamaan, dimana dua angka pertama menyatakan konsentrasi kromium dan dua angka terakhir menyatakan konsentrasi nikel sepereti contoh stainless 2304 dan 2205. Stainless jenis ini memiliki

bentuk mikrostruktur gabungan antara *austenitic* dan *ferritic* begitu juga dengan karakteristik yang dimiliki baja tersebut merupakan gabungan *duplex ferritic-austenitic*. Kombinasi sifatnya yang tahan terhadap korosi dan temperatur relatif tinggi.

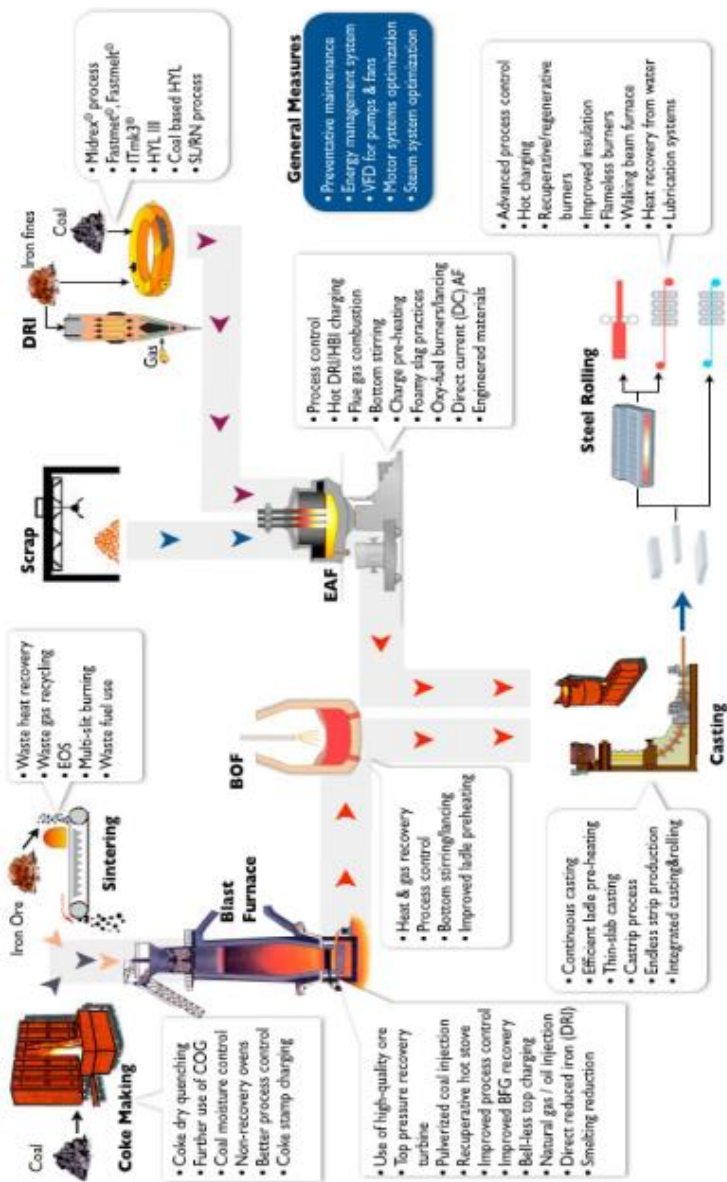
5) *Precipitation Hardening Steel*

Baja jenis *Precipitation hardening stainless steel* adalah baja paduan yang keras dan kuat hasil dari pembentukan metode presipitat (endapan) dalam struktur mikro logam. Struktur tersebut menghambat gerakan deformasi material Stainless Steel. Terjadinya proses presipitat disebabkan oleh penambahan unsur tembaga (Cu), Titanium (Ti), Niobium (Nb) dan alumunium (Samlawi dan Siswanto, 2016).

3.3 Proses Pembuatan Besi dan Baja

Proses produksi baja melibatkan banyak proses dan dapat dikombinasi tergantung dari jenis baja yang akan diproduksi, bahan baku yang tersedia, pasokan energi dan modal investasi. Secara umum proses produksi baja diklasifikasikan menjadi 3 jalur utama yaitu:

- 1) Jalur *Blast Furnace (BF)/Basic Oxygen Furnace (BOF)*
- 2) Jalur *Scrap/Electric Arc Furnace (EAF)*
- 3) Jalur *Direct Reduced Iron (DRI)/EAF*



Gambar 3.6 Alur proses produksi baja

(Sumber : Conveyor Operation and Maintenance Participant handbook)

URAIAN PROSES PEMBUATAN BAJA

1. Pembuatan Kokas

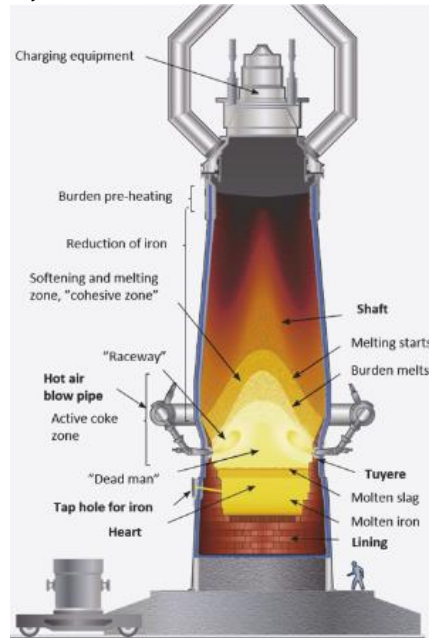
Kokas merupakan bahan bakar yang mengandung karbon dan porositas tinggi. Bahan ini memiliki karakteristik tahan terhadap kerusakan dan tingkat reaktifitas terhadap gas rendah, terutama CO₂. Bahan bakar kokas memegang peran penting dalam produksi besi dan baja dengan sistem terintegrasi menggunakan proses BF-BOF. Hal tersebut karena kokas memiliki banyak peran sebagai agen produksi, sumber energi termal dan memberikan dukungan secara fisik didalam tanur. Proses produksi kokas dihasilkan dengan cara memanaskan batu bara antara suhu 1000°C hingga 1200°C selama beberapa jam dengan tujuan untuk menghilangkan senyawa volatil (Samlawi dan Siswanto, 2016).

2. *Blast Furnace*

Blast Furnace pada umumnya berada ditempat yang paling dekat dengan *row material* seperti biji besi bahan bakar dan batu kapur. Tujuannya untuk meningkatkan efisiensi waktu dan kerja pada saat proses pengisian bahan mentah ke dalam *blast furnace*. Pada bagian dalam *blast furnace* terdapat batu tahan api dan pada bagian atas dilengkapi dengan alat *input row material* serta pada bagian bawah terdapat tempat pengumpul besi dan terak cair.

Proses peleburan biji besi dimanfaatkan untuk mengubah biji besi menjadi *pig iron* dengan cara reduksi kimia. Pada saat proses reduksi berlangsung dapat dilakukan kontrol kemurnian besi kasar cair dan unsur-unsur campuran yang tidak diperlukan dalam pembentukan pi *giron*. Hasil pemisahan campuran yang tidak diperlukan keluar dari proses *blasting*

sebagai terak. Besi keluaran dari *blast furnace* dilanjutkan pada proses pembuatan besi tuang, besi tempa dan baja.



Gambar 3.7 Proses *blasting* biji besi (Kemppainen, 2015)

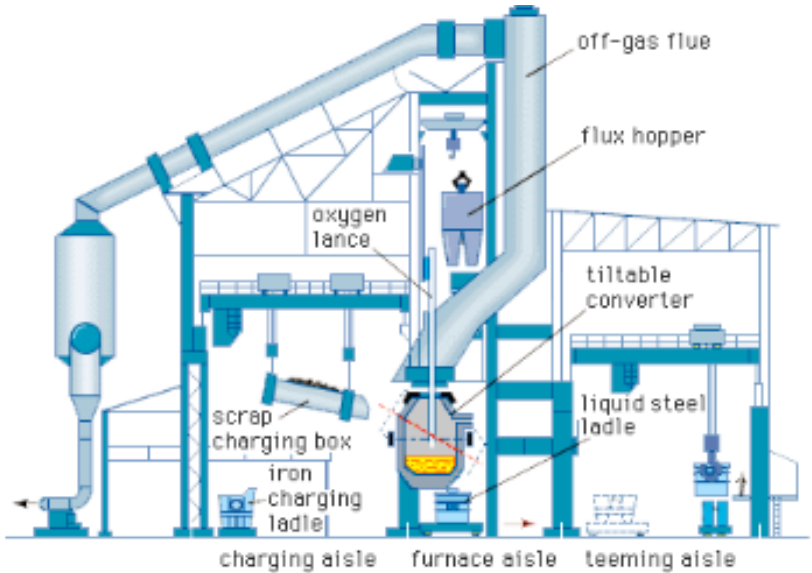
(Sumber : *Limiting Phenomena Related To The Use Of Iron Ore Pellets In A Blast Furnace*)

3. *Basic Oxygen Furnace*

Basic oxygen furnace (BOF) merupakan bagian penting dari proses produksi baja berupa bejana berbentuk menyerupai buah pir dimana *pig iron* dari *blast furnace* dan skrap besi disuling untuk menghasilkan baja dengan cara menyemburkan jet oksigen kemurnian tinggi melalui logam panas. Ciri khas dari BOF adalah :

- Kandungan karbon pada *pig iron* berkisar antara 4-5% dan dapat diturunkan hingga 1% tergantung spesifikasi produk.
- Pengotor yang tidak diinginkan dapat dihilangkan.

- c. Konsentrasi karbon yang diinginkan dapat diaplikasikan pada spesifikasi produk.
- d. Suhu *furnace* berkisar antara 1600-1650°C.



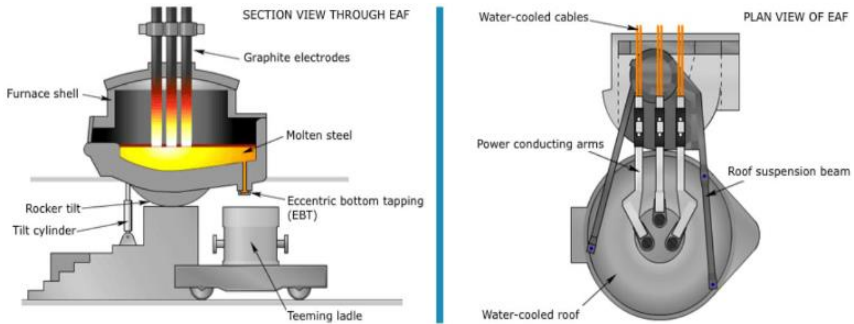
Gambar 3.8 Diagram proses BOF

(Sumber : Conveyor Operation and Maintenance Participant handbook)

4. *Electric Arc Furnace*

Electric Arc Furnace (EAFs) merupakan bagian utama dari proses produksi baja melalui jalur BF-BOF. Fungsi utama dari EAFs adalah untuk memproduksi baja karbon dan baja paduan dengan mendaur ulang skrap besi. Dalam skrap EAFs atau unit besi yang diproduksi seperti DRI, *pig iron*, *iron carbide* dilebur dan diubah menjadi jenis baja karbon atau baja paduan berkualitas tinggi dengan menggunakan busur listrik berdaya tinggi yang dibentuk antar katoda, satu katoda untuk arus DC dan tiga anoda untuk arus AC .

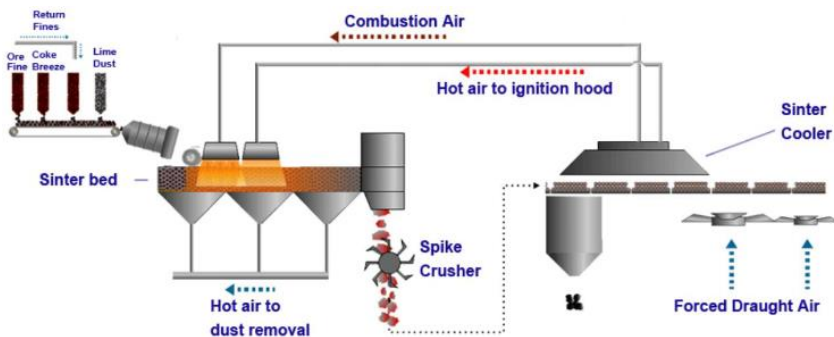
Fungsi utama dari EAFs adalah merubah bahan baku padat menjadi baja mentah cair secepat mungkin, kemudian disempurnakan lebih lanjut dalam proses pembuatan baja sekunder berikutnya.



Gambar 3.9 Proses pelelehan baja pada EAFs
 (Sumber : Conveyor Operation and Maintenance Participant handbook)

5. Pabrik Sinter

Tujuan utama dari pabrik sinter adalah menyediakan bahan mentah berupa pasir halus menjadi biji besi berbutir kasar dan siap diisikan kedalam *blast furnace*. Sintering partikel halus menjadi klinker berpori sangat diperlukan untuk meningkatkan permeabilitas beban, mempermudah proses reduksi. Sinter berkualitas tinggi memiliki *reducability* tinggi sehingga mengurangi intensitas operasi pada *furnace* dan kebutuhan kokas.

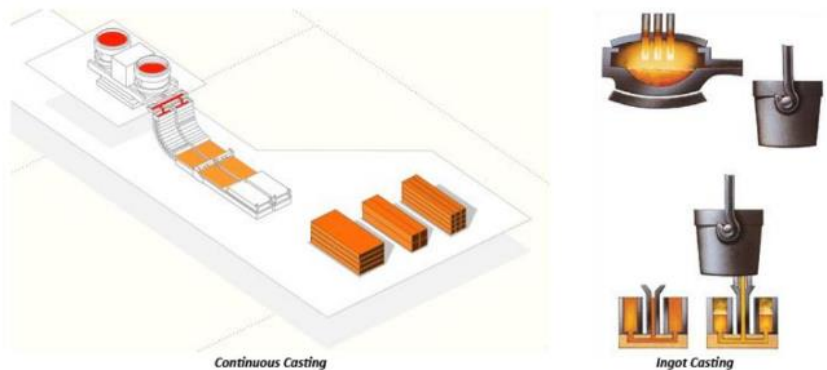


Gambar 3.10 Proses sintering biji besi
 (Sumber : Conveyor Operation and Maintenance Participant handbook)

6. Finishing

a) Pengecoran

Pengecoran merupakan tahap akhir proses produksi baja dimana logam panas dengan sifat yang tetap diubah menjadi produk setengah jadi yang dapat dipasarkan. Pengecoran dapat dilakukan sebagai proses *batch* (produk ingot) atau *continue* (produk lembaran atau billet).

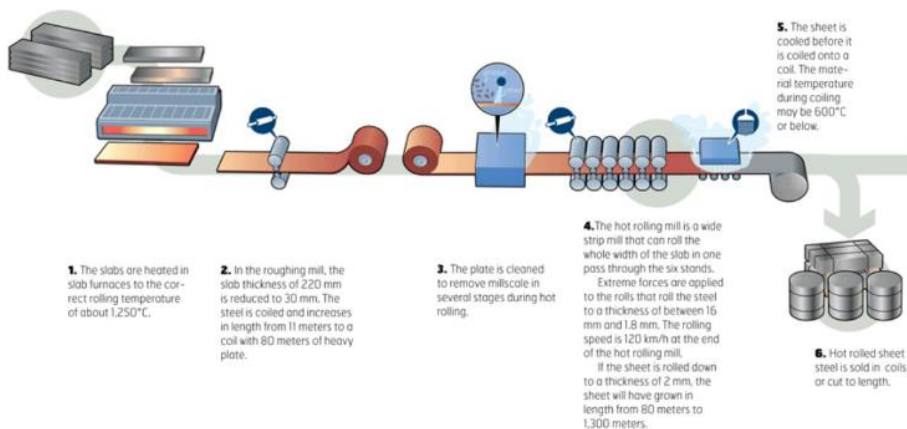


Gambar 3.11 Proses finishing

(Sumber : Conveyor Operation and Maintenance Participant handbook)

b) Rolling

Di *rolling mills*, produk baja antara diberi bentuk dan dimensi akhir dalam serangkaian operasi pembentukan dan penyelesaian. Sebagian besar pelat dipanaskan dalam tungku pemanas ulang dan digulung menjadi bentuk akhir di pabrik penggilingan panas atau dingin atau finishing.



Gambar 3.12 Proses rolling (Eskillindia, 2021)

(Sumber : Conveyor Operation and Maintenance Participant handbook)

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, F.A. (2017), *PENGARUH PROSES NORMALIZING TERHADAP KEKERAN DAN STRUKTUR.pdf*, Tugas Akhir.
- Amanto, D. (1999), “Ilmu Bahan”, Bumi Aksara, Jakarta.
- Arifin, J., Purwanto, H. dan Syafa’at, I. (2017), “PENGARUH JENIS ELEKTRODA TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN.pdf”, *Momentum*, Vol. 13 No. 1, hal. 27–31.
- Cahyani, C.A. (2014), “ANALISIS DAYA SAING INDUSTRI BESI BAJA DALAM RANGKA MENGHADAPI ACFTA”, *Economic Development Analysis Journal (EDAJ)*, *Economic Development Analysis Journal (EDAJ)*, Semarang, Indonesia, Vol. 3 No. 2, hal. 337–344.
- Eskillindia. (2021), *Conveyor Operation and Maintenance Participant handbook*.
- Kemppainen, A. (2015), *Limiting phenomena related to the use of iron ore pellets in a blast furnace*.
- Sailon, S.R. (2014), “Analisis Perubahan Kekerasan Dan Struktur Mikro Hasil Perlakuan Panas Produk Pandai Besi Dengan Menggunakan Media Pendingin Batang Pisang”, *Junral Austenit*, Vol. 6, hal. 45–62.
- Samlawi, A.K. dan Siswanto, R. (2016), “Diktat Bahan Kuliah Material Teknik”, *Universitas Lambung Mangkurat*, hal. 3, 8, 56–59.

BAB 4

MINYAK BUMI

Oleh Gregorio Antonny Bani

4.1 Pendahuluan

Minyak bumi merupakan sumber daya alam dengan cadangan yang terbatas, dimana proses pembentukannya memerlukan waktu yang sangat lama hingga berjuta-juta tahun. Oleh karena itu, minyak bumi disebut juga sebagai sumber daya alam tak terbarukan (Akhmad, 2006).

Keberadaan minyak bumi memberikan kemajuan yang pesat kepada perkembangan kehidupan umat manusia karena digunakan menjadi salah satu sumber energi utama dalam menyokong peradaban manusia di bidang industri, transportasi, rumah tangga, dan kegiatan sosial ekonomi lainnya hingga saat ini (Purwatiningsih & Masykur, 2012).

Keberadaan minyak bumi di alam, terbentuk melalui beberapa tahapan proses yang dimulai dari penguraian jasad renik laut oleh mikroba pengurai, dimana kandungan karbohidrat dan protein dalam jasad renik tersebut akan larut dalam lingkungan penguraiannya. Setelah itu, akan terbentuk karbon dioksida yang kemudian menghasilkan residu bitumen akibat tekanan dan suhu yang tinggi. Zat-zat tersebut berasal dari gugus karboksil yang juga berasal dari sisa penguraian jasad renik dengan kandungan lemak dan bahan lain (rosin, kolesterol, dll) yang tidak larut dan terbawa oleh aliran air dan udara. Selanjutnya akan terbentuk cairan dengan kandungan olefin yang tinggi (protopetroleum). Hal tersebut terjadi karena pengaruh

suhu dan tekanan tinggi yang mengakibatkan terjadinya proses rengkahan, dimana cairan tersebut juga akan bereaksi dan membentuk rantai ikatan polimer panjang berupa senyawa hidrokarbon yang mengandung nafta dan parafin (Roni, 2019).

BAB ini akan menguraikan mengenai minyak bumi agar dapat dijadikan sumber informasi bagi pembaca yang membutuhkan sumber informasi mengenai minyak bumi.

4.2 Komposisi Minyak Bumi

Komposisi minyak bumi ditampilkan pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Komposisi Minyak Bumi.

Senyawa	Persentase (%)	Kandungan
Hidrokarbon	90 – 99	Alkana, sikloalkana dan alkana aromatis
Senyawa sulfur	0,7 – 7	Tio alkana, alkanatiol
Senyawa nitrogen	0,01 – 0,9	Pirol
Senyawa oksigen	0,01 – 0,4	Asam karboksilat
Organo logam	>0,01	Nikel, tembaga, besi

Sumber: (Nur, 2019)

Hidrokarbon yang terbentuk dalam perut bumi dikenal sebagai minyak bumi. Minyak bumi tersebut masih bersifat sebagai minyak mentah, karena masih tercampur dengan berbagai macam campuran hidrokarbon dengan jenis senyawa penyusun utamanya antara lain adalah alkana, sikloalkana, hidrokarbon aromatik dan senyawa kompleks, seperti aspaltena (Bakhri, 2021). Minyak bumi yang ditemukan biasanya mengandung 5 – 40 atom karbon per

molekul pembentuknya, meskipun terkadang ditemukan juga yang memiliki kandungan dengan jumlah atom karbon yang lebih sedikit/ lebih banyak dalam molekul pembentuknya. Minyak bumi yang ditemukan juga biasanya mengandung pengotor seperti sulfur, oksigen, nitrogen, dan juga senyawa-senyawa organo logam berupa nikel, besi, dan tembaga (Nur, 2019).

4.3 Pengolahan Minyak Bumi

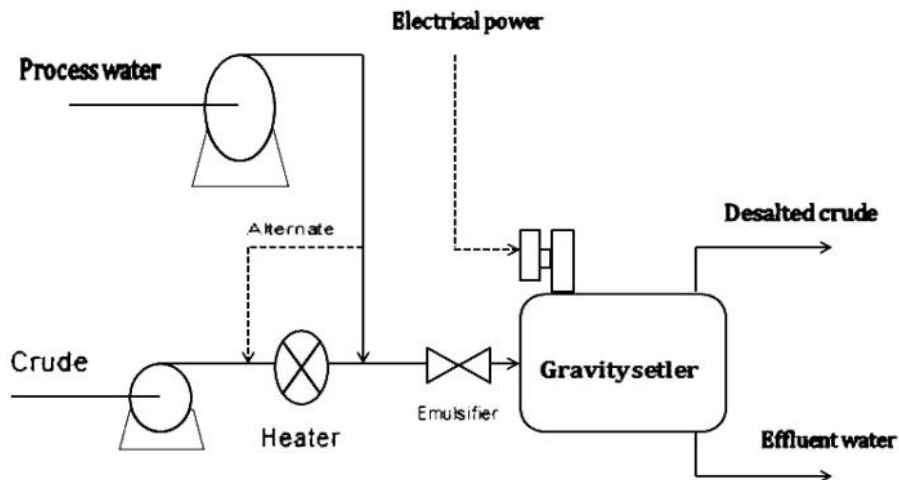
Campuran hidrokarbon yang terkandung dalam minyak bumi sangat kompleks, sehingga minyak bumi harus diproses melalui beberapa tahapan dalam sebuah proses yang disebut pengilangan (*refinery process*). Proses tersebut bertujuan untuk memisahkan minyak bumi dengan cara memecahkan rantai polimer panjangnya menjadi beberapa fraksi, sehingga minyak dengan kualitas ekonomis yang lebih baik bisa didapatkan sebagaimana yang beredar di pasaran saat ini. Secara garis besar, proses pengolahan minyak bumi di kilang minyak merupakan serangkaian proses dengan beberapa perlakuan kimia fisika yang menghasilkan tiga produk utama, yakni gas, gasolin dan nafta (Wiyantoko, 2016).

Proses-proses yang terjadi di kilang minyak untuk mengolah minyak mentah (*crude oil*), antara lain:

4.3.1 Desalting dan Dewatering

Proses awal minyak bumi dimulai dengan pembersihan unsur pengotor yang terkandung di dalam minyak bumi. Proses ini dimulai dengan menghilangkan air dan komponen-komponen air laut yang bercampur dengan minyak mentah dan biasa disebut sebagai *desalting* dan *dewatering* (Wiyantoko, 2016).

Berbagai tahapan proses dewatering atau desalting minyak bumi dapat dilihat pada alur proses yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut ini.

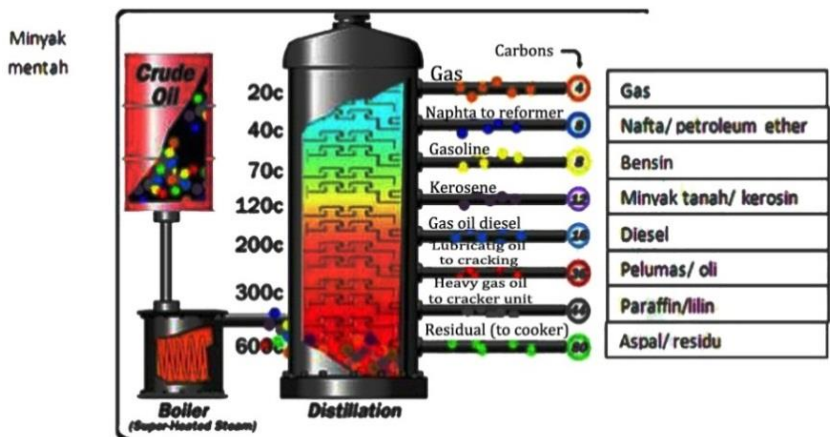


Gambar 4.1. Unit Desalting.

Sumber: (Wiyantoko, 2016)

4.3.2 Destilasi

Destilasi merupakan proses utama dalam memisahkan komposisi minyak bumi. Prinsip kerja alat destilasi adalah dengan memanaskan minyak bumi mentah untuk menguap, dimana perbedaan titik didih dari komponen penyusun minyak bumi akan mengembun kembali dalam bentuk yang sudah berbeda-beda dari komponen asal minyak bumi tersebut. Seiring dengan peningkatan permintaan produk yang tinggi dari waktu ke waktu, maka proses destilasi sederhana kemudian dikembangkan menjadi metode *continuous destillation*. Prinsip utama dari metode ini adalah dengan mengalirkan destilat secara terus menerus agar terjadi kesetimbangan antara uap, aliran dan destilator agar menghasilkan produk yang memiliki tingkat kemurnian tinggi (Wiyantoko, 2016).



Gambar 4.2. Unit Destilasi.

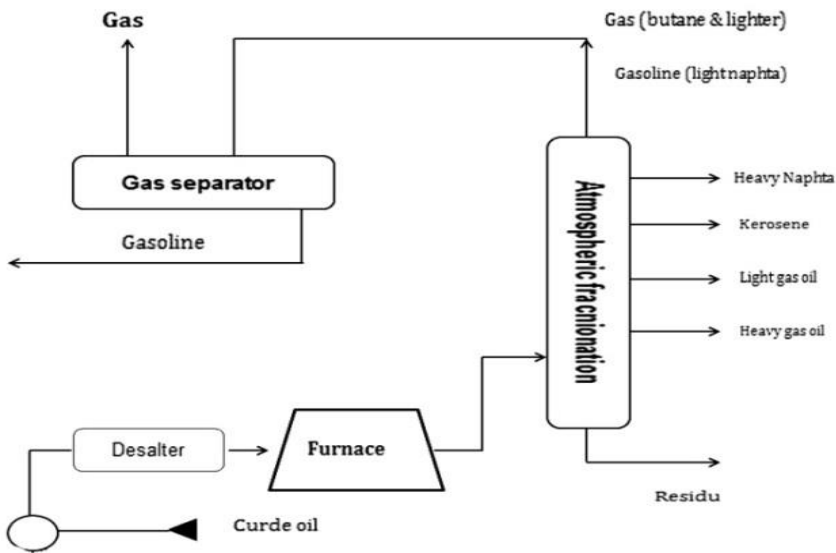
Sumber: (Bakhri, 2021)

Selain menggunakan perlakuan temperatur biasa, proses destilasi juga dapat dilakukan dengan penurunan tekanan yang diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Destilasi Atmosferik

Bahan yang akan diproses dialirkan ke dalam pemanas dengan sistem destilasi berkelanjutan menggunakan perlakuan suhu tertentu pada tekanan atmosfer untuk membentuk minyak fraksi berat atau residu aspal (Wiyantoko, 2016).

Pemisahan produk dilakukan dalam sebuah tower silinder baja yang disebut sebagai *atmospheric fractionation*, guna memisahkan dan mengumpulkan destilat sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut ini.



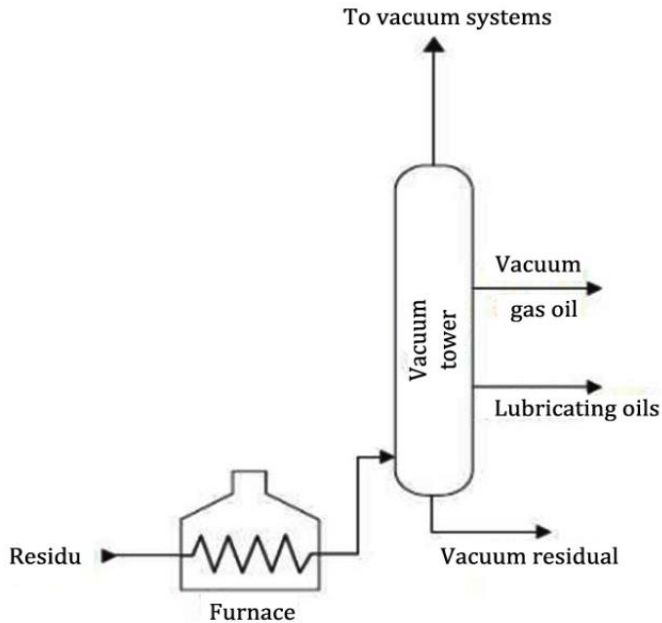
Gambar 4.3 Unit Destilasi Atmosfer.

Sumber: (Wiyantoko, 2016)

2. Destilasi Vakum

Penggunaan proses ini dilakukan untuk memisahkan fraksi berat dari minyak bumi mentah, yang dimana pemisahannya dapat dilakukan tanpa harus melalui kondisi perengkahan yang membutuhkan perlakuan tekanan dan temperatur tinggi (Wiyantoko, 2016).

Proses destilasi ini juga dilakukan dalam sebuah tower silinder vakum, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Unit Destilasi Vakum.

Sumber: (Wiyantoko, 2016)

3. Destilasi Azeotrop dan Destilasi Ekstraktif

Perbedaan titik didih dalam suatu campuran menyebabkan satu atau lebih komponen mendidih terlebih dahulu dari komponen lainnya. Hal tersebut terjadi karena adanya perbedaan titik didih yang jauh antar komponen, sehingga campuran tersebut disebut azeotrop. Proses ini dilakukan dengan menambahkan suatu bahan lain yang disebut sebagai entrainer, yakni komponen yang dapat membentuk campuran utama yang kompleks menjadi campuran lain yang lebih sederhana. Entrainer digunakan karena dianggap murah, stabil, tidak beracun, dan kapan pun mudah untuk dipisahkan kembali dari komponen (Wiyantoko, 2016).

4.3.3 Perengkahan (*cracking*)

Proses perengkahan dilakukan untuk memecahkan campuran utama hidrokarbon agar bisa memperoleh minyak yang memiliki titik didih rendah dari bahan non volatile, seperti kerosin dan sejenisnya. Pemisahan tersebut dilakukan dengan dua cara utama, yakni dengan menggunakan perlakuan panas dan penggunaan katalis atau biasa disebut juga sebagai perengkahan termal dan perengkahan katalitik. Kedua jenis perengkahan ini memiliki perbedaan pada setiap alur prosesnya, terutama pada kebutuhan energi dan selektifitas produk.

1. Perengkahan Termal (*thermal cracking*)

Perengkahan termal adalah metode pemecahan suatu senyawa polimer panjang yang kompleks dengan perlakuan panas dan tekanan tertentu agar bisa terdekomposisi dan membentuk senyawa-senyawa baru dengan rantai polimer yang lebih pendek dan sederhana. Secara sederhana proses ini merupakan pemecahan campuran senyawa hidrokarbon rantai panjang menjadi molekul hidrokarbon yang lebih kecil dan sederhana dengan melakukan pemutusan ikatan C-C homolitik. Perengkahan termal dari molekul parafin akan menghasilkan rantai dengan ukuran molekul yang lebih rendah dan umumnya masuk pada golongan parafin dan olefin.

$$\text{R-CH}_2=\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-R} \rightarrow \text{R-CH}=\text{CH}_2 + \text{CH}_3\text{-R} \text{ (Wiyantoko, 2016).}$$

Kelemahan utama dari perengkahan termal adalah kebutuhan energi yang sangat besar, namun selektifitas produknya masih dianggap sangat kecil karena proses tersebut hanya mampu memproduksi hampir 50% dari total bahan bakar dengan angka oktan 70, sedangkan inovasi teknologi dalam merancang mesin kendaraan yang semakin canggih memaksa untuk terjadi

peningkatkan angka oktan dari bahan bakar yang beredar di pasaran.

2. Perengkahan Katalitik (*catalytic cracking*)

Untuk mengatasi kekurangan perengkahan termal di atas, maka katalis merupakan solusi terbaik untuk digunakan dalam proses perengkahan karena dapat mengurangi kebutuhan energi, serta meningkatkan selektifitas produk dalam proses perengkahan itu sendiri. Reaksi yang terjadi selama proses perengkahan ini adalah keasaman permukaan katalis akan membentuk muatan elektrik yang bertujuan untuk mempercepat pemutusan ikatan kimia senyawa hidrokrabon yang kompleks untuk menjadi lebih sederhana, serta luas permukaan dan ukuran pori katalis akan membantu untuk meningkatkan selektifitas produk dari senyawa yang terbentuk dari pemutusan rantai ikatan hidrokarbon sebelumnya. Oleh karena itu, katalis yang sering digunakan dalam proses perengkahan ini adalah katalis heterogen berupa padatan yang memiliki luas permukaan dan ukuran pori yang besar, tingkat keasaman yang tinggi, serta memiliki ketahanan yang baik terhadap suhu panas, seperti zeolit, clay, silika alumina, aluminium oksida dan γ -alumina. (Wiyantoko, 2016).

4.3.4 Visbreaking (*viscosity breaking*)

Untuk kebutuhan spesifikasi bahan bakar, maka metode *visbreaking* perlu dilakukan agar viskositas dari residu olahan minyak bumi dapat disesuaikan untuk kebutuhan permintaan pasar. Pada prinsipnya, residu minyak bumi dipanaskan dalam furnace pada suhu 470 - 495 °C dengan tekanan luar 50 - 200 psi dan menghasilkan gasolin kualitas rendah dan tar (Wiyantoko, 2016).

4.3.5 Hydroprocessing

Untuk menghilangkan pembentukam coke dan meningkatkan jumlah hasil olahan minyak bobot rendah seperti gasolin, kerosin dan avtur, maka diperlukan gas H_2 selama dilakukan proses perengkahan. Proses tersebut sebagai hidrogenasi, dan dijabarkan sebagai berikut:

1. Hidrogenasi destruktif (hidrogenolisis/ *hydrocracking*).

Proses ini memanfaatkan tekanan hidrogen agar polimerisasi dan kondensasi produk yang dapat membentuk coke dapat diminalisir. Penggunaan tekanan dari gas hidrogen tersebut juga akan membantu dalam meningkatkan hasil produk berupa minyak dengan bobot rendah menjadi semakin banyak (Wiyantoko, 2016).

2. Hidrogenasi non destruktif (*hydrotreating*).

Proses ini biasanya dilakukan bersama-sama dengan penggunaan katalis Ni, Pd, Pt, Co, dan Fe. Keberadaan hidrogen bukan untuk membantu pemutusan rantai ikatan hidrokarbon, melainkan hanya untuk bereaksi dengan unsur pengotor berupa nitrogen, sulfur, dan oksigen, sehingga dapat menghilangkan amoniak, hidrogen sulfida, dan air yang terkandung dalam minyak mentah (Wiyantoko, 2016).

3. *Hydrothreating catalytic*

Proses ini merupakan hidrogenasi lunak yang juga bertujuan untuk menghilangkan pengotor dalam minyak bumi hidrokarbon, serta membantu untuk mengubah olefin dan senyawa aromatik lainnya untuk menjadi senyawa jenuh (Wiyantoko, 2016).

4.3.6 Reforming

Metode ini dilakukan untuk meningkatkan angka oktan setiap produk olahan minyak bumi agar mendekati titik didih gasolin. Pada umunya proses ini dilakukan untuk mengubah nafta dengan angka oktan rendah menjadi bahan

produk campuran dengan angka oktan tinggi (reformat) dengan menggunakan temperatur yang lebih tinggi dari proses sebelumnya. Kualitas dan kuantitas reformat sangat dipengaruhi oleh temperatur proses yang digunakan, dimana temperatur tinggi akan menurunkan kuantitas produknya (Wiyantoko, 2016).

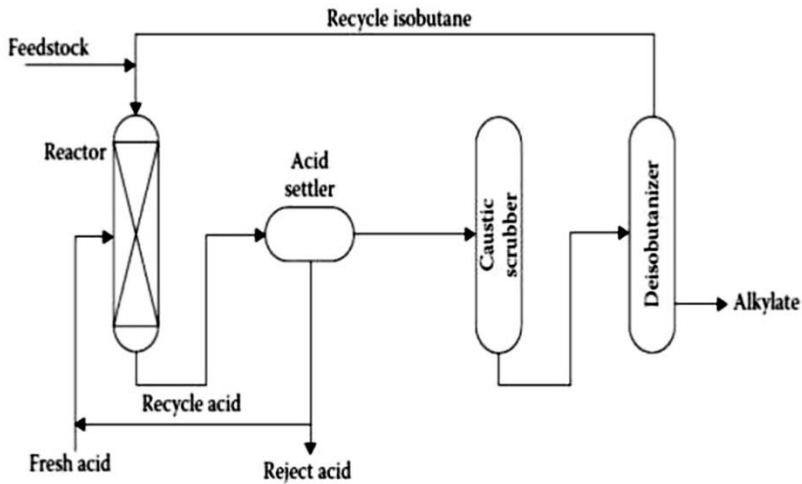
4.3.7 Isomerisasi

Proses ini bertujuan untuk menghambat reaksi samping seperti perengkahan (*cracking*) dan polimerisasi olefin. Prinsip dasar proses isomerisasi adalah kontak hidrokarbon dengan katalis di bawah tekanan, sehingga menghasilkan reaksi berada pada kesetimbangan (Wiyantoko, 2016).

4.3.8 Alkilasi

Alkilasi merupakan reaksi penambagan ikatan karbon agar dapat lebih panjang dan bercabang, sehingga memperoleh hasil olahan dengan kualitas yang lebih baik. Proses ini biasanya dilakukan dengan bantuan katalis seperti asam kuat karena dapat digunakan dalam temperatur rendah dan meminimalisir reaksi samping (Wati, Erwan, Azizah, & Jurdila, 2019).

Alkilasi merupakan salah satu cara untuk menaikkan angka oktan dai hasil olahan minyak bumi. Proses ini menggunakan kombinasi dari olefin dan parafin untuk menghasilkan iso parafin dengan bobot molekul besar. Proses ini juga sering digunakan untuk mengubah olefin menjadi isoparafin dengan angka oktan tinggi. atau HF (Wiyantoko, 2016).



Gambar 4.5. Proses Alkilasi dengan Asam Sulfat.

Sumber: (Wiyantoko, 2016)

Produk proses alkilasi disebut dengan alkilat. Alkilat tersusun atas campuran isoparafin dengan angka oktan yang berurutan, yaitu butilena > pentilena > propilena, dimana angka oktan alkilat >87 (Wiyantoko, 2016).

4.3.9 Polimerisasi

Proses ini dilakukan dengan menggunakan propilena dan butena dari proses perengkahan, agar dapat mengubah olefin (etilena, propilena, dan butilena) menjadi hasil olahan dengan angka oktan yang lebih tinggi (Wiyantoko, 2016).

Prinsip kerja proses polimerisasi adalah menggabungkan senyawa-senyawa kecil dalam hidrokarbon yang berkualitas rendah untuk diubah menjadi senyawa yang lebih besar dengan kualitas yang lebih baik dari sebelumnya (Wati, Erwan, Azizah, & Jurdila, 2019).

4.3.10 Hidrofining

Hasil olahan minyak bumi biasanya masih tidak stabil karena masih terdapat gas yang tidak diinginkan di dalamnya. Oleh karena itu, hasil olahan tersebut perlu distabilkan dengan reaksi hidrogenasi katalitik ringan. Prinsip kerjanya adalah hasil olahan minyak bumi dipanaskan kemudian dialiri gas hidrogen, agar gas yang terkandung dalam olahan minyak bumi dapat bereaksi dan berikatan dengan hidrogen, sehingga dapat terpisah dari hasil olahan minyak bumi tersebut. (Wiyantoko, 2016).

4.3.11 Proses *Finishing*

Proses *finishing* bertujuan untuk menghilangkan unsur pengotor yang masih tersisa dan terlarut dalam produk minyak bumi. Jenis proses *finishing* antara lain:

1. Penghilangan unsur pengotor oleifobik seperti air dan garam, serta gas yang terkandung dalam produk olahan minyak bumi (Bakhri, 2021);
2. Peningkatan keamanan dan kualitas penyimpanan produk;
3. Peningkatan kualitas dari kejernihan, angka oktan, viskositas sesuai permintaan pasar (Wiyantoko, 2016)

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, Fauzi. 2006. *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Jakarta. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Bakhri, Syamsul. 2021. *Minyak Bumi di Indonesia*. Makasar. Universitas Muslim Indonedia.
- Nur, Aisyah. 2019. *Minyak Bumi dan Petrokimia*. Jakarta. Direktorat Pembina Sekolah Menengah Atas.
- Purwatiningsih, Annisa., Masykur. 2012. Eksplorasi dan Eksploasi Pertambangan Minyak dan Gas Bumi di Laut Natuna Bagian Utara Laut Yuridiksi Nasional untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat di Kepulauan Natuna. *Jurnal Reformasi. Volume 02*.
- Roni, Kiagus Ahmad. 2019. *Teknologi Minyak Bumi*. Palembang. Rafah Press.
- Wati, Andriati Fitria., Erwan, Elvina Yulistia., Azizah, Nur., Pamela Jurdilla. 2019. *Industri Pengolahan Minyak Bumi di Indonesia*. Padang. FMIPA Kimia, Universitas Negeri Padang.
- Wiyantoko, Bayu. 2016. *Kimia Petroleum*. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia. (Wiyantoko, 2016)

BAB 5

PETROKIMIA (Plastik Dan Polimer)

Oleh Octovianus SR Pasanda

5.1 Pendahuluan

Apa itu polimer? Apa itu plastik?

Berikut adalah penjelasan sederhana tentang perbedaan antara polimer dan plastik.

Apakah Plastik itu Polimer?

Semua plastik adalah polimer, tetapi tidak semua polimer adalah plastik. Plastik adalah jenis polimer tertentu. Plastik adalah sintesis dan tidak terjadi secara alami. Di sisi lain, polimer, terdiri dari molekul seragam yang lebih kecil dari molekul plastik. (RSPAdmin, 2019). Polimer dapat berupa alami atau sintesis dan tersusun atas molekul kecil, bergabung secara kimiawi membentuk jaringan molekul yang lebih besar yang terhubung secara berulang dari ratusan bahkan ribuan molekul sederhana yang disebut monomer. Istilah polimer berasal dari awalan Yunani "poly-", yang berarti "banyak", dan akhiran "-mer", yang berarti "bagian". Monomer itu bisa sederhana, hanya satu atau dua atau tiga atom. Bahkan bisa jadi strukturnya berbentuk cincin yang rumit yang mengandung selusin atau lebih atom (RSPAdmin. 2019).

Produk yang terbuat dari polimer ada di sekitar kita: pakaian yang terbuat dari serat sintesis, cangkir polietilen, fiberglass, bantalan nilon, botol plastik, cat berbasis polimer,

lem epoksi, bantalan busa poliuretan, kursi, dan peralatan masak berlapis Teflon.



Gambar 5.1 Produk yang terbuat dari plastik dan polimer
(Maine.gov, 2019. <https://www.maine.gov/dep/index.html>)

Dalam beberapa kasus, polimer membentuk jaringan bercabang tersusun dari rantai tunggal. Terlepas dari bentuknya, molekulnya sangat besar. Karena besarnya, sehingga para ilmuwan mengklasifikasikannya sebagai makromolekul. Rantai polimer dapat terdiri dari ratusan ribu atom, bahkan jutaan. Semakin panjang rantai polimer, maka akan semakin berat. Dan, secara umum, polimer yang lebih panjang akan membuat bahan yang terbuat darinya memiliki suhu leleh dan didih yang lebih tinggi. Juga, semakin panjang rantai polimer, semakin tinggi viskositasnya.

Kata polimer menunjukkan jumlah unit monomer yang tidak ditentukan. Bila jumlah monomernya sangat banyak, senyawa tersebut kadang-kadang disebut polimer tinggi. Polimer tidak terbatas pada monomer dengan komposisi kimia atau berat dan struktur molekul yang sama. Beberapa polimer alami terdiri dari satu jenis monomer. Sebagian

besar polimer alami dan sintetik, terdiri dari dua atau lebih jenis monomer yang berbeda, polimer semacam itu dikenal sebagai kopolimer.

Di laboratorium, ahli kimia memiliki banyak pilihan saat merancang dan membuat polimer. Mereka mungkin membuat polimer buatan dari bahan-bahan alami. Atau mereka dapat menggunakan asam amino untuk membangun protein buatan. Lebih sering, ahli kimia membuat polimer dari senyawa yang dibuat di laboratorium.

Polimer dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu polimer alami dan polimer sintetik. Polimer alami (juga disebut biopolimer) termasuk sutra, karet, selulosa, wol, amber, keratin, kolagen, pati, DNA, dan lak. Selulosa, komponen utama kayu dan kertas, juga merupakan polimer alami. Selulosa lainnya yaitu molekul pati yang berasal dari tumbuhan, terbuat dari monomer yang sama yaitu glukosa gula. Namun mereka memiliki sifat yang sangat berbeda. Pati akan larut dalam air dan dapat dicerna. Tapi selulosa tidak larut dan tidak bisa dicerna oleh manusia. Polimer sintetik dibuat dengan reaksi kimia, seringkali di laboratorium. Contoh polimer sintetik antara lain PVC (polivinil klorida), polistirena, karet sintetis, silikon, polietilen, neoprena, dan nilon. Polimer sintetik digunakan untuk membuat plastik, perekat, cat, bagian mekanis, dan banyak objek umum lainnya.

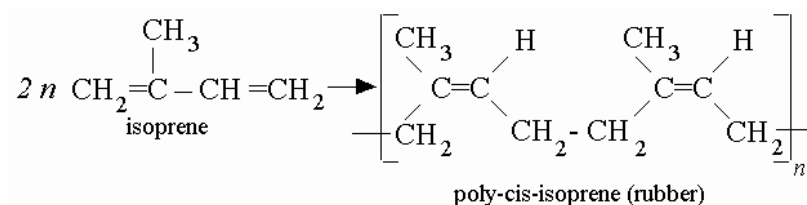
Polimer sintetik pertama ditemukan pada tahun 1869 oleh John Wesley Hyatt, yang membuat pengganti bola biliar gading pertama. Baru pada tahun 1907 polimer memasuki sektor industri dengan penemuan Bakelite, yaitu plastik sintetik pertama, yang tidak mengandung molekul alami (Mary Bellis, 2019). Penemuan ini kemudian muncul sebagai bidang kimia makromolekul, bidang yang erat kaitannya dengan nama Herman Staudinger, yang menerima Hadiah

Nobel pada tahun 1953 karena pertama kali mengusulkan ide polimerisasi, suatu proses mereaksikan molekul monomer secara bersama-sama dalam suatu reaksi kimia untuk membentuk rantai polimer (Freiburg, Baden-Württemberg, 1999).

5.2 Polimer Alami: Organik dan Anorganik

Polimer organik memainkan peran penting dalam makhluk hidup. Misalnya, bagian padat dari semua tanaman terdiri dari polimer. Ini termasuk selulosa, lignin, dan berbagai resin. Selulosa adalah polisakarida, polimer yang terdiri dari molekul gula. Lignin terdiri dari jaringan polimer tiga dimensi yang rumit. Resin kayu adalah polimer isoprena dari hidrokarbon sederhana. Polimer isoprena familiar lainnya adalah karet.

Apa yang unik dari jaringan polimer, yaitu bahwa setiap polimer membuat jaringan unit berulang. Misalnya, unit berulang dari isoprena dalam struktur kimia karet alam.



Gambar 5.2 Struktur Kimia Karet Alam
(RSPAdmin, 2019)

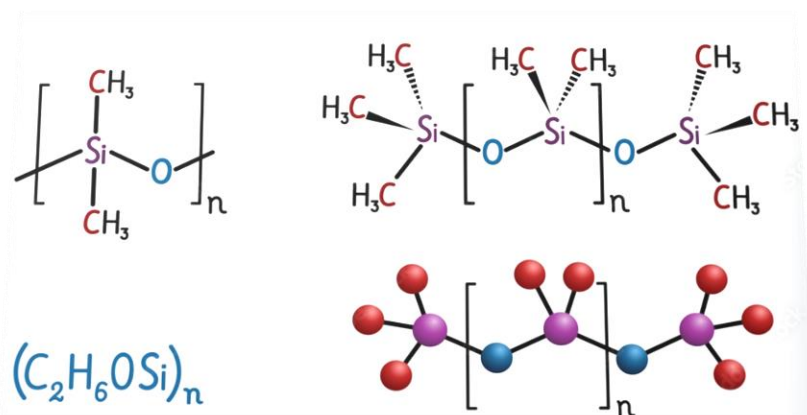
Pada Gambar 5.2 dapat dilihat pengulangan unit isoprena setelah isoprena diubah menjadi karet alam. Unit berulang dalam polimer seringkali berupa karbon dan hidrogen dan terkadang oksigen, nitrogen, sulfur, klorin, fluor, fosfor, dan silikon.

Polimer alami penting lainnya yaitu dari molekul biologis (asam nukleat, protein, karbohidrat, lipid). Sebagian besar polimer alami yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah protein, seperti keratin pada wol dan rambut; selulosa dari tanaman; dan kolagen pada kulit. Protein merupakan polimer asam amino. Asam nukleat, merupakan polimer nukleotida, yaitu suatu molekul kompleks yang terdiri dari basa yang mengandung nitrogen, gula, dan asam fosfat. Asam nukleat membawa informasi genetik dalam sel. Pati, sumber energi makanan penting yang berasal dari tanaman, adalah polimer alami yang tersusun dari glukosa.

Ada polimer organik alami dan polimer anorganik alami. Tapi, biasanya ketika orang membahas polimer alami, mereka hanya mengacu pada molekul organik. Bahkan unsur dapat membentuk polimer alam. Misalnya, graphene adalah polimer yang terbuat dari subunit karbon. Dalam kondisi tertentu, unsur belerang membentuk plastik alami. Obsidian (kaca alami), berlian, kuarsa, dan mineral lainnya adalah polimer anorganik alami. Banyak polimer anorganik juga ditemukan di alam, termasuk intan dan grafit. Keduanya terdiri dari karbon. Dalam intan, atom karbon dihubungkan dalam jaringan tiga dimensi yang memberikan kekerasan pada material tersebut. Dalam grafit, digunakan sebagai pelumas dan dalam timah, digunakan sebagai pensil, dimana atom karbon tersisip dalam jaringan dan terhubung satu sama lain, (Britannica, 2023).

Polimer anorganik adalah makromolekul di mana tulang belakang rantai molekul terdiri dari atom selain karbon. Contoh polimer anorganik meliputi polisilan (ikatan Si-Si), polisiloksan (ikatan Si-O, atau silikon), polisilazan (ikatan Si-N), polisulfida (ikatan S-S), polifosfazena (ikatan P-N), poliborazilena (ikatan B-N), dan politiazyl (ikatan S-N). Polimer anorganik adalah polimer dengan struktur rangka yang tidak menyertakan atom karbon pada tulang

belakangnya (IUPAC, 1997). Polimer yang mengandung komponen anorganik dan organik terkadang disebut polimer hibrid dan sebagian besar yang disebut polimer anorganik adalah polimer hibrid (Changzheng Wu, 2017). Salah satu contoh yang paling terkenal adalah polydimethylsiloxane, atau umumnya dikenal sebagai karet silikon.



Gambar 5.3 Polimer anorganik polydimethylsiloxane
<https://www.istockphoto.com/>

5.3 Polimer Sintetik

Polimer sintetik dapat dikelompokkan menjadi dua kategori. 1) Plastik termoset terbuat dari zat padat cair atau lunak yang dapat diubah secara permanen menjadi polimer yang tidak larut dengan proses curing menggunakan panas atau radiasi. Plastik termoset cenderung kaku dan memiliki berat molekul tinggi. Plastik termoset tetap tidak berbentuk saat berubah bentuk dan biasanya terurai sebelum meleleh. Contoh yang termasuk plastik termoset adalah: epoksi, poliester, resin akrilik, poliuretan, vinil ester, dan karet vulkanisir. 2) Polimer termoplastik atau plastik termosoftening adalah jenis lain dari polimer sintetik.

Termoplastik memiliki ikatan kimiawi dengan bentuk rantai lurus. Faktor tersebutlah yang membuat plastik ini mudah untuk dilelehkan dan dibentuk ulang. Di sisi lain, plastik termoset memiliki ikatan kimiawi dengan bentuk saling menyilang yang menyebabkan termoset menjadi tidak mudah meleleh jika terkena panas. Contoh termoplastik termasuk akrilik, nilon, Teflon, polipropilen, polikarbonat, ABS, dan polietilen.

Polietilen. Polimer sintesis diproduksi dalam berbagai jenis reaksi. Ada banyak hidrokarbon sederhana, seperti etilen dan propilena, dapat diubah menjadi polimer dengan menambahkan satu demi satu monomer ke rantai yang sedang tumbuh. Contoh polietilen yang terdiri dari monomer etilena yang berulang, adalah suatu polimer yang mungkin memiliki 10.000 monomer yang tergabung dalam rantai panjang melingkar. Polietilen berbentuk kristal, tembus cahaya, dan termoplastik, artinya dapat melunak saat dipanaskan. Banyak digunakan sebagai pelapis, pengemasan, botol dan wadah.



Gambar 5.4 Polimer Polyethylene Terephthalate (PET)
(PSA, 2022)

Polypropylene juga kristal dan termoplastik tetapi lebih keras dari polietilen. Molekulnya dapat terdiri dari 50.000

hingga 200.000 monomer. Senyawa ini digunakan dalam industri tekstil dan untuk membuat benda cetakan.

Polistirena. Polimer tambahan lainnya termasuk polibutadiena, poliisoprena, dan polikloroprena, yang semuanya penting dalam pembuatan karet sintetis. Beberapa polimer seperti polistirena, berbentuk kaca dan transparan pada suhu kamar serta bersifat termoplastik. Polystyrene dapat diwarnai dengan warna apa pun dan digunakan dalam pembuatan mainan dan benda plastik lainnya. Polimer polystyrene terbuat dari polimerisasi beberapa monomer stirena yang berasal dari minyak bumi. Polistirena banyak digunakan, hampir setiap industri bergantung pada penggunaan polimer ini. Pada suhu ruangan, polistirena biasanya bersifat termoplastik padat, dapat mencair pada suhu yang lebih tinggi. Stirena tergolong senyawa aromatik.



Gambar 5.5 Polimer Polystyrene
(Polystyrene., 2023)

Polivinil klorida. Jika satu atom hidrogen dalam etilen digantikan oleh atom klor, dihasilkan vinil klorida. Ini berpolimerisasi menjadi polivinil klorida (PVC), bahan termoplastik yang tidak berwarna, keras, dan tangguh. PVC

dapat diproduksi dalam berbagai bentuk, termasuk busa, film, dan serat. Vinil asetat, diproduksi oleh reaksi etilen dan asam asetat, berpolimerisasi menjadi resin lunak amorf yang digunakan sebagai pelapis dan perekat



Gambar 5.6 Polimer polivinil klorida (PVC)
(IQS Directory, 2023)

Poliasetal. Banyak polimer dalam rantai lurus nya memiliki atom oksigen atau nitrogen bersama dengan atom karbon. Salah satu di antaranya yaitu makromolekul poliasetal yang memiliki atom oksigen.



Gambar 5.7 Polimer Polyformaldehyde
(Plastic material close-up, 2022)

Poliasetal paling sederhana adalah poliformaldehida. Ini memiliki titik leleh yang tinggi, kristal dan tahan terhadap abrasi dan pelarut. Resin asetal lebih mirip logam daripada plastik lainnya dan digunakan dalam pembuatan komponen mesin seperti roda gigi dan bantalan.

Polyester. Polimer linier yang ditandai dengan pengulangan gugus ester di sepanjang rantai tulang belakang disebut poliester. Tulang belakang adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan (biasanya digantung sebagai bagian dari monomer sebelum menyambungkan monomer bersama untuk membentuk rantai polimer). Poliester rantai terbuka tidak berwarna, kristal, bahan termoplastik. Poliester memiliki berat molekul tinggi (10.000 hingga 15.000 molekul) digunakan dalam pembuatan film, benda cetakan, dan serat seperti Dacron.

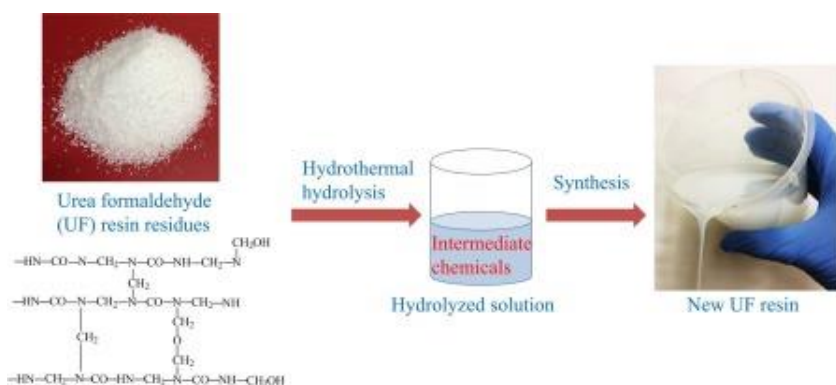


Gambar 5.8 Polimer Polyester Dacron
(Madhu, 2019)

Resin urea-formaldehida. Poliamida termasuk protein kasein alami, ditemukan dalam susu, dan zein, ditemukan dalam jagung. Poliamida sintetik yang lain adalah resin urea-formaldehida, tergolong termoset. Artinya polimer yang tidak dapat mencair atau meleleh saat mengalami pemanasan. Sifat utama dari termoset adalah

adanya ikatan silang sehingga menyebabkan kenaikan berat molekul yang besar. Resin urea-formaldehida digunakan untuk menghasilkan benda cetakan dan sebagai perekat dan pelapis untuk tekstil dan kertas.

Resin urea-formaldehida, salah satu kelas resin sintetis yang diperoleh dengan kombinasi kimia urea (kristal padat yang diperoleh dari amonia) dan formaldehida (gas yang sangat reaktif yang diperoleh dari metana). Resin urea-formaldehida sebagian besar digunakan sebagai perekat untuk merekatkan kayu lapis, papan partikel, dan produk kayu terstruktur lainnya. Komposisi kimia urea dan formaldehida serta reaksi polimerisasinya menjadi jaringan molekul yang saling terkait secara permanen. Dalam produksi industri, resin urea dibuat dengan kondensasi formaldehida dan urea dalam larutan berair, menggunakan amonia sebagai katalis basa. Reaksi kondensasi memberikan larutan kental yang tidak berwarna, lalu dibuat menjadi bubuk dengan cara spray-dried untuk kemudian digunakan dalam pelapis atau perekat. Bisa juga dicampur dengan pengisi selulosa untuk menghasilkan bubuk lalu dicetak menjadi benda padat (William L. Hosch, 2023).



Gambar 5.9 Hidrolisis Resin Urea Formaldehida
(Ming Liu, et al, 2018)

Urea-formaldehida, lebih dikenal sebagai urea-metanal, dinamai berdasarkan struktur dan jalur sintesis umumnya. Diproduksi dengan urea dan formaldehida. Urea-formaldehida menghasilkan resin atau polimer termoseting non-transparan yang telah menjadi komponen umum dari berbagai produk. Resin Urea Formaldehida termoset cair (UFR) memenuhi semua persyaratan Perekat Tipe II. Produk ini direkomendasikan untuk pembuatan *Plywood*, *Particle Board*, *Medium Density Fiberboard* (MDF), dan pekerjaan kayu lainnya terutama produk untuk penggunaan interior.

Resin Poliamida. Resin poliamida adalah polimer kondensasi linier dengan tingkat kristalinitas tinggi dengan ikatan amida berulang dalam rantai molekulnya. Resin poliamida (PA) adalah keluarga polimer termoplastik (Nylon, Kevlar), yang berarti dapat dibentuk dengan panas dan dilebur kembali tanpa kehilangan karakteristik intrinsiknya. Kerena alasan ini maka termoplastik umumnya dapat didaur ulang.



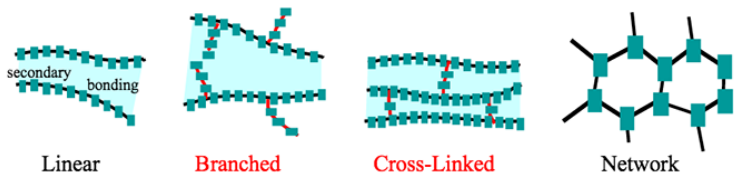
Gambar 5.10 Polyamide (Nylon)
(Reifenhäuser Group, 2023)

Polimer nilon termasuk kuat, tahan terhadap panas dan abrasi, tidak mudah terbakar, tidak beracun, dan dapat

diwarnai. Penggunaannya yang paling terkenal adalah sebagai serat tekstil, tetapi nilon memiliki banyak kegunaan lain.

5.4 Struktur Polimer

Ada empat struktur polimer dasar yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Dalam prakteknya, beberapa polimer mungkin mengandung campuran dari berbagai struktur dasar. Empat struktur polimer dasar adalah linier, bercabang, berikatan silang, dan jaringan.



Gambar 5.11 Diagram struktur polimer linier, bercabang, berikatan silang, dan jaringan (Ronald Redwing, 2020).

Polimer linier. Polimer linier menyerupai 'spageti' dengan rantai panjang. Rantai panjang biasanya disatukan oleh van der Waals yang lebih lemah atau ikatan hidrogen. Karena jenis ikatan ini relatif mudah putus dengan panas, polimer linier biasanya termoplastik. Energi panas memutuskan ikatan antara rantai panjang yang memungkinkan rantai mengalir melewati satu sama lain, memungkinkan material untuk dibentuk kembali. Setelah pendinginan ikatan antara reformasi rantai panjang, yaitu, polimer mengeras.

Polimer bercabang. Polimer bercabang adalah polimer linier yang memiliki cabang dengan panjang yang berbeda pada rantai utama. Karena adanya cabang di rantai utama, polimer ini memiliki titik leleh, kekuatan tarik, dan

kepadatan yang rendah. Rantai cabang yang lebih pendek ini juga dapat mengganggu efisien pengepakan polimer. Polimer bercabang cenderung kurang padat daripada polimer linier serupa. Karena rantai pendek tidak menjembatani dari satu rantai utama (yang lebih panjang) ke rantai utama lainnya. Pada suhu tinggi biasanya akan memutuskan ikatan rantai polimer bercabang dan memungkinkan polimer menjadi termoplastik. Polimer bercabang memiliki sifat yaitu kepadatan yang lebih rendah dan titik leleh yang juga lebih rendah.

Polimer ikatan. Polimer ikatan silang menyerupai tangga. Rantai terhubung dari satu rantai panjang ke rantai panjang lainnya. Jadi, tidak seperti polimer linier yang disatukan oleh gaya van der Waals yang lebih lemah, polimer berikatan silang diikat bersama melalui ikatan kovalen. Ikatan ini jauh lebih kuat, membuat sebagian besar polimer berikatan silang bersifat termoset. Jika dipanaskan akan rusak dan tidak dapat kembali seperti semula.

Polimer jaringan. Polimer jaringan adalah polimer kompleks yang saling terkait membentuk jaringan kompleks tiga dimensi, terbentuk karena beberapa rantai polimer saling berikatan satu sama lain pada rantai utamanya. Jika sambungan silang terjadi ke berbagai arah maka akan terbentuk sambung silang tiga dimensi yang sering disebut polimer jaringan. Polimer ini hampir tidak mungkin melunak saat dipanaskan tanpa menurunkan struktur polimer yang mendasarinya dan dengan demikian merupakan polimer termoseting.

Monomer tidak harus dari jenis atom tunggal, tetapi ketika mengacu pada monomer tertentu, monomer tersebut dipahami sebagai struktur komposisi yang sama. Saat membangun polimer dari dua monomer berbeda, polimer tersebut disebut sebagai kopolimer. Semua dimulai dengan

rantai dasar ikatan kimiawi. Ikatan kimia adalah apa yang menyatukan atom dalam molekul dan beberapa kristal. Secara teori, setiap atom yang dapat membentuk dua ikatan kimia dapat membentuk rantai; itu seperti membutuhkan dua tangan untuk terhubung dengan orang lain untuk membuat lingkaran. (Hidrogen tidak akan berfungsi karena hanya dapat membentuk satu ikatan.)

Tapi atom yang biasanya hanya membentuk dua ikatan kimia, seperti oksigen, tidak sering membentuk rantai panjang seperti polimer. Mengapa? Setelah oksigen membentuk dua ikatan, ia menjadi stabil. Itu berarti dua "tangan terulur" sudah diambil. Tidak ada yang tersisa untuk memegang kelompok lainnya. Karena banyak atom yang merupakan bagian yang penting dari polimer umumnya memiliki setidaknya satu gugus independen, unsur-unsur yang biasanya muncul dalam rantai polimer adalah unsur yang stabil dengan empat ikatan, seperti karbon dan silikon.

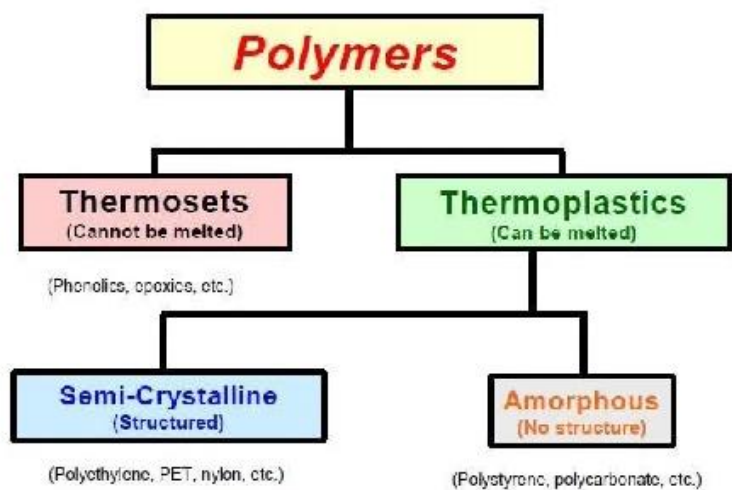
Polimer tidak memiliki panjang yang pasti. Mereka biasanya juga tidak membentuk kristal. Akhirnya, mereka biasanya tidak memiliki titik leleh yang pasti, di mana mereka segera beralih dari padatan menjadi genangan cairan. Sebaliknya, plastik dan bahan lain yang terbuat dari polimer cenderung melunak secara bertahap saat memanaskan (Sid Perkins, 2017).

5.5 Jenis Bahan Plastik

Pengertian bahan plastik adalah senyawa polimer ditambah aditif yang memiliki kemampuan untuk dibentuk atau dicetak menjadi produk yang berharga. Hal ini dilakukan dalam kondisi temperatur dan tekanan sedang. Umumnya, plastik memiliki kekakuan/modulus yang tinggi

dan kurangnya elastisitas balik, memungkinkannya dibedakan dari karet atau elastomer.

Dua kategori utama plastik adalah termoplastik dan plastik termoseting (termoset). Produk termoplastik memiliki kemampuan untuk terus dilunakkan, dilelehkan dan dibentuk kembali / didaur ulang, misalnya dalam cetakan injeksi atau resin ekstrusi. Namun, produk termoset tidak memiliki sifat seperti termoplastik.



Gambar 5.12 Keluarga Polimer
(Dynisco, 2019)

Jika polimer dalam plastik didasarkan pada satu monomer, maka istilah yang digunakan adalah homopolimer. Jika polimer yang digunakan didasarkan pada dua atau lebih monomer, disebut sebagai kopolimer. Plastik hadir dalam berbagai bentuk dan ukuran. Ada plastik lunak dan fleksibel serta plastik sangat keras yang hampir sekuat logam. Berbagai sifat tersebut dapat diperoleh dengan memodifikasi proses produksi, misalnya dengan memvariasikan suhu atau tekanan saat plastik diproses atau menyesuaikan jenis monomer yang digunakan. Produsen

dapat menambahkan semua jenis bahan kimia dan terus mengotak-atik struktur molekul plastik. Kata plastik secara harfiah berarti 'dapat ditempa', artinya kita dapat membentuk bahan menjadi bentuk lain dan mempertahankan bentuknya setelah didinginkan. Industri plastik terus mencari jenis plastik dan aplikasi baru. Ada ribuan plastik yang dipatenkan yang semuanya berbeda satu sama lain. Contoh polimer sintetik adalah polistirena (PS), polietilen (PE), polietilen tereftalat (PET), polipropilena (PP) dan polivinil klorida (PVC).

Dimungkinkan untuk membagi lebih lanjut bahan termoplastik menjadi dua kategori utama, yaitu: amorf dan semi kristal. Bahan termoplastik amorf tidak memiliki struktur molekul spesifik dan biasanya padat, jelas, bahannya kaku dengan penyusutan rendah, misalnya, polistiren. Sebagai perbandingan, polimer kristal memiliki struktur yang sistematis, mirip struktur kristal, tetapi juga terdiri dari bahan amorf. Biasanya dikenal sebagai bahan termoplastik semi-kristal. Jenis plastik tersebut umumnya lebih keras dan kurang rapuh dibandingkan dengan termoplastik amorf, juga memiliki suhu distorsi panas yang lebih tinggi. Selain itu, plastik ini tembus cahaya, atau buram, memiliki penyusutan yang tinggi, dan panas spesifik yang tinggi. Plastik kristalin memiliki titik leleh yang jelas, dan molekul-molekulnya teratur bila padat. Daerah yang tersusun secara teratur disebut daerah kristal, daerah tersusun yang tidak teratur disebut daerah amorf, dan persentase daerah kristal disebut kristalinitas. Umumnya, polimer dengan kristalinitas 80% atau lebih disebut plastik kristalin. Plastik kristalin yang umum adalah polietilen, polipropilen, poliamida (nilon), dan resin PBT.

DAFTAR PUSTAKA

- Britannica, 2023. Polymer Chemistry. Encyclopædia Britannica
<https://www.britannica.com/science/polyethylene>
- Changzheng Wu, 2017 Inorganic Two-dimensional Nanomaterials, Editor: Changzheng Wu, Royal Society of Chemistry, Cambridge 2017
- Dynisco, 2019. Understanding Plastics and Polymers - The Different Types of Plastic.
<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=17477>
- Freiburg, Baden-Württemberg, 1999. The Foundation Of Polymer Science By Hermann Staudinger (1881-1965). An International Historic Chemical Landmark. American Chemical Society.
<https://assets.acs.org/v2.0/acs-bootstrap/images/acs-logo.svg>
<https://www.istockphoto.com/>
- IQS Directory, 2023. PVC Tubing. Editorial by Industrial Quick Search. <https://www.iqsdirectory.com/articles/>
- IUPAC, Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book") (1997). Online corrected version: (2006–) "inorganic polymers".
- Madhu, 2019. Difference Between Dacron and Polyester.
<https://www.differencebetween.com/>
- Maine.gov, 2019. What Your Recyclables Become. Maine Department of Environmental Protection.
<https://www.maine.gov/dep/index.html>.
- Mary Bellis, 2019. The Story of Bakelite, the First Synthetic Plastic. ThoughtCo. <https://www.thoughtco.com/>.

- Ming Liu, Yan Wang, Yiqiang Wu, Hui Wan, 2018. Hydrolysis and recycling of urea formaldehyde resin residues. *Journal of Hazardous Materials*. Volume 355, 5 August 2018, Pages 96-103. <https://www.sciencedirect.com/>.
- Plastic material close-up, 2022. Polimer Polyformaldehyde. Plastic material close-up: polyformaldehyde (pom), acetal, delrin® and celcon. <https://www.slchemtech.com/data/upload/20201203/5fc8485e36d05.png>.
- Polystyrene. (2023, March 31). In Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Polystyrene>.
- PSA, 2022. The Determination Of Antimony (Sb) In Polyethylene Terephthalate (Pet). <https://www.psanalytical.com/>.
- Reifenhäuser Group, 2023. Polyamide (Nylon) <http://reiloyusa.com/>.
- Ronald Redwing, 2020. Basic Polymer Structure. The John A. Dutton Institute for Teaching and Learning Excellence is the learning design unit of the College of Earth and Mineral Sciences at The Pennsylvania State University. <https://www.e-education.psu.edu/matse81/node/2210>.
- RSPAdmin. 2019. *Plastic Molding*. Polymer vs Plastic. <https://www.rspinc.com/wp-content/uploads/2021/12/RSP-mod-new-tagline-2021-300.png>.
- Sid Perkins, 2017. What are polymers? Science News Explores. <https://www.snexplores.org/>
- William L. Hosch, 2023. Phenol-Formaldehyde Resin. Encyclopædia Britannica. <https://cdn.britannica.com/mendel/eb-logo/MendelNewThistleLogo.png>.

BAB 6

PENGOLAHAN AIR (AIR KOTOR, AIR BERSIH DAN AIR MINUM)

Oleh Dodi Satriawan

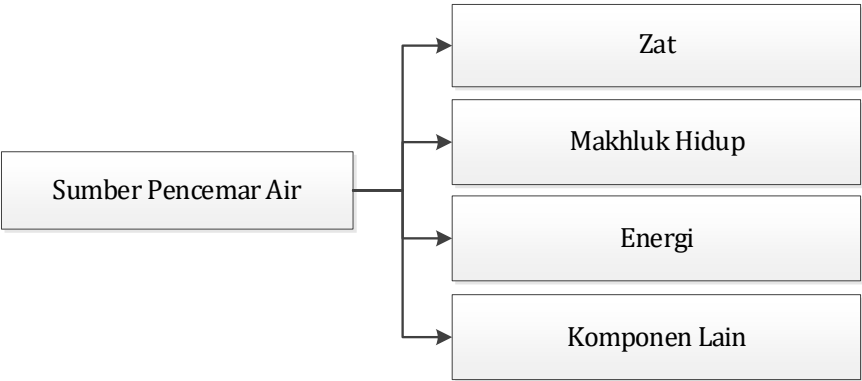
6.1 Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan pokok makhluk hidup baik manusia, hewan serta tumbuhan. Keberadaan air di bumipun 70% lebih banyak dibandingkan daratan. Namun keberadaan air ini lambat laut, hari demi lain menjadi terkontaminasi oleh kehadiran tumbuhnya dengan pesat penambahan populasi manusia dan perkembangan industri. Pertambahan populasi manusia akan meningkatkan penggunaan akan konsumsi air bersih sehingga akan menghasilkan air kotor, sedangkan pesatnya perkembangan industri akan meningkatnya peningkatan air bersih untuk kebutuhan industri sehingga juga akan menghasilkan air kotor. Air kotor atau sering juga disebut air limbah hasil rumah tangga, perkantoran, hotel (atau sering juga disebut air limbah domestik) dan air limbah hasil dari industri akan dibuang secara langsung ke badan air sehingga secara tidak langsung air bersih akan terkontaminasi dengan kotor hasil dari rumah tangga, perkantoran, hotel (domestik) dan industri. Oleh karena itu diperlukan suatu teknik pengolahan air limbah sehingga dapat menghasilkan air bersih yang dapat digunakan oleh masyarakat untuk keperluan domestik seperti mandi, mencuci, dan minum serta untuk kebutuhan industri. Pada sub bab ini akan dibahas pengolahan air kotor

air limbah untuk dimurnikan menjadi air bersih yang dapat digunakan untuk keperluan domestik maupun industri.

6.2 Pencemaran Air

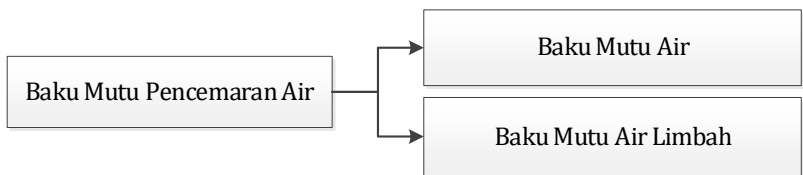
Pencemaran air merupakan masuknya maupun dimasukkannya suatu zat, makhluk hidup, energi maupun komponen lainnya kedalam badan air yang disebabkan oleh kegiatan atau aktivitas manusia sehingga mengakibatkan kualitas air menjadi turun hingga pada batas tertentu yang mengakibatkan air tidak bisa berfungsi sesuai pada peruntukannya. Dari pengertian tersebut dapat diketahui bahwa air dapat cemar bila kemasukkan 4 sumber yang dapat berupa sumber dari suatu ¹⁾zat, ²⁾makhluk hidup, ³⁾energi maupun ⁴⁾komponen lainnya selain tiga sumber tersebut.



Gambar 6.1 Sumber Pencemar Air

Sumber-sumber yang menyebabkan pencemaran air tersebut bila kemasukan didalam airpun masih memiliki batas maksimal sumber tersebut dapat masuk kedalam air. Batas maksimal masuknya sumber pencemar ini disebut juga dengan baku mutu. Baku mutu lingkungan merupakan

suatu ukuran batas maupun suatu kadar zat, makhluk hidup, energi maupun komponen-komponen yang ada maupun harus ada serta unsur pencemar yang diperbolehkan keberadaannya didalam suatu sumber daya tertentu yang merupakan unsur dari lingkungan hidup. Dari pengertian baku mutu tersebut dapat diketahui bahwa suatu air dikatakan tercemar apabila kondisi air yang kemasukan empat sumber pencemar tersebut (zat, makhluk hidup, energi dan komponen lain) telah melampaui ukuran batas yang telah ditetapkan oleh pemerintah.



Gambar 6.2 Jenis Baku Mutu Pencemaran Air

Baku mutu didalam pencemaran air terdiri atas dua macam baku mutu yaitu baku mutu air serta baku mutu air limbah. Baku mutu air merupakan suatu ukuran batas maupun kadar suatu zat, makhluk hidup, energi atau komponen-komponen lainnya yang ada dan harus ada maupun atau unsur pencemar yang berada didalam air dan diperbolehkan keberadaannya didalam air. Dari pengertian tersebut dapat diketahui bahwa baku mutu air ini menekankan kondisi air baik itu air tanah, air sumur, air permukaan, air sungai, air danau, dan air laut yang kemasukan empat sumber pencemar air (zat, makhluk hidup, energi dan komponen lain) dan melebihi ukuran batas yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Baku mutu air limbah merupakan suatu ukuran batas maupun kadar suatu unsur pencemar maupun jumlah banyaknya unsur pencemar yang diperbolehkan keberadaannya didalam air limbah untuk dibuang maupun

dilepaskan ke badan air maupun tanah yang mana air limbah tersebut didapatkan dari hasil suatu aktivitas atau kegiatan usaha atau kegiatan lainnya. Dari pengertian tersebut dapat diketahui bahwa baku mutu air limbah menekankan jumlah batas empat sumber pencemar (zat, makhluk hidup, energi dan komponen lain) yang diperbolehkan didalam suatu air kotor (air limbah) hasil dari aktivitas manusia atau aktivitas suatu kegiatan usaha sebelum dibuang kebadan air atau tanah. Tabel 6.1 memperlihatkan perbedaan antara baku mutu air dan baku mutu air limbah.

Tabel 6.1 Perbedaan Baku Mutu Air dan Baku Mutu Air Limbah

Baku Mutu Air	Baku Mutu Air Limbah
1. Sumber pencemar ada empat yaitu zat, makhluk hidup, energi dan komponen lain, 2. Air yang menjadi patokan adalah air tanah (air sumur), air sungai, air danau, dan air laut	1. Sumber pencemar ada empat yaitu zat, makhluk hidup, energi dan komponen lain, 2. Air yang menjadi patokan adalah air kotor (air limbah) hasil aktivitas kegiatan manusia atau kegiatan suatu usaha sebelum dibuang kebadan air (air sungai, air tanah, air danau, air laut) dan tanah.

Air untuk peruntukannya atau kegunaannya dikatagorikan menjadi empat katagori kelas yaitu:

- a. Air katagori kelas satu
Air katagori kelas satu yaitu air yang diperuntukkan atau yang digunakan untuk keperluan ¹⁾air baku air minum, maupun ²⁾peruntukan lainnya yang memberikan

persyaratan mutu atau kualitas air yang sama dengan kegunaan didalam air baku air minum.

b. Air katagori kelas dua

Air katagori kelas dua yaitu air yang diperuntukkan atau yang digunakan untuk keperluan ¹⁾sarana dan prasarana rekreasi air, ²⁾air untuk budidaya ikan air tawar, ³⁾air untuk keperluan peternakan, ⁴⁾air untuk keperluan pengairan tanaman, maupun ⁵⁾peruntukan lainnya yang memberikan persyaratan mutu atau kualitas air yang sama dengan kegunaan didalam peruntukan air dari poin 1-4 (rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, dan tanaman).

c. Air katagori kelas tiga

Air katagori kelas tiga yaitu air yang diperuntukkan atau yang digunakan untuk keperluan ¹⁾ air untuk budidaya ikan air tawar, ²⁾air untuk keperluan peternakan, ³⁾air untuk keperluan pengairan tanaman, maupun ⁴⁾peruntukan lainnya yang memberikan persyaratan mutu atau kualitas air yang sama dengan kegunaan didalam peruntukan air dari poin 1-3 (budidaya ikan air tawar, peternakan, dan tanaman).

d. Air katagori kelas empat

Air katagori kelas tiga yaitu air yang diperuntukkan atau yang digunakan untuk keperluan ¹⁾air untuk keperluan pengairan tanaman, maupun ²⁾peruntukan lainnya yang memberikan persyaratan mutu atau kualitas air yang sama dengan kegunaan didalam peruntukan air pengairan tanaman.

6.3 Baku Mutu untuk Air Limbah Domestik

Air limbah domestic merupakan air limbah yang diperoleh atau didapatkan dari aktifitas ¹⁾rumah susun, ²⁾asrama, ³⁾Lembaga pendidikan, ⁴⁾perniagaan, ⁵⁾rumah makan, ⁶⁾arena rekreasi, ⁷⁾penginapan, ⁸⁾pelayanan

kesehatan, ⁹⁾perkantoran, ¹⁰⁾pasar, ¹¹⁾balai pertemuan, ¹²⁾permukiman, ¹³⁾IPAL kawasan, ¹⁴⁾IPAL perkotaan, ¹⁵⁾IPAL permukiman, ¹⁶⁾pelabuhan, ¹⁷⁾stasiun kereta, ¹⁸⁾lembaga permasyarakatan, ¹⁹⁾bandara, ²⁰⁾terminal, dan ²¹⁾industri. Baku mutu air untuk air limbah domestic terdiri atas delapan parameter yang berupa pH , COD, minyak & lemak, total Coliform, BOD, TSS, Amoniak, serta debit. Tabel 6.2 menunjukkan kadar maksimum baku mutu untuk air limbah domestik.

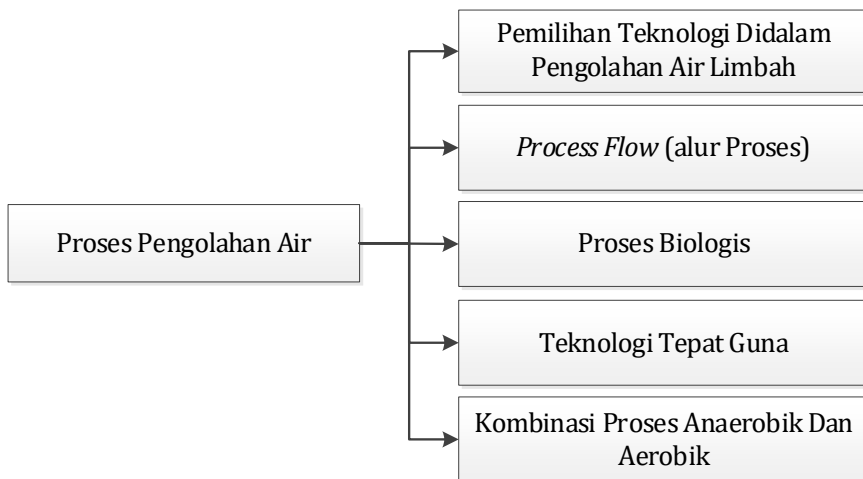
Tabel 6.2 Baku Mutu untuk Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar maksimum
pH	-	6 – 9
COD	mg / L	100
BOD	mg / L	30
Minyak & lemak	mg / L	5
Total Coliform	jumlah / 100 mL	3.000
TSS	mg / L	30
Amoniak	mg / L	10
Debit	L / orang / hari	100

Sumber: (PERMENLHK RI No.P.68, 2016)

6.4 Proses Pengolahan Air.

Proses pengolahan air secara umum dapat dilakukan menggunakan empat proses secara umum. Empat proses pemgolahan air tersebut berupa proses pemilihan teknologi didalam pengolahan air limbah, ²⁾*process flow* (alur proses), ³⁾proses biologis, ⁴⁾teknologi tepat guna, dan ⁵⁾kombinasi proses anaerobik dan aerobik



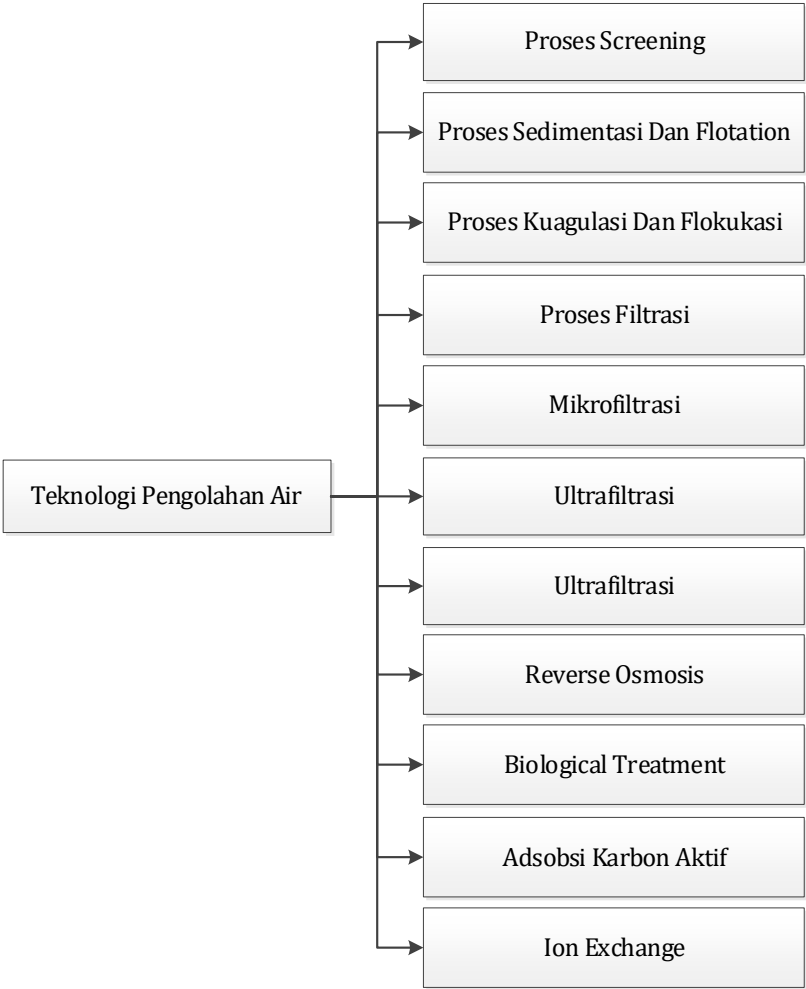
Gambar 6.3 Proses Pengolahan Air

6.4.1 Proses Pemilihan Teknologi Didalam Pengolahan Air Limbah

Air limbah yang didapatkan dari aktivitas domestik maupun industri memiliki kandungan berbagai macam polutan baik itu polutan yang memiliki ukuran partikel yang besar hingga ukuran partikel yang sangat kecil. Teknologi yang digunakan didalam pengolahan air limbah tergantung dari jenis serta ukuran partikel yang terkandung didalam air limbah. Teknologi didalam pengolahan air limbah dari jenis serta ukuran partikel dapat dikatagorikan menjadi sebelas proses yang berupa ¹⁾proses screening, ²⁾proses sedimentasi dan flotation, ³⁾proses kuagulasi dan flokukasi, ⁴⁾proses filtrasi, ⁵⁾mikrofiltrasi, ⁶⁾ultrafiltrasi, ⁷⁾nanofiltrasi, ⁸⁾reverse osmosis, ⁹⁾biological treatment, ¹⁰⁾adsobsi karbon aktif, dan ¹¹⁾ion exchange.

Proses screening digunakan untuk menyaring partikel-partikel yang memiliki ukuran sangat besar. Partikel ini seperti plastik, kayu, ranting, pecahan kaca, dan kertas. Proses sedimentasi digunakan untuk mengendapkan

partikel yang lebih kecil seperti pasir, krikil, mikroorganisme dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Untuk pemisahan dua cairan seperti minyak dan air dapat digunakan teknologi grease trap atau oil separator.



Gambar 6.4 Macam-macam Teknologi Pengolahan Air

Proses koloid dapat digunakan untuk memisahkan partikel yang lebih kecil seperti bakteri, fragmen sel, tanah liat, dan lainnya yang membutuhkan waktu pemisahan yang lebih lama dengan proses gravitasi. Proses koloid ini dapat

berupa proses koagulasi dan proses flokulasi, yang mana proses ini mengumpulkan atau menyatukan satu partikel dengan partikel lainnya sehingga membentuk partikel yang lebih besar sehingga dapat di endapkan dengan proses gravitasi.

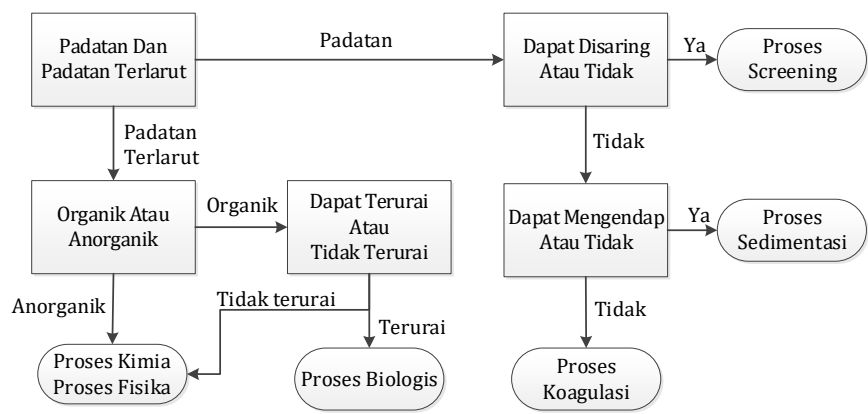
Proses filtrasi terdiri atas empat jenis yaitu mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi dan reverse osmosis. Filtrasi memiliki pori-pori yang dapat menyaring partikel sesuai dengan ukuran dan jenis filtrasinya. Bila pori-pori filtrasi ini telah penuh dengan partikel maka dibutuhkan proses pembersihan filtrasi yang disebut dengan backwash. Hasil proses pembersihan filtrasi ini akan menghasilkan limbah kembali.

Tabel 6.3 Tipe dan Karakteristik Pori pada Filtrasi

Tipe Filtrasi (ukuran pori, nm)	Tipe Pori (ukuran, nm)	Partikel yang dapat disaring	Dimensi (nm)
Nanofiltrasi (<2)	Mikropori (0,2 – 2)	Antibiotik secara umum	0,6 – 1,2
Reverse osmosis (0,3 – 0,6)		Antibiotik organik Ion inorganik	0,3 – 0,8 0,2 – 0,4
Ultrafiltrasi (2 – 50)	Mesopori (2 – 50)	Padatan koloid Protein Virus Asam nuklead	100 – 1.000 3 – 10 30 – 300 <3
mikrofiltrasi (50 – 500)	Makropori (>50)	Emulsi minyak Bakteri Yeast dan fungi	100 – 10.000 300 – 10.000 1.000 – 10.000

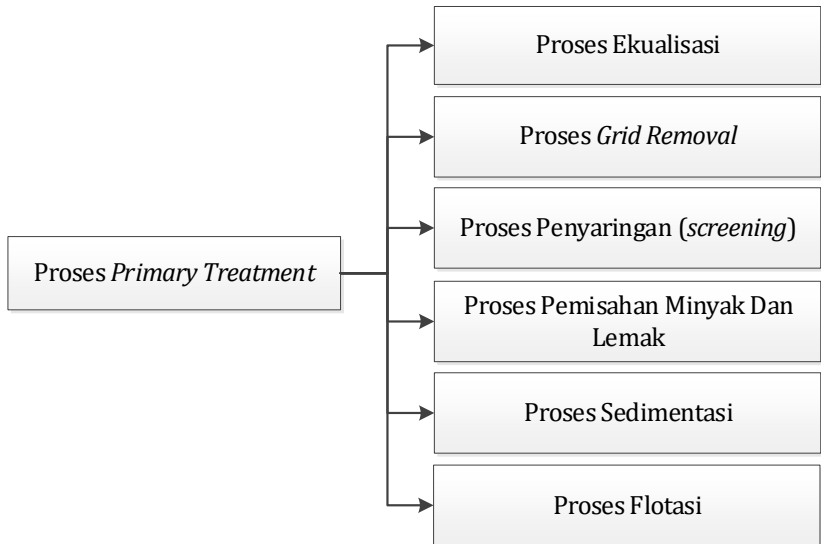
6.4.2 Aliran Proses Pengolahan Air Limbah (*Process Flow*)

Pada umumnya, kontaminan yang terdapat didalam air kotor atau air limbah banyak mengandung senyawa organik. Proses yang paling populer didalam pengolahan senyawa organik yang terdapat didalam air kotor atau air limbah ini biasanya menggunakan proses biologis. Sebelum dilakukan proses biologis, dilakukan proses *pretreatment* terlebih dahulu agar proses biologis dapat berjalan dengan optimal. Proses *pretreatment* ini sering disebut dengan *primary treatment*.



Gambar 6.5 Alur Proses Pengolahan Air

Primary treatment merupakan proses yang dilakukan untuk memisahkan padatan maupun minyak atau lemak yang terdapat pada air kotor atau air limbah serta untuk meratakan beban dari air kotor atau limbah baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Proses *primary treatment* ini terdiri atas enam proses yang berupa ¹⁾proses ekualisasi, ²⁾proses *grid removal*, ³⁾proses penyaringan (*screening*), ⁴⁾proses pemisahan minyak dan lemak, ⁵⁾proses sedimentasi dan ⁶⁾proses flotasi.



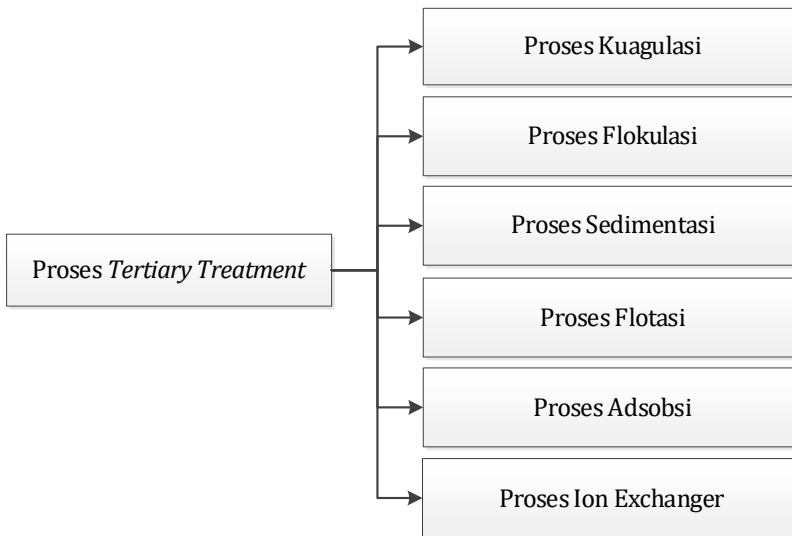
Gambar 6.6 Macam-macam Proses *Primary Treatment*

Air kotor atau air limbah yang telah melewati proses *primary treatment* selanjutnya diolah menggunakan proses biologis. Proses biologis ini sering disebut dengan proses *secondary treatment*. Proses *secondary treatment* menggunakan makhluk hidup berupa mikroba ataupun fungi ataupun tumbuhan digunakan untuk menjerap ataupun mendegradasi senyawa-senyawa organik yang terdapat didalam air kotor atau air limbah sehingga dapat menghilangkan atau menurunkan kadar senyawa organik tersebut didalam air. Apabila kualitas *effluent* atau luaran dari proses *secondary treatment* belum memenuhi baku mutu air, maka dilakukan proses selanjutnya yang berupa proses *tertiary treatment*.



Gambar 6.7 Proses Pengolahan Air secara Umum

Proses *tertiary treatmet* merupakan proses yang menggunakan senyawa kimia didalam penjernihan air limbah. Karena menggunakan bahan kimia, proses *tertiary treatmet* sering juga disebut dengan proses kimia. Proses *tertiary treatmet* dapat berupa proses kuagulasi, proses flokulasi, proses sedimentasi, proses flotasi, proses adsobsi, dan proses ion exchanger.



Gambar 6.8 Macam-macam Proses *Tertiary Treatmet*

DAFTAR PUSTAKA

- Benjamin, M.M. Dan Lawler, D.F. (2013) *Water Quality Engineering*, Wiley.
- Budhijanto, W. *et al.* (2015) "Enhancement of Aerobic Wastewater Treatment By the Application Of Attached Growth Microorganisms And Microbubble Generator," *International Journal of Technology*, hal. 1101–1109.
- Cheremisinoff, N.P. (2002) *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*, Butterworth Heinemann.
- Darmayani, S. *Et Al.* (2023) *Kimia Lingkungan*. Pt Global Eksekutif Teknologi.
- Fitri, F., Satriawan, D. And Fadlilah, I., 2022. *Tugas Akhir: BILBABU (Bioadsorben Dari Limbah Batang Bambu Dan Daun Bambu) Teraktivasi Asam Nitrat (HNO_3) Untuk Menurunkan Kadar Salinitas, Menetralkan Ph Serta Menjerap Polutan Besi Dan Klorin* (Politeknik Negeri Cilacap).
- Frank, R. dan Spellman, F.R. (2013) *Water Treatment Operations Math Concepts and Calculations, Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. Tersedia pada: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781420075311>.
- Harun, A.Z.M., Satriawan, D. And Fadlilah, I., 2022. *Tugas Akhir: BILS BP (Bioadsorben Limbah Sabut Buah Pinang) Yang Teraktivasi HNO_3 Untuk Menurunkan Kadar Salinitas, Menetralkan Ph Serta Menjerap Polutan Fe Dan Klorin* (Politeknik Negeri Cilacap).

- Hendricks, D. (2006) *Water Treatment Unit Processes Physical and Chemical*, CRC Press. Tersedia pada: <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>.
- Hikmawan, F.R., Satriawan, D. And Fadlilah, I., 2022. *Tugas Akhir: Membran Silika Berbahan Baku Sekam Padi Untuk Filtrasi Besi, Klorin, Salinitas Serta Menetralkan Ph Di Dalam Air* (Politeknik Negeri Cilacap).
- Metcalf dan Eddy (2003) *Wastewater Engineering*, McGraw Hill. doi:10.1093/nq/179.18.317-a.
- PERDA Kota Tasikmalaya No 2 (2021) *Peraturan Daerah Kota Tasikmalaya Nomor 2 Tahun 2021 Tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik*. Indonesia.
- PERMENLHK RI No.5 (2022) *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2022 Tentang Pengolahan Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pertambangan Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan*. Indonesia.
- PERMENLHK RI No.P.68 (2016) *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor R: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia*. Indonesia.
- Satriawan, D., 2015. *Analisis Kuantitatif Pengaruh Intensitas Aerasi Dengan Microbubble Generator Pada Peruraian Bahan Organik Dalam Aerobik Digester Dengan Imobilisasi Mikroorganisme* (Universitas Gadjah Mada).
- Satriawan, D. (2018) "Analisis Kuantitatif Acidity Level Sebagai Indikator Kualitas Air Hujan di Kabupaten Cilacap," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 3(2), hal. 112–116. Tersedia pada: <http://ejournal.upbatam.ac.id>.

- Satriawan, D., Santoso, A. dan Widianingsih, B. (2021) "Analisis Kuantitatif Pengaruh Waktu Karbonisasi Dan Konsentrasi Koh Pada Pembuatan Karbon Aktif Sekam Padi," in *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOVE)*. ISAS Publishing, hal. 605–612.
- Sperling, M. von (2007a) *Basic Principles of Wastewater Treatment*, IWA Publishing.
- Sperling, M. von (2007b) *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*, IWA Publishing.
- Sukono, G.A.B. et al. (2020) "Mekanisme Fitoremediasi: Review," *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(2), hal. 40–47. doi:10.35970/jppl.v2i2.360.

BAB 7

SABUN DAN DETERJEN

Oleh Nuramaniyah Taufiq

7.1 Pengertian Sabun

Sabun berdasarkan Zulkifli dan Estiasih (2014) merupakan bahan yang digunakan untuk mencuci dan mengemulsi, terdiri dari dua komponen utama yaitu asam lemak rantai karbon C16 dan sodium atau potasium. Sementara itu, sabun menurut Sari, dkk. (2010) merupakan satu macam *surface active agent* (surfaktan) atau senyawa yang menurunkan tegangan permukaan air. Hal ini menyebabkan larutan sabun dapat memasuki serat dan menghilangkan kotoran serta minyak.

Prinsip kerja sabun dapat mencuci kotoran dan minyak dari permukaan serat karena struktur kimianya, yaitu bagian dari rantai (ionnya) yang bersifat hidrofil dan rantai karbonnya bersifat hidrofobik. Mekanismenya yaitu, rantai hidrokarbon larut dalam partikel minyak yang tidak larut dalam air. Kemudian ionnya akan terdispersi atau teremulsi dalam air sehingga dapat dicuci. Muatan negatif dan ion sabun juga menyebabkan tetes minyak sabun untuk menolak satu sama lain sehingga minyak yang teremulsi tidak dapat mengendap (Sari dkk., 2010).

7.2 Klasifikasi Sabun

Sabun dibuat dengan reaksi kimia antara kalium atau natrium dengan asam lemak yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewani. Sabun keras adalah sabun yang dibuat dengan NaOH, sedangkan sabun lunak adalah sabun yang dibuat dengan KOH (Zulkifli dan Estiasih, 2014).

Sabun secara fisik berdasarkan Ophardt (2003) diklasifikasikan menjadi dua, yaitu :

1. Sabun padat (*hard soap*)

Sabun padat merupakan sabun yang dibuat dari NaOH dan asam lemak rantai pendek yang mempunyai ikatan jenuh. Berdasarkan tingkat transparasinya, sabun padat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

- a. Sabun *opaque*, mempunyai tampilan tidak transparan.
- b. Sabun *translucent*, mempunyai tampilan agak transparan
- c. Sabun transparan, mempunyai tampilan sangat transparan

2. Sabun cair (*soft soap*)

Sabun cair merupakan sabun yang dibuat dari KOH dan asam lemak rantai pendek ikatan tak jenuh.

7.3 Pengertian Deterjen

Detergen merupakan salah satu produk industri yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, terutama untuk keperluan rumah tangga dan industri. Detergen dapat berbentuk cair, pasta, atau bubuk yang mengandung konstituen bahan aktif pada permukaannya dan konstituen bahan tambahan. Konstituen bahan aktif adalah berupa surfaktan yang merupakan singkatan dari surface active agents, yaitu bahan yang menurunkan tegangan permukaan suatu cairan dan di antarmuka fasa (baik cair-gas maupun cair-cair) untuk mempermudah penyebaran dan pemerataan.

Kinerja deterjen, khususnya surfaktannya, memiliki kemampuan yang unik untuk mengangkat kotoran, baik yang larut dalam air maupun yang tak larut dalam air. Salah satu ujung dari molekul surfaktan bersifat lebih suka minyak atau tidak suka air, akibatnya bagian ini menembus kotoran yang berminyak. Ujung molekul surfaktan satunya lebih suka air, bagian inilah yang berperan mengendorkan kotoran dari kain dan mendispersikan kotoran, sehingga tidak kembali menempel ke kain. Akibatnya warna kain akan dapat dipertahankan. Jika kotoran berupa minyak atau lemak maka akan membentuk emulsi minyak-air dan deterjen sebagai emulgator (zat pembentuk emulsi). Sedangkan apabila kotoran yang berupa tanah akan diadsorpsi oleh deterjen kemudian membentuk suspensi butiran tanah-air, dimana deterjen sebagai suspensi agent (zat pembentuk suspensi).

7.4 Klasifikasi Deterjen

Berdasarkan senyawa organik yang dikandungnya, deterjen dikelompokkan menjadi :

1. Deterjen anionik (DAI)

Merupakan deterjen yang mengandung surfaktan anionik dan dinetralkan dengan alkali. Deterjen ini akan berubah menjadi partikel bermuatan negatif apabila dilarutkan dalam air. Biasanya digunakan untuk pencuci kain. Kelompok utama dari deterjen anionik adalah :

- a. Rantai panjang (berlemak) alkohol sulfat
- b. Alkil aril sulfonat
- c. Olefin sulfat dan sulfonat

2. Deterjen kationik

Merupakan deterjen yang mengandung surfaktan kationik. Deterjen ini akan berubah menjadi partikel bermuatan positif ketika terlarut dalam air, biasanya

digunakan pada pelembut (softener). Selama proses pembuatannya tidak ada netralisasi tetapi bahan-bahan yang mengganggu dihilangkan dengan asam kuat untuk netralisasi. Agen aktif permukaan kationik mengandung kation rantai panjang yang memiliki sifat aktif pada permukaannya. Kelompok utama dari detergen kationik adalah :

- a. Amina asetat $(RNH_3)OOCCH_3$ (R=8 sampai 12 atom C)
- b. Alkil trimetil amonium klorida $(RN(CH_3))^{3+}$ (R=8 sampai 18 atom karbon)
- c. Dialkil dimetil amonium klorida $(R_2N(CH_3)_2)^+Cl^-$ (R=8 sampai 18 atom karbon)
- d. Lauril dimetil benzil amonium klorida $(R_2N(CH_3)_2CH_2C_2H_5)Cl$

3. Detergen nonionik

Merupakan senyawa yang tidak mengandung molekul ion sementara, kedua asam dan basanya merupakan molekul yang sama. Detergen ini tidak akan berubah menjadi partikel bermuatan apabila dilarutkan dalam air tetapi dapat bekerja di dalam air sadah dan dapat mencuci dengan baik hampir semua jenis kotoran. Kelompok utama dari detergen nonionik adalah :

- a. Etilen oksida atau propilen oksida
- b. Polimer polioksistilen
- c. Alkil amida

4. Detergen Amfoterik

Detergen jenis ini mengandung kedua kelompok kationik dan anionik. Detergen ini dapat berubah menjadi partikel positif, netral, atau negatif bergantung kepada pH air yang digunakan. Biasanya digunakan untuk mencuci alat-alat rumah tangga. Kelompok utama dari detergen ini adalah :

- a. Natrium lauril sarkosilat

b. Natrium mirazol

Berdasarkan kegunaannya jenis-jenis deterjen adalah sebagai berikut :

1. Detergen pencuci kain, mengandung alkohol etoksilat dan alkil fenoletoksilat.
2. Detergen pencuci piring mengandung zat seperti detergen pencuci tangan.
3. Detergen pembersih peralatan rumah tangga yang mengandung heksa dekiltrimetil amonium klorida.
4. Detergen pembersih industri mengandung zat seperti detergen pembersih rumah tangga.
5. Detergen pembersih gigi yang mengandung natrium lauril sarkosionat.
6. Detergen pelembut kain yang mengandung diokta dekildimetil amonium klorid.

7.5 Komposisi Pembuatan Sabun

Komposisi dari sabun yaitu, sebagai berikut : Campuran minyak kelapa, minyak zaitun, virgin coconut oil, minyak castor, Natrium Hiroksida, air, dan pewangi secukupnya.

7.6 Komposisi Pembuatan Deterjen

Komposisi dari deterjen yaitu, sebagai berikut :

1. *Abrasives*, yaitu menyediakan pelicin, scrubbing dan/atau pengkilap
2. *Acids*, yaitu untuk menetralsir atau mengatur kebasaaan dari komposisi lain
3. *Alkalis*, yaitu untuk menetralsir atau mengatur keasaman dari komposisi lain

4. *Antimicrobial agents*, yaitu untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan organisme yang dapat menyebabkan penyakit dan/atau bau
5. *Antiredeposition agents*, yaitu untuk mencegah kotoran balik lagi
6. *Bleaches*, yaitu untuk memutihkan, mencerahkan dan membersihkan noda
7. *Chlorine bleach*, yaitu sebagai desifektan
8. *Oxygen bleach*, dalam beberapa produk, dapat ditambahkan dengan activator pemutih untuk hasil yang lebih baik pada temperatur air yang rendah
9. *Colorant*, yaitu untuk mempertahankan warna
10. *Corrosion inhibitors*, yaitu untuk melindungi bagian mesin yang berupa logam dan lapisan penutup.

7.7 Cara Pembuatan Sabun

Pembuatan Sabun Mandi yaitu sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan: campuran minyak kelapa, minyak zaitun, virgin coconut oil, minyak castor (907 gram), natrium hidroksida (130 gram), air kualitas baik (295 gram), dan pewangi secukupnya (disini digunakan aroma mint).
2. Alat yang digunakan: Panci dan kompor untuk menghangatkan campuran minyak, wadah plastik dengan volume sekitar 5 liter sebagai tempat pembuatan, mixer untuk mencampurkan semua bahan, cetakan yang sesuai dari bahan plastik yang dilapisi dengan kertas minyak. Perlengkapan penunjang yang diperlukan dalam proses pembuatan sabun mandi ini antara lain: sarung tangan agar tangan tidak bersentuhan langsung dengan bahan terutama natrium hidroksida, kacamata agar mata tidak perih saat proses pencampuran, masker agar bahan tidak terhirup.
3. Prosedur Kerja :
 - a. Gunakan sarung tangan, masker dan kacamata sebagai perlindungan diri

- b. Masukkan air ke dalam wadah, tambahkan natrium hidroksida, aduk sampai larut, Diamkan beberapa saat hingga larutan menjadi hangat
- c. Panaskan campuran minyak diatas kompor dengan api sedang sampai suhu kira-kira sama dengan larutan air-natrium hidroksid
- d. Campurkan larutan airtatrium hidroksida dan campuran minyak yang telah dipanaskan, aduk dengan menggunakan mixer selama 2 menit sampai campuran agak mengental
- e. Tambahkan pewangi, mixer selama sekitar 1 menit
- f. Tuang ke dalam cetakan
- g. Tutup cetakan dengan plastik wrap, selimuti dengan kain, dan diamkan selama 1-2 hari hingga mengeras. Dalam hal ini didiamkan selama 1 minggu
- h. Keluarkan sabun dari cetakan. Kemas sesuai selera.

7.8 Cara Pembuatan Deterjen

Pembuatan Deterjen Cuci Piring yaitu sebagai berikut :

1. Bahan yang dibutuhkan: Texafon/ natrium lauril sulfat (1,7 Kg), natrum sulfat (800 gram), Camperlan (secukupnya), asam sitrat (200 ml), Dinatrium edetat (100 gram), methyl paraben, pewangi aroma jeruk nipis, pewarna hijau, dan air dengan kualitas baik (15 liter).
2. Alat yang dibutuhkan: Wadah plastik sebagai tempat pembuatan dengan volume sekurang-kurangnya 25 liter, pengaduk dari kayu atau plastik dengan ukuran sesuai dengan wadah yang digunakan, literan, corong, botol plastik sebagai kemasan
3. Prosedur Kerja :
 - a. Texafon dan natrium sulfat diaduk rata dalam wadah hingga memutih, kemudian ditambahkan sekitar 50% bagian air (sekitar 8 liter) sedikit demi sedikit, sambil terus diaduk hingga homogen

- b. Camperlan dicampurkan, aduk rata
- c. Tambahkan kembali sekitar 3 liter air, sambil terus diaduk
- d. Tambahkan asam sitrat dan semua air yang masih tersisa, aduk hingga homogen
- e. Tambahkan pewarna dan parfum, aduk hingga homogen
- f. Tambahkan fisatif, aduk hingga homogen
- g. Tambahkan dinatrium edetat sebagai pengawet
- h. Diamkan beberapa hari hingga larutan menjadi jernih. Pada kesempatan ini, didiamkan selama 1 minggu
- i. Deterjen cuci piring dikemas dalam botol yang sesuai

DAFTAR PUSTAKA

- Ophardt, C. E. 2003.Soap. <http://elmhurst.edu/-chm/vchembook/554soap.html>
- Sari, Tuti Indah. Julianti Perdana Kasih, Tri Jayanti Nanda Sari. Pembuatan Sabun Padat Dan Sabun Cair Dari Minyak Jarak. Jurnal Teknik Kimia, No. 1, Vol. 17, Januari 2010.
- Zulkifli, M dan Estiasih (2014) Sabun Dari Destilat Asam Lemak Minyak Sawit:Kajian Pustaka,Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTP Universitas Brawijaya Malang, Malang. Jurnal Pangan dan Agroindustri, Vol. 2(4):171-174

BAB 8

INDUSTRI PUPUK UREA

Oleh Muhrinsyah Fatimura

8.1 Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya alam yang melimpah dalam menyediakan bahan baku dalam mendukung industri petrokimia. Salah satunya gas alam yang merupakan bahan baku dalam industri petrokimia yang merupakan industri strategis yang menghasilkan bahan baku industri manufaktur. Industri petrokimia turunan gas alam masih sangat terbatas diantaranya industri yang sudah ada adalah industri amoniak dan metanol dimana turunan amoniak dapat menghasilkan pupuk urea beserta produksi Lanjutannya (Dwimasputra *et al.*, 2017). Dengan letak geografis negara indonesia yang memiliki iklim tropis yang memiliki dua musim yaitu musim penghujan dan kemarau dimana penyinaran matahari didapat sepanjang tahun menjadikan negara Indonesia menjadi negara agraris. berkembang di Indonesia. Menurut data dari Kementerian Pertanian Republik Indonesia, pada tahun 2018 dari total luas wilayah daratan 1.919.443 km luas lahan pertanian bukan sawah 23.724.917 ha dan luas lahan sawah adalah 7.105.145 ha . Data ini menunjukkan lahan pertanian digunakan sekitar 16% dari daratan Indonesia (Koesnadi, Muhammad and Darmawan, 2021). Melihat potensi perkebunan, pertanian dan tanaman yang memerlukan pupuk untuk meningkatkan kesuburuan dari tanaman lebih baik dan kondisi tanah. Penggunaan Urea sebagai pupuk banyak digunakan untuk lahan pertanian dan perkebunan. Urea adalah pupuk dengan kandungan nitrogen

yang penting. Pemanfaatannya terus meningkat yang banyak digunakan di seluruh dunia. Ini digunakan dalam pupuk padat, pupuk cair, resin formaldehida dan perekat. Rouelle pertama kali menemukan urea dalam urin pada tahun 1773. Penemuannya diikuti oleh sintesis urea dari amonia dan asam sianat oleh Woehler pada tahun 1828. Hal ini dipertimbangkan menjadi sintesis pertama senyawa organik dari senyawa anorganik. pada tahun 1870, Bassarow memproduksi urea dengan memanaskan amonium karbamat dalam tabung tertutup dalam keadaan apa sintesis pertama urea melalui dehidrasi. Rumus kimia, NH_2CONH_2 , menunjukkan bahwa urea dapat dianggap sebagai amida dari asam karbamat NH_2COOH , atau diamida asam karbonat $\text{CO}(\text{OH})_2$ (Kumar Bhaskar and Pratap Chandra Das, 2007) . Pupuk secara umum didefinisikan sebagai setiap bahan, organik atau anorganik, alami atau sintetis, yang memasok satu atau lebih unsur kimia yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Tujuan utama industri pupuk adalah menyediakan unsur hara primer dan sekunder yang dibutuhkan dalam jumlah makro. Nutrisi primer biasanya dipasok melalui pupuk kimia dimana senyawa kimia yang mengandung satu atau lebih nutrisi pokok dan umumnya diproduksi oleh reaksi kimia. Apa pun itu senyawa kimia, bahan yang paling penting untuk pertumbuhan tanaman adalah Nitrogen, Fosfor dan Kalium. Namun, konsentrasi dalam pupuk kimia dinyatakan sebagai persentase total nitrogen (N), tersedia fosfat (P_2O_5) dan larut K_2O (Kumar Bhaskar and Pratap Chandra Das, 2007). Indonesia memiliki pabrik pupuk urea yang tersebar di nusantara sebagai berikut yaitu PT Pupuk Sriwidjaja di Palembang Sumatera Selatan, PT Pupuk Iskandar Muda di Aceh, , PT Petrokimia Gresik di Gresik Jawa Timur , PT Pupuk Kujang di Cikampek Jawa Barat dan PT Pupuk Kalimantan Timur di Bontang Kalimantan Timur (Dwiputro *et al.*, 2021).

8.2 Urea

Urea adalah senyawa berbentuk serbuk putih, tidak berbau atau mengeluarkan bau ammonia, dan tidak berasa, mempunyai rumus molekul NH_2CONH_2 . Di dalam air, urea akan terhidrolisis menjadi ammonium karbamat ($\text{NH}_2\text{COONH}_4$) yang selanjutnya akan terdekomposisi menjadi NH_3 dan CO_2 .

Kandungan utama dari pupuk urea terdiri dari unsur C,H,O dan N.

Dimana Urea di produksi dengan mereaksikan amoniak (NH_3) dan Karbon dioksida (CO_2) yang berasal dari gas alam yang merupakan golongan hidrokarbon ringan dimana Nitrogen berasal dari udara. Untuk mendapatkan CO_2 berasal dari reaksi steam reforming yang juga terbentuk H_2 kemudian H_2 dan N_2 direaksikan menjadi amoniak yang akhirnya Bersama dengan CO_2 membentuk Pupuk Urea (Salimy *et al.*, 2012). Pupuk nitrogen nama lain dari pupuk urea memiliki daya kelarutan yang tinggi, sehingga akan memudahkan dalam aplikasi pemupukan, terutama tidak butuh waktu lama dalam proses mengaduk. Pupuk urea buatan yang merupakan pupuk tunggal, mengandung unsur hara utama nitrogen, berbentuk butiran (prill) atau gelintiran (granul) (Amalia and Fajri, 2020). Urea selain di gunakan sebagai pupuk juga merupakan bahan baku dalam memproduksi produk lain seperti urea fomaldehid, Urea Phospate, asam karbiturit, etil urea, kafein, hydrazine, asam sulfat, melamin, urea ammonium sulfat (Dwiputro *et al.*, 2021).

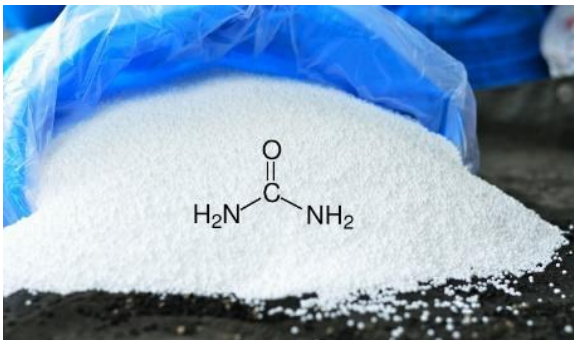
Pupuk kimia mengandung Nitrogen (N) berkadar tinggi yang berbentuk prill mengandung zat hara yang sangat diperlukan tanaman. Pupuk urea merupakan pupuk

yang mudah larut dalam air dan sifatnya sangat mudah menghisap air (higroskopis).

Tabel 8.1 Komposisi Urea Terdiri dari :

Kandungan	Jumlah
Nitrogen	46%w
Air	0,5%W
Biuret	1,5% W
Kadar Besi	1 ppm
Ammonia Bebas	50 ppm
Size 2-5 mm	98 % W
Under 2 mm	5 max%W
Over 4.5mm	7 max%W

Sumber (Indorama fertilizers, 2020)



Gambar 8.1. Bentuk butiran pupuk Urea

Sumber (Sela, 2023)

Manfaat pupuk Urea dalam industri pertanian :

1. Membuat Pertumbuhan menjadi maksimal terutama pada akar,batang dan daun tanaman.
2. Memperkuat akar dan batang tanaman dan membuat daun tanaman menjadi hijau.
3. Tanah menjadi subur dikarenakan meningkatkan aktivitas organisme.
4. Dalam tanaman Menambah kandungan protein.

5. Untuk semua jenis tanaman baik tanaman pangan, perkebunan dan hortikultura dapat digunakan.

Tabel 8.2 Sifat-sifat fisika dan kimia Urea

pH	kira-kira 9 pada 100 g/l 20 °C
Warna	Putih
Bentuk	Padat
Suhu penguraian	> 132 °C
Bau	Seperti Amonia
Titik lebur	133 °C
Flamabilitas (padatan, gas)	Produk ini tidak mudah-menyala.
Tekanan uap	< 0,1 hPa pada 20 °C
Koefisien partisi (n-oktanol/air)	log Pow: -1,59 (25 °C)
Densitas	1,34 g/cm pada 20 °C

Sumber : (PT Smart Lab Indonesia, 2019)

8.3 Diskripsi Proses Produksi Pupuk Urea

8.3.1 Bahan Baku

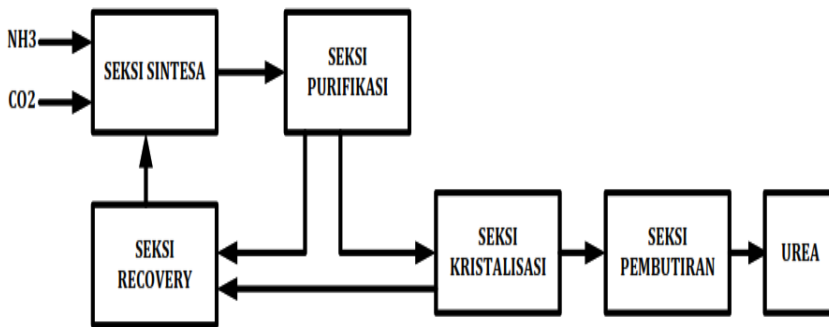
Bahan baku utama pembuatan Urea yaitu Amoniak Cair (NH_3) yang berasal dari gas alam dan Gas Karbon dioksida (CO_2). Selain bahan baku utama tersebut ada bahan baku penunjang dalam pembuatan urea terdiri dari steam, air demin, air pendingin, filter water, udara instrumen, udara pabrik, listrik. Untuk mengatasi kesedian gas alam yang semakin menipis akibat penggunaan selama ini beberapa perusahaan di Indonesia mengganti gas alam dengan batu bara. Dimana Indonesia memiliki cadangan batubara mencapai 39,57 ton dimana perlu dilakukan pengoptimalan selain digunakan sebagai bahan bakar saja salah satunya substitusi gas alam dengan batubara sebagai

bahan baku urea. Batubara apabila dilakukan proses gasifikasi dapat membentuk CO_2 dan H_2 dimana CO_2 akan di reaksikan dengan amoniak sementara H_2 yang terbentuk pada gasifikasi batubara di reaksikan dengan N_2 membentuk amoniak (Dwimasputra *et al.*, 2017).

8.3.2 Proses Pembuatan Pupuk urea

Proses produksi pupuk urea di bagi dalam beberapa tahapan yang di bagi dalam beberapa seksi yaitu (Arif, 2003):

- Seksi sintesa,
- Seksi purifikasi (Dekomposisi) ,
- Seksi *recovery*
- Seksi kristalisasi
- Seksi pembutiran .



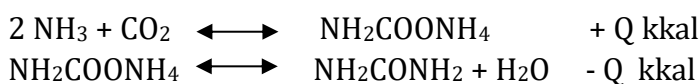
Gambar 8.2. Blok diagram pembagian seksi pembuatan Urea.
Sumber(Arif, 2003)

Seksi Sintesa

Pada unit ini merupakan seksi terpenting dalam pembuatan urea dimana disini terjadi reaksi pembentukan urea. Reaksi terjadi didalam reaktor urea dengan mereaksikan NH_3 dan CO_2 disini terjadi dua reaksi yaitu pertama pembentukan ammonium karbamat ($\text{NH}_2\text{COONH}_4$)

dengan reaksi eksotermis kemudian reaksi dehidrasi karbamate menjadi Urea (NH_2CONH_2) dan Air (H_2O) dengan reaksi endotermis (Muhammad, Nazaruddin and Siregar, 2020). Secara umum urea di hasilkan dengan cara mereaksikan Amoniak dan CO_2 pada temperatur 150-250 °C dan tekanan 12-40MPa dengan reaksi sebagai berikut (Johannes Henricus Mennen and Meessen, 2013).

Reaksi Utama :



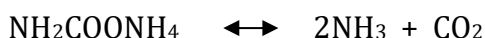
Reaksi Samping :



Urea yang terbentuk pada pada seksi sintesa sekitar 41 % berat selanjutnya masuk ke seksi purifikasi (Koesnadi, Muhammad and Darmawan, 2021).

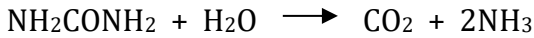
Seksi Purifikasi (Dekomposisi)

Urea yang terbentuk pada seksi sintesa dikirim di seksi purifikasi. pada seksi ini Amoniak, CO_2 H_2O serta ammonium karbamat yang tidak berreaksi dipisahkan dari Urea. Pada seksi ini terjadi pada dua peralatan yaitu *high pressure decomposer* dan *low pressure decomposer*. pada seksi ini terjadi penurunan tekanan dan temperatur untuk memisahkan Urea dari amonium karbamat yang akan terdekomposisi menjadi amoniak dan CO_2 yang selanjutnya akan di kirim ke seksi recovery yang akan di *recycle* ke dalam reaktor untuk di reaksi kembali (Arif, 2003).



Proses dekomposisi terjadi pada temperatur 120 - 165 °C. Penurunan tekanan pada seksi ini sama halnya dengan

menaikkan temperatur. Selama proses dekomposisi, terjadinya proses hidrolisis urea dimana menjadi faktor yang penting reaksi hidrolisis urea sebagai berikut (Arif, 2003).



Pada tekanan partial ammonia yang rendah dan temperatur di atas 90°C, urea akan terkonversi membentuk ammonia dan biuret seperti reaksi di bawah ini (Arif, 2003).



Amoniak, CO₂ dan ammonium karbamat hasil dari dekomposisi dan hasil hidrolisis urea serta konversi urea di kirim kembali ke unit recovery untuk nantinya di *recycle* kembali ke seksi sintesis atau masuk kembali ke reaktor. Pada seksi ini urea yang terbentuk memiliki kadar 85% berat (Koesnadi, Muhammad and Darmawan, 2021) .

Seksi Recovery

Pada seksi *recovery* umpan berasal dari seksi purifikasi yaitu amoniak dan CO₂, H₂O yang tidak terkonversi menjadi urea serta amonium karbamat yang terbentuk di Dalam seksi ini akan di absorpsi oleh absorben air dan urea solution disebut juga *mother liquor* yang akan di *recycle* kembali ke dalam reaktor sintesis urea (Arif, 2003).

Seksi Kristalisasi

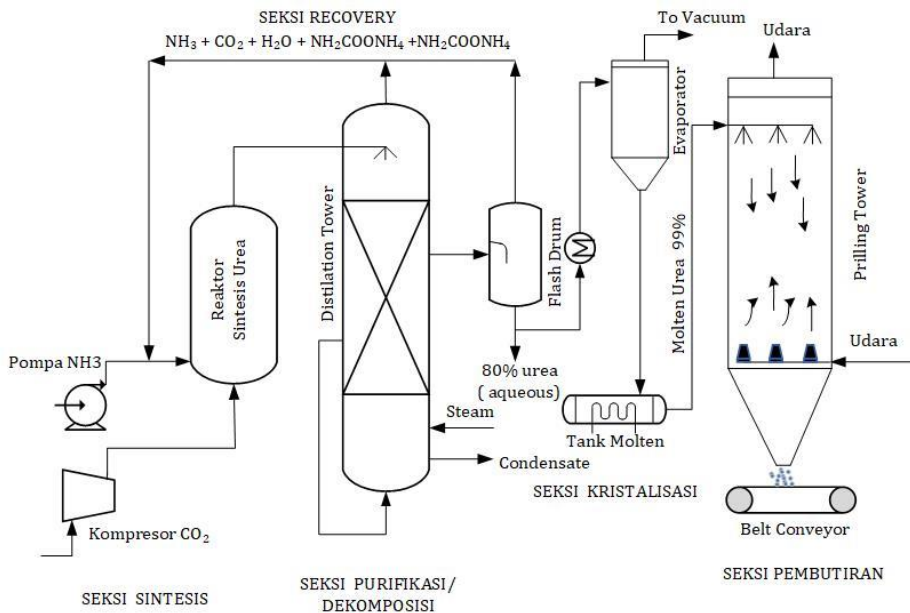
Urea dalam bentuk larutan diumpankan pada unit ini di pekatkan menjadi 98% berat untuk membuat urea menjadi granular dengan cara proses vakum. Dimana dilakukan menjadi dua tahapan yaitu yang pertama melakukan pemekatan dengan cara di evaporasi 95 % urea dilanjutkan dengan menaikkan konsentrasi urea dari 95 % menjadi 98% Berat semua proses di lakukan secara vakum

selanjutnya masuk ke unit granulator untuk merubah larutan urea menjadi bentuk granular atau pembutiran (Koesnadi, Muhammad and Darmawan, 2021).

Seksi Pembutiran

Urea yang sudah mengalami proses kristalisasi dengan konsentrasi urea sebesar 98-99% berat masuk kedalam Menara prilling tower untuk dilakukan proses pembutiran dengan menggunakan *spray crystallizer* dimana terdapat dua proses yaitu solidifikasi dan proses pendinginan yang terjadi didalam Menara *prilling tower* (Dwiputro *et al.*, 2021). Dimana larutan urea di spraykan dari *spray crystallizer* dari Menara prilling tower dengan kondisi operasi tekanan 1 atm dan temperature 50° C di hembuskan udara secara *counter current* untuk dilakukan pendinginan butiran urea yang berbentuk prill dengan ukuran butiran sebesar 1-3,35 mm (Dwimasputra *et al.*, 2017).

Secara umum proses pembuatan urea dapat digambarkan pada diagram alir proses pembuatan urea.



Gambar 8.3. Diagram Alir Proses Pembuatan Urea
(Sumber :Chemical Engineering world, 2020)

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, D. and Fajri, R. (2020) 'Analisis Kadar Nitrogen Dalam Pupuk Urea Prill Dan Granule Menggunakan Metode Kjeldahl Di Pt Pupuk Iskandar Muda', *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 2(1), pp. 28–32. doi:10.33059/jq.v2i1.2639.
- Arif, A. (2003) 'Pabrik Urea', in PT Pupuk Sriwijaya (ed.). Palembang, pp. 6–19.
- Chemical Engineering world (2020) *Urea Manufacturing Process*. Available at: <https://chemicalengineeringworld.com/urea-manufacturing-process/>.
- Dwimasputra, A. *et al.* (2017) 'Desain Pabrik Pupuk Urea berbahan baku Batubara Kelas Rendah di Kabupaten Muara Enim Sumatera Selatan', *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), pp. 1–4. doi:10.12962/j23373539.v6i2.24838.
- Dwiputro, M.I. *et al.* (2021) *Pra Desain Pabrik Urea dari Amonia dan CO2 Berbasis Proses Stamicarbon CO2 Stripping*, *Jurnal Teknik ITS*. doi:10.12962/j23373539.v10i1.61759.
- Indorama fertilizers (2020) *Specification Of Granular Urea*. Available at: <https://www.indoramafertilizers.com/article/33/urea.html>.
- Johannes Henricus Mennen and Meessen, J.H. (2013) 'Urea Production Plant'. Den Haag. Available at: <https://patents.google.com/patent/CA2871771C/en>.
- Koesnadi, C.S., Muhammad, F. and Darmawan, R. (2021) 'Pra Desain Pabrik Pembuatan Pupuk Urea dari Gas Alam Menggunakan Metode Snamprogetti dengan Kapasitas 626.000 Ton/tahun', *Jurnal Teknik ITS*, 10(2). doi:10.12962/j23373539.v10i2.70571.
- Kumar Bhaskar and Pratap Chandra Das (2007) 'Manufacture of Urea', *National institute of technology*,

pp. 1–86. Available at:
<http://ethesis.nitrkl.ac.in/4237/>.

Muhammad, A., Nazaruddin, Y.Y. and Siregar, P.I. (2020) 'Pemodelan pada Unit Reaktor Pabrik Urea dengan Menggunakan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)', *Jurnal Otomasi, Kontrol, dan Instrumentasi*, 12(1), p. 9. doi:10.5614/joki.2020.12.1.2.

PT Smart Lab Indonesia (2019) *Lembaran Data Keselamatan Bahan Urea*. Available at:
<https://www.smartlab.co.id/#/chemicals/products/search/urea/178?categoryName=Urea¶mName=Urea>.

Salimy, D.H. *et al.* (2012) 'Pada Pabrik Pupuk Urea', pp. 65–73.

Sela, G. (2023) *Urea fertilizers and how to use them without risking your crop*. Available at:
<https://croipaia.com/blog/urea-fertilizers/>.

BAB 9

INDUSTRI SEMEN

Oleh Rakhmad Armus

9.1 Pendahuluan

Semen (*cement*) adalah hasil industri dari paduan bahan baku: batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/bulk, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membantu pada pencampuran dengan air. Bila semen dicampurkan dengan air, maka terbentuklah beton. Beton nama asingnya, concrete-diambil dari gabungan prefiks bahasa Latin *com*, yang artinya bersama-sama, dan *crescere* (tumbuh), yang maksudnya kekuatan yang tumbuh karena adanya campuran zat tertentu. (Umardani and Buhori, 2007)

Batu kapur/gamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa kalsium oksida (CaO), sedangkan lempung/tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa: silika oksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3) dan magnesium oksida (MgO). Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk clinkernya, yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips (gypsum) dalam jumlah yang sesuai. Hasil akhir dari proses produksi dikemas dalam kantong/zak dengan berat rata-rata 40 kg atau 50 kg. Dalam pengertian umum, semen adalah suatu binder, suatu zat yang dapat menetapkan dan mengerasakan dengan bebas, dan dapat mengikat material lain. Abu vulkanis dan batu bata yang dihancurkan yang ditambahkan

pada batu kapur yang dibakar sebagai agen pengikat untuk memperoleh suatu pengikat hidrolis yang selanjutnya disebut sebagai “*cementum*”.

9.2 Karakteristik Semen

Semen yang digunakan dalam konstruksi digolongkan dalam semen hidrolis dan semen non-hidrolis. Semen hidrolis adalah material yang menetap dan mengeras setelah dikombinasikan dengan air, sebagai hasil dari reaksi kimia dari pencampuran dengan air, dan setelah pembekuan, mempertahankan kekuatan dan stabilitas bahkan dalam air. Pedoman yang dibutuhkan dalam hal ini adalah pembentukan hidrat pada reaksi dengan air segera mungkin. Kebanyakan konstruksi semen saat ini adalah semen hidrolis dan kebanyakan didasarkan pada semen Portland, yang dibuat dari batu kapur, mineral tanah liat tertentu, dan gipsum, pada proses dengan temperatur yang tinggi yang menghasilkan karbon dioksida dan berkombinasi secara kimia yang menghasilkan bahan utama menjadi senyawa baru.

Semen non-hidrolis meliputi material seperti batu kapur dan gipsum yang harus tetap kering supaya bertambah kuat dan mempunyai komponen cair. Contohnya adukan semen kapur yang ditetapkan hanya dengan pengeringan, dan bertambah kuat secara lambat dengan menyerap karbon dioksida dari atmosfer untuk membentuk kembali kalsium karbonat. Penguatan dan pengerasan semen hidrolis disebabkan adanya pembentukan air yang mengandung senyawa-senyawa pembentukan sebagai hasil reaksi antara komponen semen dengan air. Reaksi dan hasil reaksi mengarah kepada hidrasi dan hidrat secara berturut-turut. Sebagai hasil dari reaksi awal dengan segera, suatu pengerasan dapat diamati pada awalnya dengan sangat kecil

dan akan bertambah seiring berjalannya waktu. Setelah mencapai tahap tertentu, titik ini diarahkan pada permulaan tahap pengerasan. Penggabungan lebih lanjut disebut penguatan setelah mulai tahap pengerasan.

9.3 Jenis-jenis Semen

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI), semen dibagi menjadi beberapa Jenis-jenis Semen

1. **Semen Abu atau semen** Portland adalah bubuk/bulk berwarna abu kebiru-biruan, dibentuk dari bahan utama batu kapur/gamping berkadar kalsium tinggi yang diolah dalam tanur yang bersuhu dan bertekanan tinggi. Semen ini biasa digunakan sebagai perekat untuk memplester. Semen ini berdasarkan prosentase kandungan penyusunannya terdiri dari 5 tipe.
2. **Semen Putih** (*gray cement*) adalah semen yang lebih murni dari semen abu dan digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (*finishing*), seperti sebagai filler atau pengisi. Semen jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (*calcite*) limestone murni.
3. ***Oil Well Cement*** atau semen sumur minyak adalah semen khusus yang digunakan dalam proses pengeboran minyak bumi atau gas alam, baik di darat maupun di lepas pantai.
4. ***Mixed & Fly Ash Cement*** adalah campuran semen abu dengan Pozzolan buatan (*fly ash*). Pozzolan buatan (*fly ash*) merupakan hasil sampingan dari pembakaran batubara yang mengandung amorphous silica, aluminium oksida, besi oksida dan oksida lainnya dalam variasi jumlah. Semen ini digunakan sebagai campuran untuk membuat beton, sehingga menjadi lebih keras.

5. **Super Masonry Cemen.** Semen ini lebih tepat digunakan untuk konstruksi perumahan gedung, jalan dan irigasi yang struktur betonnya maksimal K225. Dapat juga digunakan untuk bahan baku pembuatan genteng beton, hollow brick, paving block, tegel dan bahan bangunan lainnya
6. **Portland Pozzolan Cement.** Adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling clinker, gypsum dan bahan pozzolan. Produk ini lebih tepat digunakan untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang, seperti: jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, bangunan irigasi dan fondasi pelat penuh.



Gambar 9.1. Jenis Semen Portland dan Oil

Sumber: <https://sementigaroda.com>

Portland Composite Cement. Digunakan untuk bangunan-bangunan pada umumnya, sama dengan penggunaan OPC dengan kuat tekan yang sama. PCC mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah selama proses pendinginan dibandingkan dengan OPC, sehingga pengerjaannya akan lebih mudah dan menghasilkan permukaan beton/plester yang lebih rapat dan lebih halus.

9.4 Tipe-Tipe Semen

Berdasarkan prosentase kandungan penyusunnya, semen Portland terdiri dari 5 tipe yaitu :

1. Semen Portland tipe I

Adalah perekat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang kandungan utamanya kalsium silikat dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 55% (C_3S); 19% (C_2S); 10% (C_3A); 7% (C_4AF); 2,8% MgO; 2,9% (SO_3); 1,0% hilang dalam pembakaran, dan 1,0% bebas CaO.

2. Semen Portland tipe II

Dipakai untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal, dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat dan lain-lain. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 51% (C_3S); 24% (C_2S); 6% (C_3A); 11% (C_4AF); 2,9% MgO; 2,5% (SO_3); 0,8% hilang dalam pembakaran, dan 1,0% bebas CaO.

3. Semen Portland tipe III

Dipakai untuk konstruksi bangunan dari beton massa (tebal) yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang, misal bangunan dipinggir laut, bangunan bekas tanah rawa, saluran irigasi, dam-dam. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 57% (C_3S); 19% (C_2S); 10% (C_3A); 7% (C_4AF); 3,0% MgO; 3,1% (SO_3); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 1,3% bebas CaO.

4. Semen Portland tipe IV

Dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi, misal untuk

pembuatan jalan beton, bangunan-bangunan bertingkat, bangunan-bangunan dalam air. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 28% (C₃S); 49% (C₂S); 4% (C₃A); 12% (C₄AF); 1,8% MgO; 1,9% (SO₃); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 0,8% bebas CaO.

5. Semen Portland tipe V

Dipakai untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan dan pembangkit tenaga nuklir. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 38% (C₃S); 43% (C₂S); 4% (C₃A); 9% (C₄AF); 1,9% MgO; 1,8% (SO₃); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 0,8% bebas CaO.

Semakin baik mutu semen, maka semakin lama mengeras atau membatunya jika dicampur dengan air, dengan angka-angka hidrolitas yang dapat dihitung dengan rumus:

$$(\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3) : (\% \text{CaO} + \% \text{MgO})$$

Angka hidrolitas ini berkisar antara 1/2 (keras sekali). Namun demikian dalam industri semen angka hidrolitas ini harus dijaga secara teliti untuk mendapatkan mutu yang baik dan tetap, yaitu antara 1/1,9 dan 1/2,15.

9.5 Proses Pembuatan Semen

Proses pembuatan semen dapat dibedakan menurut :

1. Proses basah Pada proses basah semua bahan baku yang ada dicampur dengan air, dihancurkan dan diuapkan kemudian dibakar dengan menggunakan

bahan bakar minyak, bakar (*bunker crude oil*). Proses ini jarang digunakan karena masalah keterbatasan energi BBM.

2. Proses kering, Pada proses kering digunakan teknik penggilingan dan *blending* kemudian dibakar dengan bahan bakar batubara.

Proses ini meliputi lima tahap pengelolaan yaitu :

1. Proses pengeringan dan penggilingan bahan baku di rotary dryer dan roller meal.
2. Proses pencampuran (*homogenizing raw meal*) untuk mendapatkan campuran yang homogen.
3. Proses pembakaran raw meal untuk menghasilkan terak (*clinker*: bahan setengah jadi yang dibutuhkan untuk pembuatan semen).
4. Proses pendinginan terak.
5. Proses penggilingan akhir di mana clinker dan gypsum digiling dengan cement mill.

Dari proses pembuatan semen di atas akan terjadi penguapan karena pembakaran dengan suhu mencapai 900 derajat Celcius sehingga menghasilkan: residu (sisa) yang tak larut, sulfur trioksida, silika yang larut, besi dan aluminium oksida, oksida besi, kalsium, magnesium, alkali, fosfor, dan kapur bebas.

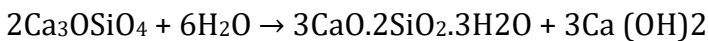
9.6 Tahapan proses produksi semen

Secara garis besar proses produksi semen melalui 6 tahap, yaitu :

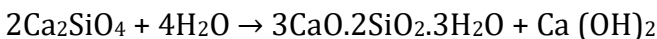
1. Penambangan dan penyimpanan bahan mentah Semen yang paling umum yaitu semen portland memerlukan empat komponen bahan kimia yang utama untuk mendapatkan komposisi kimia yang sesuai. Bahan tersebut adalah kapur (batu kapur), silika (pasir silika),

alumina (tanah liat), dan besi oksida (bijih besi). Gypsum dalam jumlah yang sedikit ditambahkan selama penghalusan untuk memperlambat pengerasan.

2. Penggilingan dan pencampuran bahan mentah Semua bahan baku dihancurkan sampai menjadi bubuk halus dan dicampur sebelum memasuki proses pembakaran.
3. Homogenisasi dan pencampuran bahan mentah
1. Pembakaran Tahap paling rumit dalam produksi semen portland adalah proses pembakaran, dimana terjadi proses konversi kimiawi sesuai rancangan dan proses fisika untuk mempersiapkan campuran bahan baku membentuk klinker. Proses ini dilakukan di dalam rotary kiln dengan menggunakan bahan bakar fosil berupa padat (batubara), cair (solar), atau bahan bakar alternatif. Batubara adalah bahan bakar yang paling umum dipergunakan karena pertimbangan biaya.
4. Penggilingan hasil pembakaran Proses selanjutnya adalah penghalusan klinker dengan tambahan sedikit gypsum, kurang dari 4%, untuk dihasilkan semen portland tipe 1. Jenis semen lain dihasilkan dengan penambahan bahan aditif posolon atau batu kapur di dalam penghalusan semen.
5. Pendinginan dan pengepakan Reaksi-reaksi yang terjadi Reaksi alite dengan air:

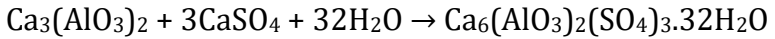


Reaksi ini relatif cepat, menyebabkan penetapan dan perkembangan penguatan pada beberapa minggu pertama. Reaksi dari belite:

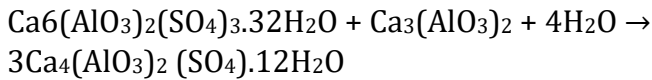


Reaksi ini relatif lambat, dan berperan untuk meningkatkan penguatan setelah satu minggu. Hidrasi trikalsium aluminat dikontrol oleh penambahan kalsium

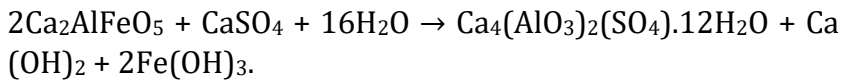
sulfat, yang dengan seketika menjadi cairan pada saat penambahan air. Pertama-tama, etringit dibentuk dengan cepat, menyebabkan hidrasi yang lambat.



Sesudah itu etringit bereaksi secara lambat dengan trikalsium aluminat lebih lanjut untuk membentuk “monosulfat”.



Reaksi ini akan sempurna setelah 1-2 hari. Kalsium aluminoforit bereaksi secara lambat karena adanya hidrasi besi oksida.



9.7 Dampak Industri Semen terhadap Lingkungan

Berdasarkan bahan baku dan bahan bakar yang digunakan serta proses produksi, industri semen menyebabkan dampak lingkungan sebagai berikut :

1. Lahan Penurunan kualitas kesuburan tanah akibat penambangan tanah liat. Perubahan tata-guna tanah akibat kegiatan penambangan dan penyerapan lahan serta pembangunan fasilitas lainnya, menyebabkan penurunan kapasitas air tanah yang pada akhirnya akan berpengaruh pada kuantitas air sungai di sekitarnya. Hal ini akan menyebabkan keimbangan lingkungan setempat.
2. Air Kualitas air menurun akibat limbah cair dari pabrik dalam bentuk minyak dan sisa air dari kegiatan

penambangan. Menimbulkan lahan kritis yang mudah terkena erosi dan pendangkalan dasar sungai, yang pada akhirnya akan menimbulkan banjir pada musim hujan. Kuantitas air atau debit air menjadi berkurang karena hilangnya vegetasi pada suatu lahan akan mengakibatkan penyerapan air hujan oleh tanah di tempat itu berkurang, sehingga persediaan air tanah menipis. Sungai menjadi kering pada musim kemarau dan banjir pada musim hujan karena tanah tidak mampu lagi menyerap air.

3. Udara Debu yang dihasilkan pada waktu pengadaan bahan baku dan selama proses pembakaran dan debu yang dihasilkan selama pengangkutan bahan baku ke pabrik dan bahan jadi ke luar pabrik, termasuk pengantongannya. Debu yang secara visual terlihat di kawasan pabrik dalam bentuk kabut dan kepulan debu menimbulkan pencemaran udara serius. Suhu udara di sekitar pabrik naik. Gas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar minyak bumi dan batu bara, berupa gas CO, CO₂, SO₂ dan gas lainnya yang mengandung hidrokarbon dan belerang.

9.8 Penemuan Semen Terbaru

9.8.1 Ekosemen

Jepang telah berhasil mengubah sampah menjadi produk semen yang kemudian dinamakan ekosemen. Kata ekosemen sendiri diambil dari penggabungan kata “ekologi” dan “semen”. Diawali penelitian di tahun 1992, para peneliti Jepang (yang tergabung dalam NEDO) telah meneliti kemungkinan abu hasil pembakaran sampah dan endapan air kotor sebagai bahan semen. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa abu hasil pembakaran sampah

mengandung unsur yang sama dengan bahan dasar semen pada umumnya. Pada tahun 2001, pabrik pertama di dunia yang mengubah sampah menjadi semen resmi beroperasi di Chiba (Kartika sari et al., 2007; Umardani and Buhori, 2007). Di Jepang, sampah terbagi menjadi tiga macam, salah satunya adalah sampah terbakar (terdiri atas sampah organik, kertas, dll) dan sampah tidak terbakar (plastik, dll). Setiap tahunnya, penduduk Jepang membuang sekitar 37 juta ton untuk sampah terbakar. Kemudian sampah tersebut dibakar (diinsenerasi) dan menghasilkan abu (inceneration ash) mencapai 6 ton/tahunnya. Dari abu inilah kemudian dijadikan sebagai bahan dari pembuatan ekosemen. Abu ini dan endapan air kotor mengandung senyawa-senyawa dalam pembentukan semen biasa yaitu senyawa-senyawa oksida seperti CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 . Oleh karena itu, abu insenerasi ini dapat berfungsi sebagai pengganti clay (tanah liat) yang digunakan dalam pembentukan semen biasa.

9.8.2 Proses Pembuatan Ekoseme

Pada pembuatan ekosemen, secara prinsip sama dengan pembuatan semen biasa. Perbedaannya terletak pada abu insenerasi, sewage sludge, dan limbah lainnya yang digunakan sebagai pengganti clay dan sebagian limestone. Adapun prosesnya sebagai berikut :

1. *Reprocessing Raw material* (inceneration ash dan endapan air kotor rumah tangga) diproses terlebih dahulu, seperti dengan pengeringan (drying), crushing, dan logam yang masih terkandung dalam raw material dipisahkan dan didaur ulang.
2. *Raw Material Drying and Pulverizing*, Setelah dikeringkan, raw material dihancurkan pada raw grinding/drying mills bersamaan dengan natural raw material.

3. *Raw Material Mixing*, Kemudian dimasukkan ke dalam homogenizing tank bersamaan dengan fy ash (abu yang dihasilkan dari pembangkit listrik batubara) dan blast furnace slag (limbah yang dihasilkan industri besi). Dua homogenizing tank ini dimasukkan untuk memperoleh penentuan komposisi kimia yang diinginkan.
4. *Firing* Setelah itu dimasukkan ke dalam rotary kiln untuk kemudian dibakar pada suhu diatas 1350°C. Pada proses ini, dioksin dan senyawa berbahaya lainnya yang terkandung pada inceneration ash akan terurai dengan aman. Gas limbah dari rotary kiln kemudian didinginkan secara cepat hingga suhu 200°C untuk mencegah terbentuknya dioksin kembali. Pada proses ini pula logam berat yang masih terkandung dipisahkan dan dikumpulkan ke dalam bag filter sebagai debu yang mengandung klorin. Debu ini kemudian dialirkan ke Heavy Metal Recovery Process. Pada proses ini, klorin yang masih terkandung akan dihilangkan dan menghasilkan sebuah articial ore seperti tembaga dan timbal yang kemurniaannya mencapai 35% atau lebih. Pada proses firing ini akan menghasilkan clinker yang kemudian dikirim ke clinker tank.
5. *Product Pulverizing*, Process Gypsum ditambahkan bersama clinker dan campuran tersebut akan dihancurkan pada finish mills yang kemudian akan menghasilkan produk ekosemen. Hingga saat ini terdapat dua macam tipe ekosemen (berdasarkan penambahan alkali dan kandungan klorin) yaitu tipe biasa dan tipe pengerasan cepat. Ekosemen tipe biasa mempunyai kualitas yang sama baiknya dengan semen portland biasa. Tipe semen ini digunakan

sebagai bahan campuran beton. Sedangkan ekosemen tipe kedua memiliki kekuatan beton dan pengerasan yang lebih cepat dibanding semen portland tipe high early strength. Ekosemen tipe ini digunakan pada architectural block, exterior wall material, roof material, wave dissipating concrete block, dll. Yang menjadi masalah adalah kandungan Cl yang begitu tinggi pada abu insenerasi dan logam berat yang terkandung yang dapat mengakibatkan masalah pada sistem operasi dan mengurangi kualitas dan pengamanan material pada semen. Sedangkan kandungan CaO yang masih kurang pada abu insenerasi dapat dicukupi dengan penambahan batu kapur. Dalam pembuatan ekosemen ini, klorin dan logam berat yang terkandung pada abu insenerasi akan diekstrak menjadi bijih tiruan yang kemudian didaur ulang. Plastik vinil yang terdapat dalam sampah pada proses pembakaran akan mengakibatkan kekuatan konkrit ekosemen akan berkurang. Hal ini diakibatkan oleh adanya gas Cl_2 hasil penguraian plastik vinil yang dapat mempengaruhi kekuatan konkrit ekosemen. Sehingga pemisahan sampah sangatlah penting, khususnya sampah plastic.

9.8.3 Portland Pozzolon Cemen

Semen Pozolan Jenis semen alternatif yang harganya relatif murah dan teknologi proses pembuatannya sederhana adalah semen pozolan. Semen ini dibuat dari campuran bahan pozolan dan kapur padam dengan tidak melalui proses pemanasan (Ramadhani et al., 2017). Bahan pozolan berasal dari batuan produk gunung api dan biasanya batuan tersebut telah mengalami pelapukan baik

pelapukan fisik maupun kimia. Sedangkan kapur padam berasal dari batugamping dengan melalui proses pembakaran menghasilkan kapur tohor. Kemudian pada kapur tohor tersebut ditambahkan air sehingga terbentuk kapur padam. Potensi batuan produk gunungapi dan batugamping sangat melimpah di Indonesia. Di era Otonomi Daerah, pengembangan industri semen pozolan sangat tepat untuk diaplikasikan daerah-daerah yang mempunyai potensi bahan pozolan dan batu kapur (batugamping) (Nasution et al., 2019).



Gambar 9.2. Jenis semen Pozzolon Portland (PPC)

Sumber: <https://indonusa-conblock.com/portland-pozzolan-cement/>

Pada kegiatan evaluasi bahan baku semen pozolan telah dilakukan pekerjaan pemetaan topografi dan geologi serta pemboran pada endapan bahan pozolan berupa zeolit dengan tujuan untuk mengetahui volume bahan bakunya. Zeolit merupakan senyawa alumino-silikat terhidrasi yang secara fisik dan kimia mempunyai kemampuan sebagai bahan penyerap (adsorpsi), penukar kation dan katalis. Unsur utama mineral zeolit terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Zeolit terbentuk karena proses diagenetik, proses hidrotermal dan proses sedimentasi batuan produk gunungapi (batuan piroklastik) berukuran debu pada lingkungan danau yang bersifat alkali. Mineral-mineral yang

termasuk dalam grup zeolit pada umumnya dijumpai dalam batuan tufa yang terbentuk dari hasil sedimentasi debu gunungapi yang telah mengalami proses alterasi. Mineral-mineral utama pembentuk zeolit hanya ada sembilan jenis, yaitu analsim, kabasit, klinoptilolit, Erionit, mordenit, ferrierit, heulandit, laumontit dan fillipsit. Di Indonesia jenis mineral zeolit yang terbanyak adalah klinoptilolit dan mordenit. Geopolimer Semen Akhir-akhir ini, industri semen dan beton semakin sering disorot, khususnya oleh para pecinta lingkungan. Ini disebabkan emisi karbon dioksida, komponen terbesar gas rumah kaca, yang dihasilkan dari proses kalsinasi kapur dan pembakaran batu bara (Armstrong et al., 2022). Isu lingkungan ini tampaknya akan memainkan peran penting dalam kaitan dengan isu pembangunan berkelanjutan di masa mendatang (Widodo et al., 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Armus, R., Mukrim, M.I., Makbul, R., Bachtiar, E., Tangio, J.S., Sitorus, E., Mahyati, M., Gala, S., Tanri, C.S., Fatma, F., others, 2022. *Pengelolaan Sampah Padat*. Yayasan Kita Menulis.
- Kartika sari, R., Sukrisno, R., Ilman, M.N., 2007. Karakterisasi Ball Mill Import pada Industri Semen di Indonesia. *Inst. Res. Community Outreach - Petra Christ. Univ.* Vol. 9 No. 1 (2007): APRIL 2007.
- Nasution, M.H., Putri, N.B.N., Candra, L., 2019. Pengaruh Komposisi Gypsum Terhadap Setting Time Pada Proses Produksi Semen PCC. *Univ. Ahmad Dahlan* Vol 6, No 1 (2019): Juni 2019.
- Ramadhani, A., Assomadi, A.F., Hermana, J., 2017. Pemodelan Dispersi Debu Industri Semen di Kabupaten Tuban Jawa Timur. *Dir. Ris. Dan Pengabd. Masy. DRPM ITS* Vol 6, No 2 (2017).
- Umardani, Y., Buhori, M., 2007. KARAKTERISASI MATERIAL BALL MILL PADA PROSES PEMBUATAN SEMEN DENGAN METODA PENGUJIAN KEKERASAN, MIKROGRAFI DAN KEAUSAN. *Dep. Tek. Mesin Fak. Tek. Univ. Diponegoro* Volume 9, Nomor 4, Oktober 2007.
- Widodo, D., Kristianto, S., Susilawaty, A., Armus, R., Sari, M., Chaerul, M., Ahmad, S.N., Damanik, D., Sitorus, E., Marzuki, I., others, 2021. *Ekologi dan Ilmu Lingkungan*. Yayasan Kita Menulis.
- Riadi, Muchlisin. (2018). *Jenis, Bahan Baku dan Proses Pembuatan Semen*. Diakses pada 7/4/2023, dari <https://www.kajianpustaka.com/2018/12/jenis-bahan-baku-dan-proses-pembuatan-semen.html>

BAB 10

INDUSTRI KERAMIK

Oleh Andi Nuraliyah

10.1 Pengertian Industri Keramik

Kata Yunani untuk keramik adalah "Keramos" yang berarti pot atau wadah yang terbuat dari tanah. (Astuti, 1997). Yang dimaksud dengan bahan atau produk keramik adalah semua bahan yang terbuat dari bahan tanah liat atau bahan silikat yang proses pembuatannya dengan cara dibakar pada suhu tinggi. (Astuti, 1997). Sedangkan definisi Industri keramik adalah usaha atau aktivitas yang mengolah komponen bahan tambang yang mengandung oksida nonlogam, misalnya kaolin, feldspar, pasir silika dan tanah liat melalui proses pembakaran pada suhu sekitar 1300°C (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, 2008). Produk keramik diklasifikasikan sebagai termoset, yaitu suatu benda yang tidak dapat berubah kebentuk asli setelah mengalami pemanasan dan pendinginan. Karakteristik industri keramik yaitu padat karya, padat energi, serta menggunakan bahan baku yang tidak terbarukan.

10.2 Perkembangan Industri Keramik di Indonesia

Industri keramik telah berkontribusi penting dalam mendukung pengembangan nasional melalui penyerapan tenaga kerja, penyediaan kebutuhan dalam negeri dan perolehan devisa. Kemajuan Industri keramik di Indonesia saat ini tidak lepas dari sejarah panjang pemanfaatan bahan

keramik beberapa abad yang lalu. Adapun sejarah perkembangan industri keramik di Indonesia yaitu :

a. Jaman Penjajahan Belanda

Inovasi pembuatan keramik di Indonesia awalnya dikembangkan pada jaman penjajahan Belanda tahun 1922, yang ditandai dengan didirikannya laboratorium keramik di Bandung yang dikenal dalam istilah belanda "*Het Keramische Laboratorium*". Laboratorium ini dikhususkan sebagai pusat *research* bahan bangunan yang terbuat dari tanah liat seperti genteng, bata dan saluran air. Selain itu, inovasi teknologi glasir juga dikembangkan untuk barang gerabah halus yang disebut '*aardewerk*'. Bahan glasir diimpor dari Belanda.

b. Jaman Penjajahan Jepang

Setelah penjajahan Belanda digantikan oleh pendudukan tentara Jepang, industri keramik yang ada di Bandung berganti nama menjadi "*Toki Shinkenjo*". Fasilitas penelitian ini dibuat untuk memproduksi barang-barang keramik dengan suhu bakar tinggi, guna memenuhi keperluan tentara Jepang di Indonesia, seperti botol sake bata tahan api dan sebagainya.

c. Jaman Setelah Indonesia Merdeka

"*Toki Shinkenjo*" yang dibentuk pada masa pemerintahan Jepang kemudian berganti nama menjadi Balai Penyelidikan Keramik (BPK) sejak Indonesia merdeka. Peran dan fungsi BPK terus berkembang, tidak hanya memproduksi barang-barang gelas, keramik dan isolator listrik tetapi juga berperan melakukan kegiatan pengkajian bahan baku keramik yang ditemukan di beberapa tempat.

Kemunculan beberapa pabrik keramik di beberapa kota lain di Indonesia diawali dengan penemuan bahan baku yang banyak tersedia seperti: kaolin, feldspat dan kwarsa pada tahun 1960. Berbagai hasil olahannya antara lain benda hias, barang tahan api, alat-alat teknik, gips, peralatan makan dan minum serta bata tahan api. Sekitar tahun 1969 BPK mengembangkan keramik 'biru putih' yaitu tiruan keramik China yang dibakar pada suhu 1300°C. Beberapa pabrik keramik yang kemudian bermunculan yakni pabrik keramik di Tanah Agung di kota Malang, pabrik keramik Kiara Condong serta pabrik keramik di Plered-Purwakarta, Klampok, Bayat-Klaten, Malang dan Yogyakarta.

Pada tanggal 17 Nopember 1972, para produsen keramik mendirikan Asosiasi Aneka Industri Keramik Indonesia (ASAKI). Dalam kegiatan Internasional, ASAKI adalah anggota aktif CICA (*Ceramic Industry Club of ASEAN*) yang terdiri dari 5 negara yaitu: Indonesia, Vietnam, Malaysia, Thailand dan Filipina. Bahkan ditingkat dunia, Indonesia juga merupakan kelompok *World Ceramic Tiles Forum* (WCTF). Dimulai pada tahun 2012, ASAKI telah mengadakan rencanan pameran tahunan bernama KERAMIKA. Ini adalah pameran terbesar barang-barang industri gerabah Indonesia (ASAKI, 2015).

Pengelompokan industri keramik berdasarkan kegiatan pengolahan bahan baku terbagi atas tiga bagian yaitu :

1. Kelompok Industri Hulu

Yaitu industri yang bersifat sebagai penyedia bahan produksi yang dibutuhkan oleh industri lain. Kegiatan industri ini hanya mengolah hasil tambang menjadi bahan setengah jadi. Jenis industri ini memproduksi bahan baku keramik seperti : tanah liat, pasir kuarsa zirkon, feldspar dan kaolin.

Beberapa sumber bahan baku yang terdapat di Indonesia namun belum diolah yaitu :

- Feldspar yang banyak terdapat di Pangaribuan, Lampung, Banjar Negara (Jawa Barat) serta Tulung Agung
- Clay terdapat di daerah Monterado (Kalimantan Barat) dan Lampung.
- Kaolin terdapat di Bangka Belitung
- Toseki ditemukan di Pacitan (Jawa Timur)

Sedangkan yang masih harus diimpor dari China seperti seperti china stone, feldspar, glazur/fritz, serta zat pewarna (pigmen).

2. Kelompok Industri Antara

Yang masuk dalam kelompok industri ini meliputi bahan produksi pembuatan body keramik, frits, bahan pewarna dan glasir serta pengembangan material berupa nano teknologi pada komponen tertentu seperti bahan baku silika, alumina dan zirkon.

3. Kelompok Industri Hilir

Yaitu kelompok industri yang prakteknya menangani produk setengah jadi hingga menjadi barang jadi sehingga produk yang dihasilkan dapat langsung dimanfaatkan oleh pengguna. Meliputi keramik perlengkapan rumah tangga dari porselin seperti : bahan bangunan, alat listrik/teknik, alat laboratorium.

Jenis bidang industri keramik yang berkembang pesat saat ini yaitu :

- Keramik Ubin (Lantai & Dinding)
Ubin lantai, ubin dinding dan ubin perapian
- Genteng keramik (*Roof Tile*)
Diprioritaskan untuk pembangunan perumahan di dalam negeri.

- **Saniter**
bejana kloset, bak cuci piring , alas untuk mangkok cuci, wastafel, bak mandi, bidet, tangki pembilasan, urinal dan semua perlengkapan saniter dari keramik, porselen atau tanah lempung China.
- **Tableware**
Peralatan dapur, peralatan makan, dan perlengkapan rumah tangga lainnya.

Berdasarkan bahan dan temperatur pembakarannya, produk industri keramik dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu :

1. Tembikar (*earthenware*),

Merupakan keramik berbahan dasar tanah liat yang dibakar dengan suhu pembakaran 350-1000°C. Tembikar berpori banyak serta bersifat permeabel sehingga dapat dimasuki oleh air. Bahan dasar tanah liat terkadang ditambah dengan pasir, serpihan kecil sekam padi, potongan karang ataupun pecahan tembikar (*grog*) yang tidak digunakan lagi.

2. Batuan (*stoneware*)

Batuan (*stoneware*) adalah keramik dengan kandungan tanah liat yang bersifat silika (kaca) dan dapat berubah secara fisik. Pembakaran dilakukan pada suhu 1150 - 1300°C. Bahan batuan tidak menyerap air seperti tembikar.

3. Porselin (*porcelain*)

Merupakan jenis keramik yang dibakar pada suhu 1250-1350°C berbahan dasar kaolin dan bahan mineral felspar. Bahan porselin tidak permeabel dan jelas. Feldspar di Cina disebut *petunzte* adalah tanah putih yang berasal dari batu granit yang membusuk. Kaolin adalah sejenis lumpur putih yang meleleh pada suhu yang sangat tinggi.

Berdasarkan struktur dan fungsinya, produk keramik dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Keramik Konvensional

Menggunakan bahan konvensional berupa alam fasa amorf. Untuk jenis keramik ini terbagi dalam dua kelompok industri yaitu :

- Industri keramik berat meliputi: mortar, abrasives, refraktori dan industri semen.
- Industri keramik halus terdiri dari industri gerabah atau keramik hias, porselen lantai dinding (*tile*), sendok garpu, saniter dan isolator listrik.

2. Keramik Maju

Keramik maju atau *advanced ceramics* dikenal sebagai produksi keramik mutakhir. Yaitu keramik yang menggunakan komponen murni buatan (*artificial*) dengan fasa kristalin.

Beberapa jenis industri keramik mutakhir antara lain:

- Zirkonia dan silikon, digunakan untuk keperluan otomotif (blok mesin, gear, mata pisau dan gunting)
- Barium titanat untuk industri elektronika (kapasitor dan gunting)
- Keramik nitrid oksida (zirkon nitride, magnesium nitride, silikon karbida) digunakan untuk inovasi teknologi canggih, penanganan logam, suku cadang mesin, instrumen ekstraksi serta peralatan pemotong.
- Struktur serat optik (*Fiber optic*) digunakan dalam bisnis telekomunikasi, gedung pencakar langit, tenaga surya serta penerangan.

10.3 Bahan Baku dan Metode Pembuatan Keramik

Sifat serta kualitas keramik sangat tergantung pada bentuk struktur kristal maupun komposisi mineral yang terkandung pada bahan baku. Bahan baku utama pembuatan keramik yaitu: kaolin, ball clay, feldspat (Indayaningsih *et al.*, 2008) serta air. Seiring dengan perkembangan teknologi, sekarang ini tidak semua keramik terbuat dari tanah liat. Hasil penelitian Rahardjo & Edwin (2009) membuktikan bahwa komposit boron nitrida merupakan material baru yang diperoleh dari campuran senyawa SiC/BN, TiB₂/BN, Si₃N₄/BN, AlN/BN. Komposit ini dapat digunakan sebagai bahan keramik untuk perangkat mobil, keramik elektronik dan keramik desain lainnya (Rahardjo & Edwin, 2009).

Tanah liat (*clay*) merupakan bahan utama pembuatan keramik berupa partikel halus dengan komposisi utamanya berupa alumina, silikat, kaolin (Al₂O₃.2SiO₂.2H₂O) berasal dari batuan felspatik khususnya feldspar yang biasanya dihancurkan oleh keasaman tanah. Kualitas keramik sangat ditentukan oleh iklim geografis dimana bahan baku itu diperoleh (Fahad & Suminar, 2014) serta perilaku kandungan -kandungan yang membentuk bahan baku tersebut (Rangkuti *et al.*, 2008).

Berdasarkan lingkungan geologi bahan baku, tanah liat bisa dikelompokkan menjadi :

- Tanah-liat primer (*primary clays, residual clays*)
Yaitu tanah liat yang dapat diperoleh melalui penambangan (*mining*). Tanah liat primer yang digunakan untuk keramik adalah kaolin (China clay), dengan sifat tidak lentur atau tidak plastis, berwarna putih atau kuning muda, memiliki titik pelunakan yang tinggi tanpa memerlukan bahan tambahan *fluxes* serta mengandung banyak impurities batuan induknya.

- Tanah-liat sekunder (*secondary clays, lacustrine clays*). Tanah liat sekunder umumnya didapat dari daerah-daerah berair seperti sungai dan danau, bercampur dengan partikel mineral lain seperti lime, magnesia, alkali, atau oksida besi. Sifatnya plastis (lentur, mudah dibentuk). Jenis ini umum memiliki partikel kasar dan dikenal dengan *boulder-clays*. Umumnya digunakan untuk jenis tembikar primitif.

Jenis tanah-liat sekunder lainnya yaitu:

- *Ball-clays*, berwarna putih atau kebiruan dan putih kusam setelah dibakar. Lebih plastik dari kaolin, dengan penyusutan tinggi (lebih dari 20%) dan bebas besi.
- *Red-clays (earthenware-clays, canes)* atau tanah liat merah mengandung banyak oksida besi, berwarna kuning sampai merah redup bila dibakar. Ini sangat plastis, mempunyai titik leleh (melting point) rendah serta titik matang (maturing point) antara 1000-1200°C.
- *Calcerous-clay (marl)* atau tanah liat kapur. Mengandung mineral utama seperti pasir kapur (*lime*) dan mineral lain yang berfungsi sebagai *fluxes*. Ini aplastis dengan titik matang bervariasi tergantung pada jenis mineral yang dikandung.
- *Sandy-clays (siliceous-clay)* atau tanah liat berpasir yang mengandung silika. Bersifat aplastis dan sebagian besar ditemukan di daerah pertemuan sungai.

Bahan khusus atau bahan tambahan adalah bahan yang biasanya dipakai untuk membuat campuran glasir, yaitu pelapis poles.

Tanah esensial yang digunakan untuk tembikar adalah kaolin (lumpur Cina), yang memiliki warna putih atau kuning muda (karena jumlah polusi yang sederhana), dan

seperti kaca pada permukaan keramik yang keras, kedap air, rumit, kokoh, dan tidak larut selain di hidrofluorik korosif atau basa padat lainnya serta kedap gas dan cairan (Utomo, 2007).

Bahan glasir dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

- **Bahan Utama**
Elemen utama glasir adalah mineral kaca, misalnya silika atau silikon oksida dan kadang-kadang boraks atau oksida borat. Untuk membuat keramik sebenarnya harus ditambahkan satu kombinasi lagi yang berfungsi sebagai modifikator.
- **Bahan Pencampur**
Material ini berfungsi sebagai pengubah agar campuran glasir dapat diolah menjadi kombinasi fluida yang kental. Campuran utama yang digunakan adalah natrium oksida, kalium oksida, timbal oksida, kalsit oksida, magnesium oksida.
- **Bahan Pewarna.**

Sebagian mineral yang biasanya digunakan sebagai pewarna dalam campuran glasir adalah tembaga, (oksida tembaga), kobalt (oksida kobalt), mangan (oksida mangan), kromium (oksida kromium), nikel (oksida nikel), timah (tinoksida) atau emas.

Varietas warna yang menarik dapat memberikan nilai tambahan yang tinggi untuk barang-barang tanah liat (Chumidawati, 2009). Tingkat bahaya keramik tergantung pada warna keramik tersebut (Wati *et al.*, 2019). *Zirconium* (Zr) merupakan salah satu zat pewarna keramik yang bila ditambahkan secara berlebih akan menyebabkan warna keramik semakin putih. Kontak langsung dalam jangka panjang dengan keramik yang menggunakan Zr berlebih berdampak pada kesehatan berupa kanker kulit (Kompas, 2011).

Proses produksi pada industri keramik terdiri atas beberapa tahapan berikut:

1. *Precrusher*

Proses penghancuran material keras diantaranya *Feldspar* *Diamond Industries* (FDI), PBM, *Chamotte* dengan mesin *crusher*.

2. *Milling*

Adalah proses penggilingan komposisi yang sudah diukur dan dihaluskan oleh *crusher*.

3. *Spray Drying*

Merupakan cara pembuatan serbuk kering dari cairan/slurry dengan cara pengeringan cepat dengan udara panas.

4. *Pressing*

Proses pembentukan keramik dari serbuk menjadi bentuk ubin (badan keramik).

5. *Glazing*

Merupakan proses pembentukan warna dan motif dari sebuah keramik.

6. *Firing Area kiln*

Merupakan luasan pembakaran biskuit/greentile menjadi keramik dengan perubahan sifat fisik dan terbentuknya reaksi kimia.

Pembakaran merupakan inti dalam proses pembuatan keramik untuk memperkuat struktur keramik agar menjadi lebih keras (Sulistya, 2013). Ada dua macam bentuk proses pembakaran yang lazim digunakan pada industri keramik yaitu:

1. *Single firing*

Single firing merupakan proses pembakaran tunggal. Hasil *tile* yang selanjutnya telah melalui proses pembakaran ini biasa disebut *greentile*.

Kelebihan *single firing*:

- Hemat energi (LNG dan *Electricity*)
 - Tidak membutuhkan banyak operator
 - Dibutuhkan Mesin yang lebih sedikit
 - Perawatan mesin lebih mudah
 - Proses produksi membutuhkan waktu yang singkat
- Kelemahan *single firing*:
Pengendalian kapasitas dan kualitas yang lebih rumit

2. *Double firing*

Double firing adalah suatu proses pembakaran ganda, untuk hasil *tile* yang sudah melalui proses pembakaran ini biasa disebut *biscuit*.

Kelebihan *double firing*:

- Kapasitas produksi *tile* yang terjaga
- Kualitas produksi yang cukup tinggi

Kelemahan *double firing*:

- Boros energi
- Firing (biskuit)
- Pressing Drying Glazing
- Firing (glossy)
- Pressing Drying Glazing Firing Packing
- Packing

Hasil penelitian Anam *et al.* (2021), menyimpulkan bahwa proses pembakaran *single firing* mengutamakan tingkat kualitas kematangan produk sedangkan pembakaran *double firing* selain untuk mendapatkan kematangan juga untuk meningkatkan kualitas produk seperti tingkat kehalusannya.

Penelitian lain terkait pembakaran keramik menggunakan teknik gelombang mikro (*microwave*) telah dilakukan guna menghasilkan keramik dengan kualitas yang diharapkan (Kogut *et al.*, 2016).

10.4 Permasalahan yang Dihadapi Industri Keramik

Berdasarkan roadmap industri keramik, beberapa permasalahan yang dihadapi oleh industri keramik (Departemen Perindustrian, 2009), yaitu :

- Gangguan keramik impor yang murah khususnya dari China,
- Bahan keramik dengan kualitas tertentu masih harus diimpor karena keterbatasan industri hulu yang mampu menyediakan bahan baku yang diinginkan.
- Penguasaan R&D masih lemah.
- Sumber Daya Manusia (SDM) di bidang desain masih sangat lemah.
- Sumber Daya Manusia yang terlatih dan terdidik masih terbatas.
- Pasokan energi listrik sering terganggu sehingga mengakibatkan rendahnya utilitas dan kualitas produk keramik.
- Pasokan gas bumi yang digunakan sebagai bahan bakar keramik tidak terjamin dalam jangka panjang.
- Pasokan energi listrik yang sering terganggu yang menyebabkan utilitas dan kualitas produk keramik rendah.

10.5 Produk Olahan Produk Industri Keramik

Produk olahan dari bisnis industri keramik pada awalnya kebanyakan digunakan sebagai hiasan dan tableware. Kemudian dikembangkan untuk produk keramik ubin (lantai & dinding), genteng keramik (roof tile) dan saniter.

Pemanfaatan hasil olahan industri keramik kemudian semakin berkembang di hampir semua bidang seperti:

Bidang Kesehatan

- Produksi biokeramik untuk menggantikan organ manusia yang rusak seperti gigi dan tulang (Shekhawat *et al.*, 2021).
- Pemanfaatan bahan keramik Hydroxyapatite (HAp) untuk penyatuan tulang atau jaringan halus dalam tubuh manusia (Shekhawat *et al.*, 2021).
- Dalam teknologi nuklir, keramik digunakan dalam reaktor isolasi karena dapat menghentikan penyebaran pancaran radiasi, sehingga aman bagi manusia dan makhluk hidup lain di sekitarnya (Permana, 2022).

Bidang Elektronik:

- Sebagai isolator listrik berbahan dasar porselin (Indiani & Umiati, 2009).
- Sebagai insulator panas dan listrik yaitu aluminum oksida (Al_2O_3) (Wikipedia, 2021).

Bidang Industri Mesin dan Kedirgantaraan

- Material yang menerima gaya gesek, seperti roda gigi dan bantalan, terbuat dari bahan komposit keramik dan karbon yang dibangun untuk berfungsi pada suhu yang sangat tinggi (Azki, 2007).
- Pada suhu tinggi, keramik digunakan sebagai saluran rotor charger turbo (Reza, 2019).
- Produksi gerabah digunakan untuk mencegah erosi besi (Falah, 2020).
- Untuk mengiris dan merobek-robek logam.
- Beberapa bagian luar dan dalam pesawat luar angkasa dibuat dari produk keramik olahan, yang juga dimanfaatkan dalam industri dirgantara dan luar angkasa (Prodi Rekayasa Tekstil, 2021).

Dalam Bidang Konstruksi limbah keramik sebagai pengganti agregat halus pada semen batu bata (Kapok *et al.*, 2020) serta dapat digunakan bidang sebagai adsorben logam berat menggunakan filter keramik dan gamma alumina (Maryani *et al.*, 2016).

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, S., Nizar Zulfika, D., & Rijanto, A. (2021). Analisis Pengaruh Pembakaran Single Firing dan Double Firing terhadap Kualitas Pada Keramik Listell CV. Sumber Mandiri Mojokerto - Jawa Timur. *Majamecha*, 3(1), 56–62.
- ASAKI. (2015). *Asosiasi Aneka Industri Keramik Indonesia (ASAKI)*. [Http://Asaki.or.Id/Index.Php/about-Us/Tentang-Kami](http://Asaki.or.Id/Index.Php/about-Us/Tentang-Kami).
- Astuti, A. (1997). *Pengetahuan Keramik*. Gadjah Mada University Press.
- Azki. (2007, September 2). *Teknologi Material Komposit*. [Https://Aeroblog.Wordpress.Com/Category/Material-Pesawat/](https://Aeroblog.Wordpress.Com/Category/Material-Pesawat/).
- Chumidawati, Z. (2009). *Sintesis pewarna keramik dari campuran oksida logam $MgO-Fe_2O_3$, $CoO-Fe_2O_3$ dan $MnO_2-Fe_2O_3$ serta aplikasinya pada keramik dengan variasi komposisi glasir menggunakan metode spinel dan nonspinel*. Universitas Negeri Malang.
- Departemen Perindustrian. (2009). *Roadmap Industri Keramik*. Direktorat Jenderal Industri Agro dan Kimia.
- Fahad, & Suminar, P. (2014). Analisis Komposisi Fasa Komposit Keramik Berbasis SiO_2-MgO dengan Penambahan B_2O_3 pada Temperatur Sinter 1150C. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 3(1), 2337–3520.
- Falah, E. N. (2020, August). *Korosi Pada Material Keramik*. [Https://Www.Dictio.Id/t/Korosi-Pada-Material-Keramik/145955](https://Www.Dictio.Id/t/Korosi-Pada-Material-Keramik/145955).
- Indayaningsih, N., Muljadi, & Febrianto, Y. (2008). Studi Awal Penggabungan Antar Komponen Sel Bahan Bakar Berbasis Keramik. *Jurnal Fisika*, 8(1), 12–23.

- Indiani, E., & Umiati, N. A. K. (2009). Keramik Porselen Berbasis Feldspar Sebagai Bahan Isolator Listrik. *Telkomnika*, 7(2), 83–92.
- Kapok, J. A., Abu Bakar, H., Rahmat, H., Samsudin, E. M., & Tami, H. (2020). The Study on Use of Ceramic Waste As Partial Substitute of Fine Aggregates in Cement Bricks. *Recent Trends in Civil Engineering and Built Environment*, 1(1), 55–65. <https://doi.org/10.30880/rtcebe.2020.01.01.004>
- Kogut, K., Kasprzyk, K., Zboromirska-Wnukiewicz, B., & Ruziewicz, T. (2016). The research of ceramic materials for applications in the glass industry including microwave heating techniques. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 113(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/113/1/012014>
- Kompas. (2011, June 23). *Sebaiknya Waspada, Keramik Putih Rawan Radioaktif*. <https://properti.kompas.com/read/2011/06/23/20561676/~arsitektur~interior>.
- Maryani, E., Suhandi, Sofyaningsih, N., & Ratnasari, A. (2016). Modifikasi Filter Keramik dengan γ -Alumina Sebagai Adsorben Logam Berat. *Jurnal Keramik Dan Gelas Indonesia*, 25(2), 59–67.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup. (2008). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Keramik*.

- Permana, A. (2022, December 20). *Tantangan dan Potensi Keramik Maju sebagai Alternatif Material Reaktor Nuklir Masa Depan*. <https://www.itb.ac.id/berita/tantangan-dan-potensi-keramik-maju-sebagai-alternatif-material-reaktor-nuklir-masa-depan/59139>.
- Prodi Rekayasa Tekstil. (2021, July 1). *Kuliah Tamu: Teknologi Komposit pada Industri Pesawat Terbang*. <https://textiles.uii.ac.id/2021/07/01/kuliah-tamu-teknologi-komposit-pada-industri-pesawat-terbang/>.
- Rahardjo, S., & Edwin, F. (2009). Sintesis Komposit Boron Nitrida sebagai Bahan Keramik Elektronik. *Jurnal Keramik Dan Gelas Indonesia*, 18(2).
- Rangkuti, N., Pojoh, I., & Harkantiningih, N. (2008). *Buku Panduan Analisis Keramik (III)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Arkeologi Nasional.
- Reza, Y. S. (2019). *Pengoperasian dan Perawatan Turbocharger di MV. Kuala Mas PT. Temas Line*. Universitas Maritim AMNI.
- Shekhawat, D., Singh, A., Banerjee, M. K., Singh, T., & Patnaik, A. (2021). Bioceramic composites for orthopaedic applications: A comprehensive review of mechanical, biological, and microstructural properties. In *Ceramics International* (Vol. 47, Issue 3, pp. 3013–3030). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.09.214>
- Sulistya, R. (2013). *Pembakaran Benda Keramik*. Direktorat Pembinaan SMK.
- Utomo, A. M. (2007). *Wawasan dan Tinjauan Seni Keramik*. Institut Seni Indonesia Denpasar.

- Wati, A. F., Erwan, E. Y., Azizah, N., & Jurdilla, P. (2019). *Analisis Industri Keramik di Indonesia*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/94u5p>
- Wikipedia. (2021, July 13). *Aluminium Oksida*. https://Id.Wikipedia.Org/Wiki/Aluminium_oksida.

BIODATA PENULIS



Efbertias Sitorus, S.Si., M.Si.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Methodist Indonesia

Penulis lahir di Medan, 22 Mei 1992, Sumatera Utara, Indonesia, merupakan anak dari Drs. Edward Sitorus, M.Si dan Juliana Tarigan, S.Pd. Menyelesaikan studi Sarjana Kimia dari Universitas Negeri Medan, Magister Kimia (bidang analitik) di Universitas Sumatera Utara. Menulis buku sejak tahun 2019. Kegiatan saat ini melaksanakan tri dharma perguruan tinggi dan aktif sebagai staff pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Methodist Indonesia. Penulis dapat dihubungi melalui email: efbertias.sitorus35@gmail.com

BIODATA PENULIS



Neny Rochyani

Dosen Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang

Penulis lahir di Palembang tanggal 09 Juni 1971. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik kimia Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang. Menyelesaikan pendidikan S1, S2 pada Jurusan Teknik kimia dan melanjutkan S3 pada program studi ilmu lingkungan dengan bidang kajian utama adalah agro industri energi. Penulis dalam menekuni bidang penulisan karya ilmiah, sampai dengan saat ini telah menghasilkan karya ilmiah utamanya penelitian yang berhubungan dengan materi ilmu kimia dan lingkungan dengan kajian utama pada restorasi dan pendalaman karakteristik lingkungan objek penelitian sebagai kekuatan dalam pengelolaan lingkungan dengan pendekatan bidang teknik kimia. Dalam ranah penulisan buku, sampai dengan saat ini telah menghasilkan buku materi ajar dan modul paktikum yang dipakai dan diaplikasikan pada lingkungan perguruan tinggi.

BIODATA PENULIS



Safa'ah Nurfa'izin,ST.,MT.

Dosen Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Press Wahid Hasyim

Penulis lahir di Magelang tanggal 9 Maret 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Wahid Hasyim dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Penulis merupakan pengampu mata kuliah Bahan Konstruksi Teknik Kimia dan sedang melakukan riset dibidang energi terbarukan.

BIODATA PENULIS



Gregorio Antonny Bani, S.Si., M.Si.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Sains dan Pertanian Universitas Aryasatya Deo
Muri

Penulis lahir di Kupang tanggal 14 Juni 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Sains dan Pertanian, Universitas Aryasatya Deo Muri. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Katolik Widya Mandira Kupang dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Lingkungan Universitas Nusa Cendana. Penulis menekuni menulis di bidang Kimia dan Ilmu Lingkungan.

BIODATA PENULIS



Octovianus SR Pasanda, ST., MT

Dosen Politeknik Negeri Ujung Pandang
Program Studi Teknologi Kimia Industri

Octovianus SR Pasanda, ST., MT, lahir di Kota Ujung Pandang tahun 1965. Menyelesaikan pendidikan S1 di UGM dan S2 di ITS. Saat ini penulis merupakan Dosen di Politeknik Negeri Ujung Pandang Jurusan Teknik Kimia. Beberapa Buku Referensi Ilmiah hasil kolaborasi yang ditulis telah terbit. Penulis juga aktif menulis dalam beberapa Jurnal Nasional dan Internasional serta mempunyai paten yang bersertifikat dan saat ini sedang menunggu publikasi paten berikutnya.

BIODATA PENULIS



**Dodi Satriawan, S.T., M.Eng., CPHCEP., CPMP., CPRW.,
CBOA., CNPHRP., CLMA., NNLP**

**Staf Dosen Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan,
Politeknik Negeri Cilacap**

Penulis lahir di Bengkulu tanggal 07 Mei 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D-IV Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia, Magister Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Universitas Gadjah Mada. Penulis menekuni bidang bioproses, bioenergi, dan pengolahan air limbah.

BIODATA PENULIS



Nuramaniyah Taufiq, S.Si., M.Si.

Dosen Program Studi DIII Teknologi Laboratorium Medis
Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky

Penulis lahir di Menge tanggal 4 Maret 1989. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi DIII Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Teknologi Kesehatan, Universitas Megarezky. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia di Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar pada tahun 2011 dan melanjutkan pendidikan S2 pada Jurusan Kimia di Universitas Hasanuddin pada tahun 2015.

BIODATA PENULIS



Muhrinsyah Fatimura, S.T, M.T

Dosen Program Studi Teknik Kimia
Universitas PGRI Palembang

Penulis lahir di Palembang tanggal 1 Juni 1975. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang hingga saat ini. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya tahun 1999 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia BKU Teknologi Petrokimia Universitas Sriwijaya selesai tahun 2012 . saat ini penulis sedang menempuh S3 Ilmu Teknik BKU Teknik Kimia di Universitas Sriwijaya. Penulis saat ini juga merupakan chief editor dari jurnal redoks .

BIODATA PENULIS



Dr. Rakhmad Armus, ST., M.Si.

Dosen Program Studi Teknik Lingkungan
Sekolah Tinggi Teknologi Nusantara Indonesia

Penulis lahir di Enrekang, Sulawesi Selatan. Beliau menyelesaikan pendidikan Ahli Madya pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Universitas Hasanuddin pada 1995, melanjutkan pendidikan sarjana dari Jurusan Teknik Kimia Universitas "45" Makassar. Pernah bekerja di Industri Plastik sebagai quality control (1995-1998), pernah bekerja bekerja pada Industri Pengolahan Air minum (1998-2004), pernah bekerja pada industri tambang emas sebagai quality controll (2010). Beliau menyelesaikan program Magister bidang Teknik lingkungan Universitas Hasanuddin (2008-2010). Sebagai dosen tamu dalam bidang laboratorium limbah Industri dan laboratorium Kimia fisika pada jurusan teknik kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang. Saat ini sebagai Dosen tamu pengampu mata kuliah K3 & Lingkungan di Universitas Fajar Makassar (2013-2020), beliau juga telah menyelesaikan studi pada program doktor ilmu Kimia di Universitas Hasanuddin (2020). Saat ini beliau bekerja sebagai peneliti dan dosen di Stitek Nusindo Makassar.

BIODATA PENULIS



Dr. Andi Nuraliyah, ST., MT.

Dosen Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

Penulis lahir di Soni (Toli-toli Sulawesi Tengah) tanggal 20 Januari 1974. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Jakarta Raya. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Muslim Indonesia Makassar, melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada Yogyakarta serta S3 pada program studi yang sama di Universitas Indonesia.