



Yuli Darni, Lahir di Medan pada tanggal 12 Juli 1974 menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Kimia di Universitas Syiah Banda Aceh pada 1998, dan S2 Teknik Kimia di Institut Teknologi Bandung pada 2001. Paada tahun 2001 sampai dengan sekarang, penulis bekerja sebagai dosen tetap di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penulis menekuni penelitian di bidang Teknologi Polimer dengan bidang fokus riset sintesis bioplastik.



Darmansyah, Lahir di kota Bandar Lampung pada tanggal 25 Desember 1982 menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Kimia di Universitas Lampung 2006, dan S2 Teknik Kimia di Universitas Indonesia pada 2010. Penulis pernah bekerja di beberapa perusahaan swasta yang bergerak dalam bidang agroindustri, antara lain di PT. Sorini AgroAsia Corporindo Tbk. (2006-2008) dan di PT. Medco Ethanol Lampung (2008-2009). Pada akhir tahun 2010 sampai dengan sekarang, penulis bekerja sebagai dosen tetap di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung



Lia Lismeri, Menyelesaikan pendidikan S-1 pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2008. Pada tahun 2013, ia berhasil memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) dalam bidang Energi dan Lingkungan pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Sejak tahun 2008 sampai saat ini, ia mengabdikan diri sebagai Dosen pada jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.



Jl. Endro Suratmin, Pandawa Raya,
Korpri Jaya. Sukarame Bandarlampung
email: pusakamedia@gmail.com

ISBN 978-602-5947-43-8



9 786025 947438

INDUSTRI PROSES KIMIA

YULI DARNI, S.T., M.T. | LIA LISMERI, S.T., M.T. | DARMANSYAH, S.T., M.T.

YULI DARNI, S.T., M.T.
LIA LISMERI, S.T., M.T.
DARMANSYAH, S.T., M.T.

INDUSTRI PROSES KIMIA



YULI DARNI, S.T., M.T.
LIA LISMERI, S.T.,M.T.
DARMANSYAH, S.T., M.T.

INDUSTRI PROSES KIMIA



PUSAKA MEDIA

Hak cipta pada penulis
Hak penerbitan pada penerbit
Tidak boleh diproduksi sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun
Tanpa izin tertulis dari pengarang dan/atau penerbit

Kutipan Pasal 72 :

Sanksi pelanggaran Undang-undang Hak Cipta (UU No. 10 Tahun 2012)

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal (49) ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau hasil barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

YULI DARNI, S.T., M.T.
LIA LISMERI, S.T.,M.T.
DARMANSYAH, S.T., M.T.

INDUSTRI PROSES KIMIA



PUSAKA MEDIA

Perpustakaan Nasional RI:
Katalog Dalam Terbitan (KDT)

INDUSTRI PROSES KIMIA

Penulis

YULI DARNI, S.T., M.T.

LIA LISMERI, S.T., M.T.

DARMANSYAH, S.T., M.T.

Desain Cover & Layout

Pusaka Media Design

xii+ 132 : 14x 21 cm

Cetakan Januari 2019

ISBN: 978-602-5947-43-8

Penerbit

Pusaka Media

Jl. Endro Suratmin, Pandawa 1. No. 40

Korpri Jaya Sukarame Bandarlampung

082280035489

email : cspusakamedia@yahoo.com

Website : www.pusakamedia.com

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian
atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas ridhoNya, Buku Ajar Industri Proses Kimia ini dapat diselesaikan. Buku ajar ini digunakan sebagai pendukung dalam mata kuliah Industri Proses Kimia, agar memudahkan mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Lampung memahami sejarah dan berbagai proses dalam industri kimia. Mata Kuliah tersebut dalam struktur kurikulum pada Jurusan Teknik Kimia merupakan mata kuliah wajib bagi mahasiswa semester 1.

Mengingat beban matakuliah ini hanya 2 SKS, tidak semua hal dapat dibahas dengan rinci dan mendalam pada buku ini, namun sudah mencakup proses – proses industri kimia secara umum . Buku ini dibagi dalam enam bab dan diuraikan dengan rinci dalam tiap sub bab.

Akhir kata, semoga buku ini bermanfaat bagi seluruh kalangan, khususnya mahasiswa Teknik Kimia Universitas Lampung, walaupun masih jauh dari kesempurnaan. Ke depan, masih banyak yang harus diperbaiki dan direvisi, sehingga penulis berharap kritik dan saran yang membangun. Terima kasih penulis ucapkan kepada Jurusan Teknik Kimia dan Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan banyak dukungan dalam penerbitan buku ini.

Bandar Lampung, Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	v
Daftar Isi.....	vi
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel.....	xii
BAB I. PENGENALAN INDUSTRI KIMIA.....	1
1.1. Pengertian Industri Kimia	1
1.2. Peristiwa Kimia	3
1.3. Instrumentasi dan Pengukuran	6
1.4. Teknologi Proses	6
1.5. Utilitas Pabrik.....	10
1.6. Industri dan Klasifikasinya	10
1.7. Ciri-ciri industri.....	11
Daftar Pustaka.....	13

BAB II. SEJARAH PERKEMBANGAN INDUSTRI KIMIA	14
2.1. Sejarah Lahirnya Kimia.....	14
2.2. Perkembangan Teknologi kimia.....	17
2.3. Perkembangan Industri Dunia	26
2.4. Industri Kimia dalam Perjalanan Sejarah Islam	27
2.5. Indonesia memasuki era Industrialisasi.....	30
Daftar Pustaka	35
BAB III. INDUSTRI GULA	36
3.1. Sejarah Industri Gula	36
3.2. Karakteristik Gula	39
3.3. Bahan Baku Dan Sumber.....	39
3.4. Proses Pembuatan Gula Dalam Industri.....	42
3.5. Kapasitas Giling Tebu dan Produksi Gula di Indonesia.....	56
3.6. Pengolahan Dan Pemanfaatan Limbah Pabrik Gula	57
Daftar Pustaka	60

BAB IV. INDUSTRI ALKOHOL	61
4.1. Definisi Alkohol.....	61
4.2. Sejarah Alkohol.....	62
4.3. Jenis-jenis Alkohol	63
4.4. Karakteristik Bahan dan Produk.....	64
4.6. Bahan Baku.....	65
4.7. Proses Produksi Etanol.....	67
4.8. Kegunaan bioetanol.....	80
4.9. Limbah dari Industri Bioetanol	81
4.10. Perusahaan-perusahaan di Indonesia.....	84
Daftar Pustaka.....	84
BAB V. INDUSTRI PULP DAN KERTAS.....	87
5.1. Sejarah Kertas Modern.....	87
5.2. Proses Pembuatan Kertas.....	89
5.3. Proses pembuatan kertas modern.....	97
5.4. Limbah Yang Dihasilkan dari ProsesProduksi	
Kertas.....	106
Daftar Pustaka	116

BAB VI. INDUSTRI PUPUK NPK.....	117
6.1. Bahan Baku Pupuk NPK.....	117
6.2. Proses Pembuatan Pupuk NPK	120
6.3. Produk-produk Pupuk NPK	123
6.4. Manfaat Pupuk NPK	126
Daftar Pustaka.....	127
Glosarium	128
Index	130

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Ruang lingkup kimia industri	2
Gambar 2.1.	Penggilingan tebu tradisional	31
Gambar 2.2.	Mekanisme Penggilingan	31
Gambar 2.3.	Mesin giling tebu	32
Gambar 2.4.	Lokomotif uap	34
Gambar 3.1.	Pabrik gula di Hindia Belanda	38
Gambar 3.2.	Skema proses pembuatan gula.....	42
Gambar 3.3.	Stasiun penggilingan tebu	43
Gambar 3.4.	Stasiun pemurnian nira	44
Gambar 3.5.	Stasiun penguapan nira	50
Gambar 3.6.	Proses kristalisasi nira	53
Gambar 3.7.	Kristaliser.....	54
Gambar 3.8.	Alat pemisah kristal gula	54
Gambar 4.1.	Diagram alir pembuatan alkohol.....	69
Gambar 4.2.	Diagram alir produksi etanol skala.....	78

Gambar 5.1.	Diagram mesin	98
Gambar 5.2.	Digester	115
Gambar 6.1.	Proses pembuatan pupuk NPK.....	120
Gambar 6.2.	Pupuk NPK mutiara	123
Gambar 6.3.	Pupuk NPK Phonska	124
Gambar 6.4.	Pupuk NPK Pelangi	125

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Komposisi nira tebu.....	40
Tabel 3.2.	Kapasitas giling tebu di Indonesia.....	56
Tabel 5.1.	Komposisi kimia kayu.....	90

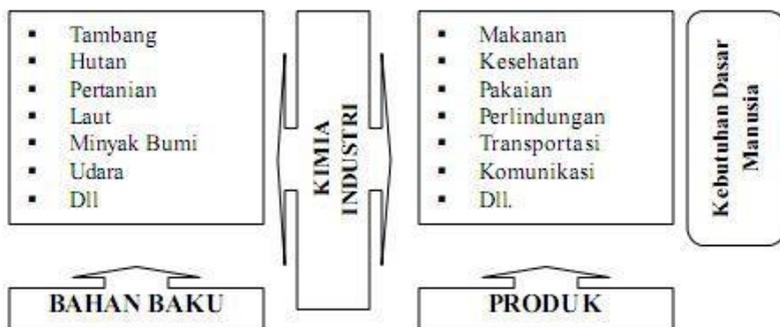
BAB I

PENGENALAN INDUSTRI KIMIA

1.2 Pengertian Industri Kimia

Industri kimia berasal dari kata “industri” dan “kimia”. Industri adalah suatu proses yang mengubah bahan-baku menjadi produk yang berguna atau mempunyai nilai-tambah, serta produk tersebut dapat digunakan secara langsung oleh konsumen sebagai pengguna akhir dan produk tersebut disebut dengan “produk-akhir”. Produk dari industri tersebut dapat juga digunakan sebagai bahan baku oleh industri lain, yang disebut juga sebagai “produk-antara”. Produk dalam Kimia Industri tentunya melibatkan Industri yang menghasilkan zat kimia. Sedangkan bahan baku yang diproses dalam industri tersebut dapat diperoleh melalui proses penambangan, petrokimia, pertanian atau sumber-sumber lain.

Hubungan antara bahan-baku dengan produk baik produk-akhir maupun produk-antara

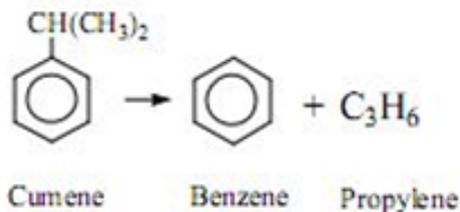


Gb.1.1: Ruang lingkup Kimia Industri

Produk yang dihasilkan dari industri merupakan produk yang diperlukan oleh manusia dalam hal ini produk tersebut mempunyai nilai tambah.

Kimia adalah Suatu proses dimana sebelum dan sesudah proses terjadi perubahan “identitas kimia” yang ditandai dengan perubahan unsur-unsur penyusunnya dan atau perubahan massa molekulnya ataupun struktur molekulnya, dimana proses tersebut umumnya disebut dengan “reaksi-kimia”. Bahan sebelum terjadinya proses reaksi kimia disebut dengan “reaktan”, hasil dari reaksi kimia tersebut disebut dengan “produk”, sedangkan proses reaksi-kimia yang memisahkan sebelum dan sesudah proses menggunakan simbol panah.

Contoh proses reaksi kimia



Pada persamaan diatas, terjadi perubahan “identitas-kimia” dari reaktan cumene menjadi produk *benzene* dan *propylene*. Perubahan identitas kimia tersebut ditandai dengan berubahnya rumus molekul yang akan diikuti dengan perubahan Berat Molekulnya. Reaksi-kimia atau perubahan identitas diatas disebut proses **dekomposisi** yaitu perubahan reaktan menjadi produk yang rumus molekul lebih sederhana.

Kebalikan dari proses dekomposisi adalah **kombinasi** yaitu penggabungan reaktan menjadi produk dengan berat molekul yang lebih besar, jadi dalam hal ini, cumene sebagai produk, didapat dengan jalan mereaksikan *Benzene* dan *Propylene*.

Dari Pengertian di atas, maka Kimia Industri dapat di definisikan sebagai “*Bagian dari kimia terapan yang berhubungan dengan optimasi, pengembangan dan pemantauan kimia dasar dalam proses yang digunakan dalam industri untuk memproduksi bahan kimia dan produk kimia*”.

1.3 Peristiwa Kimia

Industri proses kimia adalah industri yang mengolah bahan baku / bahan mentah menjadi suatu hasil / produk dengan memanfaatkan proses-proses kimia. Proses-proses kimia yang dilakukan dalam industri proses kimia adalah reaksi kimia dan peristiwa kimia fisik. Peristiwa kimia fisik antara lain :

- a) Pencampuran molekuler bahan-bahan dengan rumus dan struktur molekul yang berlainan.
- b) Pengubahan fase, antara lain : penguapan, pengembunan, pengkristalan

- c) Pemisahan campuran menjadi zat-zat penyusunnya yang lebih murni, contohnya adalah:
- Pabrik ethylene. yang dibuat melalui serangkaian proses kimia. reaksi kimia itu sendiri seperti reaksi reduksi, oksidasi, dll.
 - Pabrik gula pasir. salah satu contoh yang menggunakan reaksi kimia fisik. reaksi kimia fisik itu sendiri seperti: terjadi perubahan fasa, pemisahan campuran, dll

Termasuk ke dalam industri proses kimia adalah :

- a) Industri kimia dasar, yaitu industri proses kimia yang menghasilkan produk zat kimia dasar, seperti Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Ammonia (NH_3)
- b) Industri pengolahan minyak bumi atau petroleum refinery, Pada industri ini biasanya dihasilkan komponen-komponen bahan bakar minyak (BBM), seperti : bensin, kerosene, bahan bakar penerbangan, solar, minyak diesel. Di samping itu dihasilkan juga produk-produk selain komponen bahan bakar minyak (non BBM), seperti, pelumas, lilin, aspal, solven maupun produk petrokimia.
- c) Industri petrokimia: yaitu industri yang mengolah zat atau bahan yang berasal dari fraksi minyak bumi, seperti : Etilen (C_2H_4) dan Propilen (C_3H_6).
- d) Industri pengolahan logam
- e) Industri oleokimia: yaitu industri yang mengolah zat atau bahan yang berasal dari fraksi minyak atau lemak nabati atau hewani, seperti pabrik CPO (Crude Palm Oil).
- f) Industri agrokimia: yaitu industri yang memproduksi aneka pupuk dan bahan kimia untuk budidaya pertanian, seperti pestisida, urea, ammonium sulfat.

- g) Industri makanan dan minuman, seperti : susu, gula, garam.
- h) Industri bahan pewarna dan pencelup.
- i) Industri bahan peledak
- j) Industri pulp dan kertas
- k) Industri semen dan keramik
- l) Industri karet, kulit dan plastik

Industri kimia merujuk pada suatu industri yang terlibat dalam produksi zat kimia. Industri ini mencakup petrokimia, agrokimia, farmasi, polimer, cat, dan oleokimia. Industri ini menggunakan proses kimia, termasuk reaksi kimia untuk membentuk zat baru, pemisahan berdasarkan sifat seperti kelarutan atau muatan ion, distilasi, transformasi oleh panas, serta metode-metode lain. Industri kimia terlibat dalam pemrosesan bahan mentah yang diperoleh melalui penambangan, pertanian, dan sumber-sumber lain, menjadi material, zat kimia, serta senyawa kimia yang dapat berupa produk akhir atau produk antara yang akan digunakan di industri lain. Faktor-faktor yang penting dalam industri, yaitu :

- 1) Tenaga ahli
- 2) Bahan baku / tambahan
- 3) Peralatan
- 4) Energi

1.4 Instrumentasi dan Pengukuran

Setiap alat yang digunakan dan dioperasikan dalam sebuah pabrik dilengkapi dengan instrumen untuk mengukur parameter parameter tertentu sesuai kondisi operasi yang harus selalu dipantau setiap saat. Instrumen yang dimaksud terdiri dari dua macam yaitu instrumen lokal dan instrumen panel. Skala ukur yang terbaca dalam instrumen lokal merupakan kontrol terhadap skala ukur instrumen panel. Untuk mendasari pengetahuan yang diperlukan dalam kegiatan mengukur maka di bawah ini dibahas tentang satuan dan standardnya, konsep angka penting dan galat serta kelainan skala ukur. Alat-alat ukur yang banyak digunakan dalam industri dapat diklasifikasikan terdiri dari alat pengukur suhu, alat pengukur tekanan, alat pengukur aliran, dan alat pengukur sifat kimiawi: pH atau keasaman, COD, BOD.

1.5 Teknologi Proses

Kata teknologi mempunyai arti **aplikasi** dari ilmu pengetahuan (*scientific*) yang digunakan dalam rangka untuk mempermudah kehidupan manusia. Dengan teknologi, maka manusia akan dapat melakukan sesuatu menjadi lebih mudah. Sedangkan proses secara umum merupakan **perubahan** dari **masukkan** (*input*) dalam hal ini bahan baku setelah melalui proses maka akan menjadi **keluaran** (*output*) dalam bentuk produk. Ada tiga kata kunci dalam mengartikan proses, yaitu input, perubahan, dan output.

Dengan demikian “teknologi proses” merupakan aplikasi dari ilmu pengetahuan untuk merubah bahan baku menjadi produk atau bahan yang mempunyai nilai lebih (*added value*), dimana perubahan dapat berupa perubahan yang bersifat fisik

maupun perubahan yang bersifat kimia dalam skala besar atau disebut dengan skala industri. Perubahan yang bersifat fisik disebut dengan satuan operasi (*unit operation*), sedangkan yang bersifat perubahan kimia disebut dengan satuan proses (*unit process*). Untuk bisa memahami suatu proses yang terjadi di industri kimia maka terlebih dahulu harus bisa membaca diagram alir proses serta mengenal simbol dan jenis-jenis peralatan yang digunakan pada industri kimia.

Ketika mengoperasikan peralatan industri kimia maka perlu memahami beberapa satuan operasi, mulai dari :

- 1) Proses mengubah ukuran bahan padat dengan menggunakan mesin pemecah (*crusher*), mesin giling (*grinder*), dan mesin potong (*cutting machine*).
- 2) Pencampuran bahan yang merupakan peristiwa menyebarkan bahan-bahan secara acak, dimana bahan yang satu menyebar ke dalam bahan yang lain demikian pula sebaliknya, sedang bahan-bahan itu sebelumnya terpisah dalam keadaan dua fase atau lebih yang akhirnya membentuk hasil yang lebih seragam (*homogen*).
- 3) Distilasi (*penyulingan*) adalah proses pemisahan komponen dari suatu campuran yang berupa larutan cair-cair dimana karakteristik dari campuran tersebut adalah mampu campur dan mudah menguap, selain itu komponen-komponen tersebut mempunyai perbedaan tekanan uap dan hasil dari pemisahannya menjadi komponen-komponennya atau kelompok-kelompok komponen. Karena adanya perbedaan tekanan uap, maka dapat dikatakan pula proses penyulingan merupakan proses pemisahan komponen-komponennya berdasarkan perbedaan titik didihnya. Baik distilasi dengan peralatan skala laboratorium maupun skala industri.

- 4) Adsorpsi atau penyerapan adalah proses pemisahan bahan dari campuran gas atau cair, bahan yang akan dipisahkan ditarik oleh permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Misalnya, limbah industri pencucian kain batik diadsorpsi zat warnanya dengan menggunakan arang tempurung kelapa yang sudah diaktifkan. Limbah elektroplating yang mengandung nikel, logam berat nikel diadsorpsi dengan zeolit yang diaktifkan.
- 5) Absorpsi adalah proses pemisahan bahan dari suatu campuran gas dengan cara pengikatan bahan tersebut pada permukaan adsorben cair yang diikuti dengan pelarutan. Tujuannya untuk meningkatkan nilai guna dari suatu zat dengan cara merubah fasenya.
- 6) Ekstraksi adalah pemisahan suatu zat dari campurannya dengan pembagian sebuah zat terlarut antara dua pelarut yang tidak dapat bercampur untuk mengambil zat terlarut tersebut dari satu pelarut ke pelarut yang lain.
- 7) Filtrasi adalah pembersihan partikel padat dari suatu fluida dengan melewatkannya pada medium penyaringan, atau *septum*, dimana zat padat itu tertahan. Pada industri, filtrasi ini meliputi ragam operasi mulai dari penyaringan sederhana hingga pemisahan yang kompleks. Fluida yang difiltrasi dapat berupa cairan atau gas; aliran yang lolos dari saringan mungkin saja cairan, padatan, atau keduanya. Filtrasi dengan peralatan skala laboratorium sampai skala pilot plant/industri baik *batch* maupun *kontinyu*.
- 8) Operasi evaporasi atau penguapan pada dasarnya merupakan operasi pendidihan khusus, dimana terjadi peristiwa perpindahan panas dalam cairan mendidih. Tujuan operasi evaporasi adalah untuk memperoleh

larutan pekat dari larutan encer dengan jalan pendidihan dan penguapan.

- 9) Penukar panas atau dalam industri kimia populer dengan istilah bahasa Inggrisnya, *heat exchanger* (HE), adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan dapat berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai uap lewat panas (*super heated steam*) dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien.

Satuan Proses Kimia merupakan proses yang melibatkan reaksi Kimia dan katalis. Reaksi kimia merupakan suatu proses dimana bahan sebelum diproses disebut dengan reaktan dan hasilnya produk. Lambang dari reaksi kimia sebelum dan sesudah proses menggunakan tanda panah. Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan reaksi adalah ukuran partikel/zat, suhu dan katalis. Jenis-jenis reaksi kimia yang banyak digunakan diindustri adalah reaksi katalitik (reaksi dengan katalis) dan reaksi netralisasi. Contoh Proses Kimia dengan Reaksi Katalitik pada Industri Kecil - Menengah : Industri pembuatan biodiesel dari bahan alami yang terbarukan (minyak nabati) dan katalis kimia atau biologis. Sedangkan industri minyak jagung adalah contoh untuk proses kimia yang melibatkan reaksi netralisasi.

1.6 Utilitas Pabrik

Sebuah pabrik mempunyai dua sistem proses utama, yaitu system pereaksian dan sistem proses pemisahan & pemurnian. Kedua system tersebut membutuhkan kondisi operasi pada suhu dan tekanan tertentu. Dalam pabrik, panas biasanya 'disimpan' dalam fluida yang dijaga pada suhu dan tekanan tertentu. Fluida yang paling umum digunakan adalah air panas dan uap air karena alasan murah dan memiliki kapasitas panas tinggi. Fluida lain biasanya digunakan untuk kondisi pertukaran panas pada suhu di atas 100°C pada tekanan atmosfer.

1.7 Industri dan Klasifikasinya

Industri diklasifikasi menjadi 3 bagian, yaitu ; (1) Industri dasar atau hulu, (2). Industri hilir, dan (3). Industri kecil. Sesuai dengan program pemerintah untuk lebih memudahkan dalam pembinaannya, industri dasar dirinci menjadi Industri Kimia Dasar dan Industri mesin dan logam dasar, sedangkan industri hilir sering juga disebutkan dengan Aneka Industri. Selain penggolongan tersebut industri juga diklasifikasikan menjadi 3, yaitu: **industri primer**, industri yang mengubah bahan mentah menjadi setengah jadi; **industri sekunder**, adalah industri yang merubah barang setengah jadi menjadi barang jadi; dan **industri tertier**, sebagian besar meliputi industri jasa ataupun industri lanjutan yang mengolah bahan industri sekunder.

1.8 Ciri-ciri industri

Ciri -ciri industri adalah sebagai berikut: Industri hulu mempunyai ciri-ciri padat modal, berskala besar, menggunakan teknologi maju dan teruji. Lokasinya selalu dipilih dekat dengan bahan baku yang mempunyai sumber energi sendiri, dan pada umumnya lokasi ini belumpembangunan. Karena itu diperlukan perencanaan yang matang beserta tahapan pembangunan, mulai dari perencanaan sampai operasional.

Ditinjau dari sudut lain diperlukan pengaturan tata ruang, rencana pemukiman, pengembangan kehidupan perekonomian, pencegahan kerusakan lingkungan dan lain-lain. Pembangunan industri ini akanmengakibatkan perubahan lingkungan baik dari aspek sosial ekonomi dan budaya dan pencemaran. Terjadi perubahan tatanan sosial, pola konsumsi, bentang alam, tingkah laku, habitat binatang, permukaan tanah, sumber air, kemunduran kualitas udara, pengurangan sumberdaya alam lainnya.

a) Penggolongan industri menurut jumlah tenaga kerja

1. Industri hilir. Industri ini sebagai perpanjangan proses dari industri hulu. Pada umumnya industri ini mengolah bahan setengah jadi menjadi barang jadi. Lokasinya selalu diupayakan dekat pasar. Menggunakan teknologi madya dan teruji. Banyak menyerap tenaga kerja.
2. Industri kecil. Industri ini banyak berkembang di pedesaan maupun di kota. Industri kecil peralatannya sederhana. Walaupun hakekat produksi sama dengan industri hilir, tapi sistem pengolahannya lebih sederhana. Sistem tata letak pabrik, pengolahan limbah belum mendapat perhatian. Industri ini banyak menyerap tenaga kerja.

b) Penggolongan industri menurut tingkat produksi

- 1) Industri berat : penggunaan mesin untuk produksi alat-alat berat.
- 2) Industri ringan : Penggunaan mesin untuk memproduksi barang jadi.
- 3) Industri dasar : Industri yang menggunakan mesin-mesin untuk memproduksi bahan baku atau bahan pendukung bagi industri lainnya.
- 4) Industri rumah tangga : Industri yang menghasilkan kerajinan tangan.

c) Penggolongan industri menurut jenis kegiatannya.

- 1) Aneka industri : Industri yang menghasilkan macam-macam barang keperluan masyarakat.
- 2) Industri logam dasar : Mengolah logam dan produksi dasar.
- 3) Industri kimia dasar : Mengolah bahan mentah menjadi bahan baku.
- 4) Industri kecil : Industri dengan jumlah tenaga kerja dan modal sedikit dengan teknologi sederhana.

Daftar Pustaka

- Austin, G. T, (1984). *Shreve's Chemical Process Industries*, Fifth ed.
- Anshory., I, (1985), *Penentun Pelajaran Kimia*, Ganeca Exact Bandung.
- Anshory., I, (2000), *Acuan Kimia*, jilid I, Erlangga Bandung.
- Carl L Yaws, 1999, "Chemical Properties Handbook", Mc Graw Hill, New York
- D.B. Keyes, 1957, "Industrial Chemicals", John Wiley and Sons Inc, New York
- Diktat *Proses Industri Kimia I*, edisi tahun 1988, PEDC Bandung.
- Faith,W.L., Keyes, D.B., Clark R.L., 1957, "Industrial Chemicals", John Wiley and Sons Inc, New York
- G.T Austin, 1996, "Industri Proses Kimia", PT Erlangga, Jakarta
- J.M Coulson., J.F. Richardson, (1989), "Chemical Engineering Volume 6 An Introduction to Chemical Engineering Design" Oxford, New York
- J.M. Smith, H.C. Van Ness,(2005), "Intoduction to Chemical Engineering Thermodynamics Seventh Edition", Mc Graw- Hill
- Kirk Othmer, (2003), "Concise Encyclopedia of Chemical Technology ed.4", Wiley-Interscience New York
- Oeto, S., (1984), *Diktat Aneka Industri Kimia*, Akademi Teknologi Industri AKPRIND Yogyakarta.
- Respati., (1986),*Dasar-Dasar Ilmu Kimia Untuk Universitas*, jilid II, Aksara Baru Jakarta.

BAB II

SEJARAH PERKEMBANGAN INDUSTRI KIMIA

2.1. Sejarah Lahirnya Kimia

Kimia modern dimulai oleh kimiawan Perancis Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). Ia menemukan hukum kekekalan massa dalam reaksi kimia, dan mengungkap peran oksigen dalam pembakaran. Berdasarkan prinsip ini, kimia maju di arah yang benar.

Sebenarnya oksigen ditemukan secara independen oleh dua kimiawan, kimiawan Inggris Joseph Priestley (1733-1804) dan kimiawan Swedia Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), di penghujung abad ke-18. Jadi, hanya sekitar dua ratus tahun sebelum kimia modern lahir. Dengan demikian, kimia merupakan ilmu pengetahuan yang relatif muda bila dibandingkan dengan fisika dan matematika, keduanya telah berkembang beberapa ribu tahun.

Namun alkimia, metalurgi dan farmasi di zaman kuno dapat dianggap sebagai akar kimia. Banyak penemuan yang dijumpai oleh orang-orang yang terlibat aktif di bidang-bidang ini

berkontribusi besar pada kimia modern walaupun alkimia didasarkan atas teori yang salah. Lebih lanjut, sebelum abad ke-18, metalurgi dan farmasi sebenarnya didasarkan atas pengalaman saja dan bukan teori. Jadi, nampaknya tidak mungkin titik-titik awal ini yang kemudian berkembang menjadi kimia modern. Berdasarkan hal-hal ini dan sifat kimia modern yang terorganisir baik dan sistematis metodologinya, akar sebenarnya kimia modern mungkin dapat ditemui di filosofi Yunani kuno.

Jalan dari filosofi Yunani kuno ke teori atom modern tidak selalu mulus. Di Yunani kuno, ada perselisihan yang tajam antara teori atom dan penolakan keberadaan atom. Sebenarnya, teori atom tetap tidak ortodoks dalam dunia kimia dan sains. Orang-orang terpelajar tidak tertarik pada teori atom sampai abad ke-18. Di awal abad ke-19, kimiawan Inggris John Dalton (1766-1844) melahirkan ulang teori atom Yunani kuno. Bahkan setelah kelahirannya kembali ini, tidak semua ilmuwan menerima teori atom. Tidak sampai awal abad 20 teori atom, akhirnya dibuktikan sebagai fakta, bukan hanya hipotesis. Hal ini dicapai dengan percobaan yang terampil oleh kimiawan Perancis Jean Baptiste Perrin (1870-1942). Jadi, perlu waktu yang cukup panjang untuk menetapkan dasar kimia modern.

Akar ilmu kimia dapat dilacak hingga fenomena pembakaran. Api merupakan kekuatan mistik yang mengubah suatu zat menjadi zat lain dan karenanya merupakan perhatian utama umat manusia. Adapun api yang menuntun manusia pada penemuan besi dan gelas. Setelah emas ditemukan dan menjadi logam berharga, banyak orang yang tertarik menemukan metode yang dapat merubah zat lain menjadi emas. Hal ini menciptakan suatu protosains yang disebut Alkimia. Alkimia dipraktikkan oleh banyak kebudayaan sepanjang sejarah dan sering mengandung campuran filsafat, mistisisme, dan protosains.

Alkimiawan menemukan banyak proses kimia yang menuntun pada pengembangan kimia modern. Seiring berjalannya sejarah, alkimiawan-alkimiawan terkemuka (terutama Abu Musa Jabir bin Hayyan dan Paracelsus) mengembangkan alkimia menjauh dari filsafat dan mistisisme dan mengembangkan pendekatan yang lebih sistematis dan ilmiah. Alkimiawan pertama yang dianggap menerapkan metode ilmiah terhadap alkimia dan membedakan kimia dan alkimia adalah Robert Boyle (1627–1691). Walaupun demikian, kimia seperti yang kita ketahui sekarang diciptakan oleh Antoine Lavoisier dengan hukum kekekalan massanya pada tahun 1783. Penemuan unsur kimia memiliki sejarah yang panjang yang mencapai puncaknya dengan diciptakannya tabel periodik unsur kimia oleh Dmitri Mendeleev pada tahun 1869.

Penghargaan Nobel dalam Kimia yang diciptakan pada tahun 1901 memberikan gambaran bagus mengenai penemuan kimia selama 100 tahun terakhir. Pada bagian awal abad ke-20, sifat subatomik atom diungkapkan dan ilmu mekanika kuantum mulai menjelaskan sifat fisik ikatan kimia. Pada pertengahan abad ke-20, kimia telah berkembang sampai dapat memahami dan memprediksi aspek-aspek biologi yang melebar ke bidang biokimia.

Sebagaimana dicatat sebelumnya, kimia adalah ilmu yang relatif muda. Akibatnya, banyak yang masih harus dikerjakan sebelum kimia dapat mengklaim untuk mempelajari materi, dan melalui pemahaman materi ini memahami alam ini. Jadi, sangat penting di saat awal pembelajaran kimia kita meninjau ulang secara singkat bagaimana kimia berkembang sejak kelahirannya.

2.2 Perkembangan Teknologi kimia

Ilmu kimia berasal dari peradaban Cina kemudian diwariskan kepada para generasi. Ilmu ini bermula dalam peradaban Islam sebagai ilmu yang mempunyai 2 arti yang berbeda yaitu kimia lahir dan kimia batin yang dipelopori oleh Zabir bin Hassan pada abad 19. Ilmuwan al-Razi telah menolak dimensi kimia batin dan hanya menumpukan kepada aspek kimia lahir saja. Disinilah mulanya kimia modern. Pendapat ini mungkin bertolak belakang dengan pendapat para ahli sejarah sains barat yang mengatakan bahwa kimia modern berakal dengan Robert Boyle pada abad 17. Beliau dikatakan menafsirkan unsur kimia secara jelas. Pada zaman dahulu sampai abad 19, kimia dan teknologi kimia tidak dibedakan. Untuk kegunaan kajian ini, teknologi kimia perlu diartikan sebab pada zaman modern terdapat perbezaan diantara kimia dan teknologi kimia. Teknologi kimia merupakan satu bidang teknologi yang sekarang amat penting dengan berbagai kegunaan dalam kehidupan manusia modern. Teknologi boleh diartikan sebagai bahan atau alat teknologi itu atau penukaran bahan asli atau bahan buatan kepada bahan atau alat yang berguna. Teknologi kimia merupakan bahan-bahan kimia yang dihasilkan untuk kegunaan manusia atau teknik atau proses pembuatan bahan-bahan kimia ini.

Sejarah awal mulanya teknologi kimia amat sulit ditentukan karena sejarah telah menunjukkan manusia zaman itu mempunyai sedikit pengetahuan atau ilmu tentang teknologi kimia yaitu penggunaan bahan kimia dan pemrosesan bahan kimia walaupun bahan kimia yang dihasilkan jauh lebih kecil daripada industri kimia modern. Kebanyakan bahan kimia yang dihasilkan pada zaman purba digunakan untuk kehidupan sehari-hari seperti untuk makanan, pakaian, dan perumahan dan kegunaan untuk masyarakat yang lebih canggih antara lain

1) Pembuatan Garam

Garam dalam bentuk yang sederhana merupakan bahan kimia yang dihasilkan dengan teknologi amat rendah yaitu pengeringan air laut dengan sinar matahari atau dengan penggalian batu garam. Manusia purba memerlukan penambahan garam yang hilang melalui keringat. Dan makanan yang dimasak umumnya tidak mengandung garam cukup. Oleh karena itu garam merupakan penunjang kebutuhan manusia yang harus dipenuhi.

2) Fermentasi

Proses fermentasi merupakan proses kimia yang diketahui oleh semua manusia purba antara lain menghasilkan minuman keras yang beralkohol dengan fermentasi gula. Di negara Mesir kuno, fermentasi lebih dikenal sebagai penghasil cuka atau asam asetat yang bukan hanya digunakan dalam makanan tetapi juga menghasilkan bahan lain.

3) Bahan Pewarna

Bahan pewarna untuk lukisan dan untuk pewarna kain juga merupakan bahan kimia yang penting misalnya : lukisan di dinding gua di Spanyol, Afrika dan Australia yang menggunakan beberapa warna seperti merah, kuning dan hijau menunjukkan bahwa manusia purba mengetahui tentang bahan kimia berwarna seperti tanah liat, bijih besi (merah dan kuning), kuprum dan ferosulfat (hijau). Bahan pewarna kain dihasilkan dari tumbuh-tumbuhan dan binatang-binatang. Contohnya, warna biru dihasilkan dari daun Indigo dan Madder, dan warna merah dari serangga Laca.

Sebelum pertengahan abad ke sembilan-belas, bahan pewarna untuk tekstil dan sebagainya diperoleh dari bahan-bahan tabii seperti pewarna biru yang dihasilkan dari daun pohon

indigo dan madder, dan pewarna merah yang dihasilkan dari serangga Laca. Ahli kimia terkenal, vanHoffman pada tahun 1845 telah mendapatkan bahwa salah satu bahan yang dihasilkan dari industri pembakaran arang batu, benzena, merupakan proses asid nitrik untuk menghasilkan nitrobenzena yang sekiranya menghasilkan anilin. Beliau telah menciptakan satu proses untuk menghasilkan anilin secara besar-besaran. Salah seorang pelajarnya, Perkin, setelah sadar tentang kesamaan formula alil-toluidin, suatu bahan yang berasal dari anilin, dengan kuinin, mencoba menghasilkan kuinin dengan mengoksidakan bahan itu. Proses ini gagal, akan tetapi beliau telah mencoba uji yang sama terhadap anilin dan menghasilkan hablur jingga. Beliau secara tidak sengaja telah membuat bahan pewarna jingga secara sintetik! Beliau mempatenkan penemuan ini dan membina sebuah tempat untuk menghasilkan bahan ini pada tahun 1857. Kejayaan Perkin telah menggagalkan ahli-ahli kimia organik lain menumpukan perhatian kepada sintesis bahan pewarna. Pada tahun 1852, Verguin menemui magenta, dan vanHoffman pula menunjukkan bahwa bahan pewarna magenta merupakan bahan asal untuk berbagai warna jingga. Biru rosanilin ditemui pula di Perancis, akan tetapi bahan ini tidak larut dalam air. Nicholson mendapatkan kiranya bahan pewarna ini dengan diproses dengan asid sulfurik yaitu disulfonasikan. Proses sulfonasi ini akhirnya amat berguna dalam bentuk jenis pewarna yang lebih larut dan bereaksi sesuai dengan kehendak industri pewarna. Griess menemui sebatian diazo pada tahun 1862. Seterusnya, pewarna tabii pula disintesis. Alizarin ditemui oleh Graebe dan Liebermann di Jerman dan Perkin di England secara bebas. Caro dari syarikat Badische Anilin-und-Soda Fabrik (BASF) telah menemui proses pembuatan alizarin yang lebih ekonomis. Para penanam pohon madder mendapat kerugian berjuta-juta dalam sekejap mata saja. Pada tahun 1880 Baeyer menemukan proses membuat indigo. Tujuh belas tahun kemudian, barulah proses ini

disempurnakan dengan penemuan secara tidak sengaja bahwa raksa sulfat sebagai bahan untuk mempercepat proses tersebut. Banyak lagi bahan pewarna yang disintesis. Pada awalnya, industri bahan pewarna ini berpusat di England akan tetapi akhirnya industri ini berkembang dengan pesatnya di Jerman sehingga negeri ini menjadi pusat baru pembuatan bahan pewarna sampai sekarang. Kemunculan Jerman sebagai tempat pembuat bahan pewarna dunia disebabkan oleh sokongan kerajaannya yang kuat, dan kelonggaran pengurus menggunakan kaki tangan teknik dalam semua aspek perniagaan ini.

4) Kaca

Kaca merupakan bahan teknologi kimia. Hasil sejarah menunjukkan bahwa kaca telah dibuat di Mesir sejak tahun 4.000 SM. Kaca dibuat dengan cara memanaskan campuran soda dan pasir hingga melebur dan melalui proses pendinginan secara perlahan-lahan, pembuatan kaca dibuat pertama kali di kawasan timur laut Mediterania yang termasuk di kawasan Greece.

5) Tembikar

Tembikar identik seperti kaca yaitu merupakan bahan hasil teknologi zaman purba. Pembuatan tembikar dihasilkan sekitar tahun 3.000 SM. Sejak zaman Dinasti Tang telah menghasilkan tembikar berwarna putih yang amat tinggi kualitasnya. Pada tahun 500 SM. Acuan tersebut digunakan pada zaman Rom untuk memperbaiki hasil tembikar dari segi estetika dan diberi lukisan dengan bahan pewarna. Bahan acuan berwarna merah dibuat dari pasir, soda dan garam plumbum tetapi mempunyai kepekatan sangat rendah.

6) Bahan Api Untuk Lampu

Keperluan pemancar cahaya yang lebih canggih daripada kayu untuk manusia, bekerja atau beristirahat pada waktu malam hari memerlukan penerangan lampu. Lilin merupakan hasil olahan lemak binatang yang mempunyai sumbu yang dibuat dari rumput. Dengan penemuan nyala yang lebih terang dihasilkan dari pembakaran minyak sayuran seperti minyak zaitun yang dicampur dengan garam.

7) Pembuatan Alkali atau Soda

Hal seterusnya dalam sejarah teknologi kimia ialah Revolusi Industri yang berlaku dengan pesatnya sejak abad ke delapan belas dan abad ke sembilan belas Masehi di Eropa. Industri tekstil, kaca dan sabun di sana berkembang dengan pesat dan bahan yang paling dikehendaki oleh industri-industri ini ialah *al-qali* atau alkali dalam bentuk soda. Sebelum ini, alkali dihasilkan melalui pembakaran rumpai laut atau bahan tumbuh-tumbuhan seperti kayu. Keadaan negara Perancis yang kaya sejak berlakunya revolusi, telah menyebabkan import soda menurun dengan mendadak. Pengusaha setempat terpaksa mendapatkan sumber dalam negeri. Nicolas Leblanc seorang ahli teknologi kimia Perancis, telah berjaya menciptakan proses membuat soda secara besar-besaran pada tahun 1789. Proses ini dipatenkan oleh penciptanya pada tahun 1791 dan lantaran itu proses ini dikenali dengan nama Proses Leblanc (Derry dan Williams, 1960 dan Furter, 1980). Garam lazim dicampur dengan asid sulfurik untuk menghasilkan gas hidroklorida dan garam natrium sulfat, dan garam ini dicampur dengan arang batu dan batu kapur yang kemudian dibakar di dalam tungku berputar untuk menghasilkan abu hitam. Soda diekstrak dari abu hitam dengan air dan dikeringkan.

Tempat pertama yang menggunakan proses Leblanc didirikan di Franciade, di tebing sungai Seine pada tahun 1791. Di England, proses ini tidak digunakan sehingga pada tahun 1823 bea cukai terhadap garam dibatalkan. William Muspratt merupakan orang yang pertama membina tempat Leblanc di Liverpool pada tahun itu. Charles Tennant pula telah membina proses pembuatan soda Leblanc terbesar di St. Rollox pada tahun 1825 (Derry dan Williams, 1960 dan Furter, 1980).

Proses Leblanc telah menyebabkan masalah pencemaran kimia. Abu kalsium sulfida merupakan bahan buangan yang mencemari alam. Gas hidroklorida yang diluapkan ke atmosfer menyebabkan hujan asam terhadap penduduk di sekitar Leblanc. Di Perancis, gas hidroklorida yang dihasilkan oleh Proses Leblanc ditindak lanjuti dengan ammonia untuk membentuk ammonium klorida. Di Britain, kadar luapan gas ini yang amat besar tidak membolehkan penggunaan cara yang sama. Pada tahun 1813, William Gossage telah menemukan alat penyerap gas pertama yang berupaya menyerap gas hidroklorida ke dalam air (Derry dan Williams, 1960 dan Furter, 1980). Alat ini berupa sebuah menara yang dipadatkan dengan dahan-dahan kecil atau pecahan batu bata. Gas klorida dialirkan ke dalam menara ini searus dengan air. Padatan ini meluaskan permukaan sentuhan di antara gas dan air untuk pemindahan hidroklorida. Penyerapan gas ini telah menjadi kendali unit yang piawai dalam teknologi kimia modern.

Masalah pencemaran yang dihadapi oleh Proses Leblanc menyebabkan para ahli teknologi kimia berusaha untuk menciptakan proses pilihan untuk menghasilkan soda. J. Fresnel pada tahun 1811 telah mendapatkan bahwa natrium bikarbonat merupakan suatu larutan natrium klorida yang dicampur dengan ammonia, campuran dengan ammonium bikarbonat, yang dihasilkan daripada campuran antara karbon dioksida yang disalurkan melalui larutan ini, dan ammonia (Derry dan Williams,

1960). Kiranya natrium bikarbonat ini dipanaskan, soda dibentuk dan karbon dioksida dibebaskan. Karbon dioksida boleh dihasilkan dengan memanaskan batu kapur terutama pada permulaan proses, digunakan semula untuk memanaskan natrium bikarbonat. Ammonia boleh dipisahkan dari larutan. Proses ammonia-soda ini tidak dapat diperdagangkan oleh karena masalah pembesaran. Ernest dan Alfred Solvay pada tahun 1861 telah dapat menyelesaikan masalah ini melalui keahlian mereka. Mereka telah menciptakan menara karbon yang bagus dengan mengalirkan air garam dan ammonia. Suatu menara yang mengandung plat, dan menyalurkan gas karbon dioksida naik melalui menara ini. Soda dipisahkan dari serbuk soda dan air garam melalui proses pemanasan ammonia dibebaskan dari ammonium klorida dicampur dengan kapur yang merupakan hasil sampingan pemanasan batu kapur, dan diedarkan semula ke unit penepu air garam (Derry dan Williams, 1960 dan Furter, 1980). Proses Solvay ini merupakan proses kimia besar yang pertama, dan proses ini telah menyebabkan penghapusan proses Leblanc dan permulaan industri kimia tak organik berat. Harga soda turun dari 40 pounds per-ton pada tahun 1870 menjadi 12 pounds per-ton pada tahun 1900 yang disebabkan oleh penggunaan proses Solvay.

Proses elektrolisis juga dikembangkan pada abad ini. Castner, seorang ahli kimia Amerika pada mulanya menghasilkan natrium dengan cara yang lazim untuk membuat aluminium, akan tetapi beliau gagal karena suatu proses pembuatan aluminium secara elektrolisis yang jauh lebih murah telah digunakan. Castner kemudian menciptakan proses untuk menghasilkan natrium peroksida, suatu agen pemutih, dengan membakar natrium dalam aliran udara. Beliau juga membuat natrium sianida untuk industri emas. Kedua bahan ini menjadi sangat laris sehingga Castner terpaksa menciptakan proses baru yang lebih

tinggi pengeluarannya. Beliau coba menggunakan proses elektrolisis soda kaustik cair akan tetapi soda kaustik yang diperoleh tidak berapa tulen. Oleh yang demikian, beliau mencoba menghasilkan soda kaustik tulen melalui proses elektrolisis air garam. Natrium yang dihasilkan di katoda dilarutkan dalam air raksa sebagai suatu campuran dengan air untuk menghasilkan soda kaustik dalam sebuah proses yang lain. Klorin yang dihasilkan di anoda juga boleh digunakan untuk menghasilkan serbuk pemutih (Derry dan Williams, 1960), antara lain :

8) Asid Sulfurik

Permintaan tinggi asid sulfurik untuk proses Leblanc, industri tekstil dan baja, telah menyebabkan perkembangan pesat proses pembuatan asid ini. Pada awal kurun ke tujuh-belas, asid sulfurik dihasilkan di Nordhausen melalui penyulingan vitriol hijau (ferus sulfat), yaitu proses tradisi seperti yang diperihalkan oleh al-Razi. Joshua Ward pada tahun 1737 telah menghasilkan asid sulfurik dengan membakar campuran belerang (sulfur) dan nitrat (saltpetre) di kaca besar yang mengandungi lapisan cetak air di dalamnya (Derry dan Williams, 1960 dan Furter, 1980). Setelah beberapa kali pembakaran, air ini akan berubah menjadi asid sulfurik lemah. Roebuck pada tahun 1776 telah memajukan proses ini dengan mengganti kaca dengan kaca bekas yang diperoleh dari plumbum berbingkai kayu yang dibuat sebesar mungkin. Lapisan air cetak kemudian diganti dengan semburan gas dan stim yang menghasilkan proses yang selanjut. Tennant pada tahun 1803 telah membakar sulfur dan nitrat dalam pembakaran yang besar dan menyembur gas yang dihasilkan dalam bekas plumbum bersama-sama semburan stim. Nitrogen dari nitrat menghasilkan oksida-oksida nitrogen yang sebenarnya mungkin menjadi penghasil sulfur trioksida. Setelah asid sulfurik dibentuk, oksida-oksida nitrogen perlu diedarkan. Pada tahun 1830, Gay-

Lussac telah membina menaranya untuk menyerap oksida-oksida nitrogen ini. Asid sulfurik pekat diperlukan dalam banyak industri dan lantaran itu proses pemekatan juga amat penting. Pada tahun 1895, Glover menciptakan menara untuk memekatkan asid sulfurik. Pengembangan terakhir proses asid sulfurik dibuat oleh Phillips pada tahun 1931, dengan menindakkanjuti sulfur dioksida yang dihasilkan dari pembakaran sulfur, dan oksigen di udara dengan platinum halus sebagai unsur untuk menghasilkan sulfur trioksida. Kesukaran teknik yang dihadapi pada proses awal ialah keracunan. Walau bagaimanapun bahan seperti ferus oksida yang murah boleh digunakan sebagai bahan untuk proses selanjutnya. Penyerapan sulfur trioksida dalam menara menyerap asid sulfurik dan pemekatan seterusnya menghasilkan asid sulfurik, asid yang lebih pekat (dikenali sebagai oleum). Proses pembuatan asid kini secara umumnya mengikuti proses yang dikembangkan pada akhir abad ke sembilan-belas, walaupun terdapat beberapa pembaharuan di segi pembakaran sulfur, penukar sulfur trioksida serta kemungkinan menara-menara menyerap dan pemekat asid.

Asid sulfurik sejak 1841 telah digunakan oleh Lawes dalam industri pembuatan baja juga melarutkan tulang untuk membentuk superfosfat. Setelah persediaan tulang tidak cukup untuk memenuhi permintaan baja, Lawes menggunakan fosfat galian yang diimport. Sebelum itu, pada tahun 1815, baja bernitrogen, ammonium sulfat diperoleh dari asid sulfurik dan ammonia yang dihasilkan dari pembakaran arang batu (Derry dan Williams, 1960).

2.3 Perkembangan Industri Dunia

Industri di dunia diawali dari Revolusi Industri (RI) di Inggris pada abad ke-18. Pada dasarnya Revolusi Industri merupakan penggantian tenaga manusia dengan tenaga mesin. Dorongan terbesar terjadinya Revolusi Industri ini saat penemuan mesin uap oleh James Watt's Th. 1764. Mesin ini menjadi pendorong utama tenaga mesin penggerak pada pertanian pabrik. Percepatan Revolusi Industri terjadi pada tahun 1800 dengan dikembangkannya mesin yang menggunakan bahan bakar dan listrik.

RI di Inggris tidak berdiri sendiri, melainkan suatu proses yang berkaitan dengan berbagai permasalahan sosial ekonomi, budaya dan politik. Revolusi itu sendiri merupakan suatu perubahan dan pembaharuan secara radikal dan cepat pada bidang perdagangan, industri, dan teknik yang terjadi di Eropa, terutama di Inggris pada abad ke-18.

Penemuan mesin-mesin (meski berpengerak manual) mendorong pemilik bermodal besar untuk memperkerjakan banyak tenaga-tenaga buruh, dan mendirikan gedung-gedung besar. Tempat-tempat kerja buruh yang digunakan untuk memproduksi disebut manufacture. Manufacture-manufacture inilah yang merupakan langkah awal terjadinya proses Industrialisasi. RI adalah awal dari Industrialisasi di Inggris. Didukung oleh kekayaan alam (bijih besi, batubara) industrialisasi berkembang semakin cepat. Perkembangan RI mendorong timbulnya produksi dan pemasaran secara massal, mengawali timbulnya gagasan otomatisasi, serta menimbulkan pergeseran perkembangan orientasi perekonomian dari produksi barang ke produksi jasa. Perkembangan industri dalam industrialisasi sebagai dampak RI disebabkan masalah ekonomi

khususnya dan kemanusiaan umumnya, yaitu:

1. Bertambahnya penggunaan mesin
2. Efisiensi produksi batubara, besi dan baja
3. Pembangunan Jalur kereta Api, perkembangan alat transportasi dan komunikasi.
4. Meluasnya sistem perbankan dan perkreditan.

Perkembangan industri di Inggris sangat ditunjang oleh luasnya daerah-daerah koloni yang dikuasai Kerajaan Inggris saat itu, yang sekaligus menjadi daerah-daerah pemasaran yang sangat potensial. Era Industrialisasi di Amerika dimulai tahun 1804, saat Oliver Evans mengembangkan mesin uap tekanan tinggi yang dapat digunakan untuk kapal dan pabrik. Kemudian pada tahun 1813, sekelompok pedagang kaya yang terkumpul dalam Boston Associates membentuk Boston Manufacturing Company. Mereka mendirikan pabrik pertamanya di Waltham, Massachusets.

Di dalam satu perusahaanberlangsung pemrosesan dari bahan mentah hingga bahan jadi. Pada tahun 1815, pabrik tekstil di New England telah berjumlah ratusan. Mereka telah meletakkan dasar bagi perkembangan industri tekstil di Amerika. Masa produksi massal telah dimulai di Amerika.

2.4 Industri Kimia dalam Perjalanan Sejarah Islam

Sejak awal, ilmuwan Muslim berkomitmen mengembangkan kimia. Mereka melakukan kajian dan menuliskannya dalam serangkaian karya. Sejumlah risalah, misalnya yang ditulis oleh ahli kimia terkemuka, Jabir ibnu Hayyan, menggambarkan bagaimana menghasilkan zat kimia tertentu, yang menjadi bahan baku industri secara rinci.

Jabir, ungkap EhsanMasood melalui karya Ilmuwan Muslim Pelopor Hebat di Bidang Sains Modern, berhasil menemukan proses kimiawi, seperti reduksi, sublimasi, dan penyulingan. Dia menciptakan bahan alembik, tabung penelitian sederhana untuk memanaskan cairan.

Alembik bisa mengubah anggur menjadi alkohol. Namun, di tangan ilmuwan Muslim, alkohol tidak dialihkan sebagai bahan minuman keras. Sebaliknya, pembuatan bahan alkohol menjadi proses kunci untuk sejumlah industri kimia yang berkembang di peradaban Islam.

Termasuk produksi parfum, tinta dan bahan celup, obat-obatan ataupun bahan kimia tertentu. Jabir juga menemukan jenis asam, antara lain asam sulfat, asam hidrokolat, dan asam nitrat, yang bisa melarutkan logam serta banyak dipakai di industri kerajinan logam dan lainnya.

Berbagai penguasaan teknik kimiawi dari sarjana Muslim menumbuhkan semangat para industriawan. Peradaban Islam lantas memunculkan sederet industri penting, seperti industri farmasi, tekstil, perminyakan, kesehatan, makanan dan minuman, perhiasan, hingga militer.

Selain itu, ada juga industri baja, pembuatan kertas, pembuatan keramik, kerajinan tanah liat, pembuatan gelas dan kaca, pertanian, ekstraksi mineral, industri logam, dan produk kimia lainnya. Umat Islam pun telah memiliki pabrik kaca skala besar di beberapa kota di Timur Tengah.

Sentra-sentra industri kaca bermunculan di banyak tempat dan masing-masing punya ciri khas dalam hal bentuk dan desain. Menurut Ahmad Y al-Hassan dan Donald R Hill dalam bukunya *Islamic Technology: An Illustrated History*, produk umat Islam mencerminkan karakter unik dari masing-masing pusat pembuatannya.

Sammara, Irak, pada abad ke-9 mejadi salah satu sentra industri produk tersebut. Selain itu, ada pula di Mosul, Najat, serta Baghdad. Sedangkan, di Suriah, Kota Damaskus merupakan sentra produksi yang terkenal meskipun di kota lainnya juga ada, seperti di Aleppo, Raqqa, Armanaz, Tyre, Sidon, Acre, dan Rasafa.

Al Hassan mengungkapkan, produk yang dibuat di Suriah sangat populer sepanjang peradaban Islam hingga berkembangnya industri yang sama di Venesia, Italia, pada abad ke-13. Orang-orang Barat mengetahui teknik pembuatan produk tersebut pada abad ke-13 hingga ke-17, lalu mereka mengembangkan industri di Eropa.

Di Indishapur, penelitian kimia mengantarkan umat Muslim pada pencapaian teknologi pemurnian gula. Selanjutnya, inovasi teknik ini dipergunakan pada industri gula di Khuzistan. Lalu, menyebar ke seluruh negeri Islam hingga Spanyol. Penemuan penting lain pada era keemasan adalah sabun.

Sentra industri sabun berada di Kufah, Basrah, dan Nablus di Palestina. Kemajuan industri ini dicatat ahli geografi, al-Maqdisi. Dalam risalahnya Ahsan al-TaqasimfiMa`rifatal-Aqalim, ia menyatakan bahwa Kota Nablus sudah terkenal sebagai sentra produksi sabun pada abad ke-10 dan sebagian hasilnya diekspor ke negara-negara Islam.

Hadirnya produk sabun turut men dorong berkembangnya gaya hidup sehat dan bersih di kalangan masyarakat Muslim sejak abad ke-7. Bahan utama pembuatan sabun, ungkap al-Hassan, adalah minyak sayuran, misalnya minyak zaitun serta minyak aroma. Tokoh penting di balik penemuan formula pembuatan sabun adalah al-Razi, kimiawan asal Persia.

Ketika itu, sabun yang diproduksi umat Muslim sudah berbentuk sabun cair dan padat serta menggunakan bahan pewangi dan pewarna. Dokter Muslim asal Andalusia, Abu al-Qasim al-Zahrawi (936-1013), juga menulis resep pembuatan sabun di dunia Islam. Selain itu, fondasi industri parfum ditopang oleh teknik dan rekayasa kimia.

Demikian halnya industri mesiu mengalami pencapaian signifikan sejak abad ke-7. Seorang ahli kimia bernama Khalid bin Yazid memperkenalkan bahan potasium nitrat yang menjadi bahan utama pembuatan mesiu. Karya Ibnu Hayyan dan Al-Razi juga menyinggung soal potasium nitrat.

2.5 Indonesia memasuki era Industrialisasi

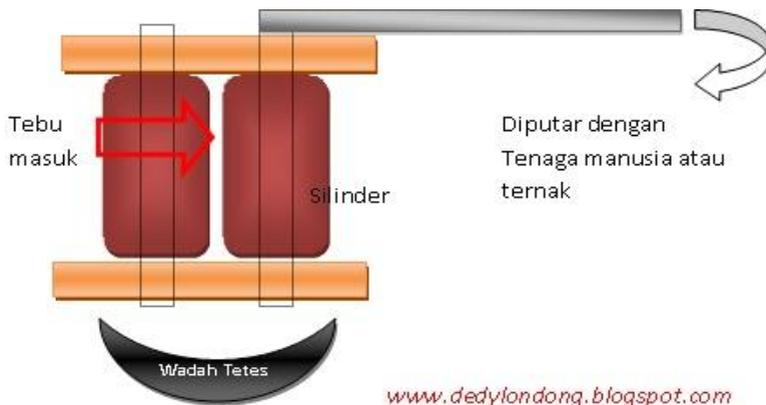
Era Industri Indonesia dimulai pada jaman kolonial Belanda yaitu tahun 1826. Yang mengejutkan, dari beberapa fakta, ternyata era Industri ini berdekatan waktunya dengan awal perkembangan Industri di Inggris dan Amerika, yaitu abad ke-18. Industri di Indonesia dimulai bersamaan dengan awal perkembangan Pabrik-pabrik Gula di Jawa.

Gula merupakan komoditas utama pada jaman kolonial Belanda. Pada tahun 1667 datang sekelompok pedagang Belanda di Pulau Jawa yang mendirikan VOC. Dengan peningkatan permintaan gula di Eropa maka pada tahun 1750 pabrik milik etnis Cina disewa untuk memproduksi gula di Eropa terutama di pantai utara Jawa.



Gambar 2.1. Penggilingan Tebu Tradisional masa Kolonial

Awalnya teknologi pengolahan tebu menjadi gula begitu sederhana dan tradisional. Cairan atau sari tebu didapat dari alat pengepres berupa silinder batu atau kayu yang diletakkan berhimpitan. Salah satu silinder diberi tonggak yang digerakkan secara manual oleh manusia atau ternak. Satu orang atau lebih memasukkan tebu ketengah putaran silinder. Hasil press berupa cairan sari tebu dialirkan ke kuali besar dibawahnya.



Gambar 2.2. Mekanisme Penggilingan Tebu Tradisional

Karena tingginya permintaan di Eropa, perlahan teknologi ini ditinggalkan. Mulailah Indonesia pada jaman Hindia Belanda memasuki Era Industrialisasi dalam arti sebenarnya, yaitu penggunaan mesin-mesin dalam melakukan proses produksi, sehingga meskipun menghasilkan volume output sangat tinggi dibanding manual, quality tetap terjaga.

Dengan didukung modal besar, pada tahun 1830, pabrik gula di Jawa Barat bertenaga mesin mulai berdiri. Ini dapat dilihat dengan adanya salah satu surat dari Jessen Trail and Company yang ditujukan pada NHM (Bank) Terjemahan sebagai berikut :

Dalam memulai perusahaan – perusahaan kita saat ini, kami sangat menyadari mesin-mesin yang digunakan untuk pembuatan gula sangat tidak efisien dan tidak sempurna, oelh karena itu kami ingin mendatangkan mesin – mesin dari Eropa beserta tenaga ahlinya. Kami saat ini (1826) memiliki tiga pabrik penggilingan. Menggunakan mesin giling horisontal dari Eropa dengan tiga silinder, berpengerak mesin uap 6 HP dan 8 HP, komplet dengan unit ketel uap (boillers), clarifiers dari tembaga dan besi, dan tiga unit mesin destilasi (destilleries) dan enam unit penyulingan berbahan tembaga dari Eropa...dan dilengkapi dengan sistem fermentasi untuk pembuatan arak dan rum.”



Gambar 2.3. Mesin Giling Tebu

Dari surat diatas dapat kita lihat bahwa sejak tahun 1826, Indonesia pada jaman Hindia Belanda telah memiliki tiga pabrik gula menggunakan mesin - mesin produksi dan SteamEngine (Ketel Uap). Inilah titik awal lahirnya Industri di Indonesia.

Pada tahun 1837 - 1838 didirikan pabrik-pabrik gula meggunakan mesin-mesin yang lebih modern di wilayah wonopringgo, Sragie, dan Kalimatie. Pertumbuhan industri ini menyebabkan tingginya permintaan akan tenaga kerja. Pada masa inilah, sejarah panjang tenaga kerja kontrak (kuli kontrak) di mulai dan pendorong penerapan sistem tanam paksa (cultuurstelsel) "yang brutal" tahun 1830 untuk mendapatkan suplay tenaga kerja dan bahan baku (tebu) dengan biaya yang murah.

Pesatnya pertumbuhan industri gula saat itu juga diikuti oleh pertumbuhan industri kereta api di akhir abad ke-18. Tercatat, sejarah perkeretaapian di Indonesia diawali dengan pencangkulan pertama pembangunan jalan kereta api di desa Kemijen, Jumat tanggal 17 Juni1864, oleh Gubernur Jenderal Hindia Belanda, Mr. L.A.J Baron SloetvandenBeele. Pembangunan diprakarsai oleh Naamlouze Venootschap Nederland schIndische Spoorweg Maatschappij" (NV. NISM) yang dipimpin oleh Ir. J.P de Bordes dari Kemijen menuju desa Tanggung (26 Km). Sedangkan diluar Jawa (Sumatera), pembangunan Rel KA juga dilakukan di Aceh tahun 1874, Sumatera Utara tahun 1886, Sumatera Barat tahun 1891, dan Sumatera Selatan tahun 1914. Kereta Api pada masa itu digerakkan oleh lokomotif uap (steamengine) hasil pembakaran batu bara atau kayu.



Gambar 2.4. Lokomotif Uap

Lokomotif uap milik Deli SpoorwegMaatschappij (tahun 1910-an)

Kesimpulannya, beberapa faktor berikut merupakan pendorong terjadinya era industri di Indonesia (evolusi Industri di Indonesia) yang dimulai sejak tahun 1826 :

1. Penemuan mesin uap oleh James Watt's Th. 1764
2. Berkembangnya teknologi permesinan dalam industri manufacture sebagai dampak dari Revolusi Indsutri di Inggris tahun 1800
3. Tingginya permintaan komoditas gula di Eropa
4. Ketersediaan tenaga kerja murah melalui sistem kerja kontrak oleh Pemerintah Hindia Belanda
5. Ketersediaan Bahan Baku (tebu) murah melalui sistem tanam paksa (cultuurstelsel) tahun 1830.
6. Perkembangan Indsutri Kereta Api.

Daftar Pustaka

- Austin, G. T, (1984). *Shreve's Chemical Process Industries*, Fifth ed.
- Anshory., I, (1985), *Penentun Pelajaran Kimia*, Ganeca Exact Bandung.
- Anshory., I, (2000), *Acuan Kimia*, jilid I, Erlangga Bandung.
- Carl L Yaws, 1999, "Chemical Properties Handbook", Mc Graw Hill, New York
- D.B. Keyes, 1957, "Industrial Chemicals", John Wiley and Sons Inc, New York
- Diktat *Proses Industri Kimia I*, edisi tahun 1988, PEDC Bandung.
- Faith,W.L., Keyes, D.B., Clark R.L., 1957, "Industrial Chemicals", John Wiley and Sons Inc, New York
- G.T Austin, 1996, "Industri Proses Kimia", PT Erlangga, Jakarta
- J.M Coulson., J.F. Richardson, (1989), "Chemical Engineering Volume 6 An Introduction to Chemical Engineering Design" Oxford, New York
- J.M. Smith, H.C. Van Ness,(2005), "Intoduction to Chemical Engineering Thermodynamics Seventh Edition", Mc Graw- Hill
- Kirk Othmer, (2003), "Concise Encyclopedia of Chemical Technology ed.4", Wiley-Interscience New York
- Oeto, S., (1984), *Diktat Aneka Industri Kimia*, Akademi Teknologi Industri AKPRIND Yogyakarta.
- Respati., (1986),*Dasar-Dasar Ilmu Kimia Untuk Universitas*, jilid II, Aksara Baru Jakarta.

BAB III

INDUSTRI GULA

3.1. Sejarah Industri Gula

Pada awalnya gula tebu dikenal oleh orang-orang Polinesia, kemudian menyebar ke India. Pada tahun 510 Sebelum Masehi, ketika menguasai India, Raja Darius dari Persia menemukan "batang rerumputan yang menghasilkan madu tanpa lebah". Seperti halnya pada berbagai penemuan manusia lainnya, keberadaan tebu sangat dirahasiakan dan dijaga ketat, sedangkan produk olahannya diekspor dan untuk menghasilkan keuntungan yang sangat besar.

Rahasia tanaman tebu akhirnya terbongkar setelah terjadi ekspansi besar-besaran oleh orang-orang Arab pada abad ketujuh sebelum sesudah masehi. Ketika mereka menguasai Persia pada tahun 642 mereka menemukan tanaman tebu yang sedang tumbuh dan kemudian mempelajari cara pembuatan gula. Selama ekspansi berlanjut mereka mendirikan pengolahan-pengolahan gula di berbagai daratan lain yang mereka kuasai, termasuk di Afrika Utara dan Spanyol.

Gula dikenal oleh orang-orang barat Eropa sebagai hasil dari Perang Salib pada abad ke-11. Para prajurit yang pulang menceritakan keberadaan “rempah baru” yang enak ini. Gula pertama diketahui tercatat di Inggris pada tahun 1099. Abad-abad berikutnya merupakan periode ekspansi besar-besaran perdagangan barat Eropa dengan dunia timur, termasuk di dalamnya adalah impor gula.

Pada abad ke-15, pemurnian gula di Eropa umumnya dilakukan di Venice. Venice tidak bisa lagi melakukan monopoli ketika Vasco da Gama berlayar ke India pada tahun 1498 dan mendirikan perdagangan di sana. Selanjutnya tanaman tebu dibudidayakan di berbagai perkebunan besar di kawasan-kawasan lain di dunia seperti di India, Indonesia, Filipina dan kawasan Pasifik.

Pada tahun 1750 terdapat 120 pabrik pemurnian gula yang beroperasi di Britania dengan hanya menghasilkan 30.000 ton per tahun. Pada tahap ini gula masih merupakan sesuatu yang mewah dan memberi keuntungan yang sangat besar sehingga gula dijuluki “emas putih”. Keadaan ini juga berlaku di negara-negara Eropa Barat lainnya.



Gambar 3.1. Pabrik gula tebu di Hindia Belanda sekitar tahun 1850

Ketika orang-orang Belanda mulai membuka koloni di Pulau Jawa kebun-kebun tebu monokultur mulai dibuka oleh tuan-tuan tanah pada abad ke-17, pertama di sekitar Batavia, lalu berkembang ke arah timur. Penanaman tebu ini salah satunya di lembagakan oleh kebijakan *culturstelsel* untuk memacu produksi Gula yang dimulai di tahun 1830. Daerah perkebunan tebu selanjutnya tumbuh sejak tahun 1840an dan berkembang sampai abad berikutnya adalah daerah pesisir utara dari Cirebon hingga Semarang, di sebelah selatan Gunung Muria hingga Juwana, daerah kerajaan (*Vorstenlanden*), Madiun, Kediri, Besuki, di sepanjang Probolinggo hingga Malang melalui Pasuruan, dari Surabaya Barat Daya sampai ke Jombang.

3.2 Karakteristik Gula

Gula memiliki karakteristik seperti berikut :

1. Nama senyawa : Sukrosa
2. Rumus molekul : $C_{12}H_{22}O_{11}$
3. Berat molekul : 342,3 g/mol
4. Bentuk : Padatan
5. Warna : Putih
6. Bau : Khas karamel
7. Densitas : 1,587 g/cm³
8. Kelarutan, 25°C : 2000 g/L air
9. Titik leleh, 1 atm : 186°C

3.3 Bahan Baku Dan Sumber

Sumber gula di Indonesia sejak masa lampau adalah cairan bunga (nira) kelapa atau enau, serta cairan batang tebu. Tebu adalah tumbuhan asli dari Nusantara, terutama di bagian timur. Tebu sebagai bahan baku utama industri gula di Indonesia merupakan tanaman yang efisien. Nama tebu hanya terkenal di Indonesia, dilingkungan Internasional tanaman ini lebih dikenal dengan nama ilmiahnya *Saccharum officinarum* L. Jenis ini termasuk dalam famili *Gramineae* atau kelompok rumput-rumputan.

3.4.1. Komposisi atau Kandungan Tebu

Umumnya tebu di Jawa memiliki komposisi seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Komposisi Nira Tebu

Komposisi	Kadar
Sukrosa	11-19%
Gula reduksi	0,5-1,5%
Senyawa anorganik	0,5-1,5%
Asam anorganik	0,15%
Sabut	16-19%
Zat warna	8-9%
Air	65-75%

3.4.2. Varietas Tebu yang Baik untuk Bahan Baku Gula

Varietas tebu sangat banyak jumlahnya, tetapi tidak semua unggul. Yang dimaksud varietas unggul adalah varietas yang memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- Tingkat produktivitas gula yang tinggi. Produktivitas dapat diukur dari bobot atau rendaman yang tinggi;
- Tingkat produktivitas (daya produk) yang stabil;
- Kemampuan yang tinggi untuk di kepras; dan
- Teloransi yang tinggi terhadap hama dan penyakit.

Tanaman tebu yang termasuk genus *Saccharum*, mempunyai berbagai spesies antara lain *S. Officinarum*, *S. Spontaneum*, *S. Sinense*, *S. Barberi* dan *S. Robustum*. Dalam perkembangannya untuk keperluan industri ditemukan bermacam-macam varietas baru yang terkenal dengan inisial POJ (Proefstation Oost Java), B (Barbados), H (Hawaii) dan sebagainya.

Tanaman tebu dapat tumbuh hingga 3 meter di kawasan yang mendukung.

Syarat Tumbuh Tebu (*Saccharum officinarum*)Tebu termasuk jenis tanaman rumput yang kokoh dan kuat. Tebu tumbuh di daerah dataran rendah yang kering. Iklim panas yang lembab dengan suhu antara 25°C-28°C. Curah hujan kurang dari 100 mm/tahun. Tanah tidak terlalu masam, pH diatas 6,4. Ketinggian kurang dari 500 m dplUmur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. Batang tebu mengkonversi sinar matahari dengan proses fotosintesa sehingga menjadi gula (sukrosa) selama pertumbuhan. Reaksi utama pada proses fotosintesa tebu :

Reaksi:



Monosakarida hasil reaksi di atas berupa D-glukosa dan fruktosa. Bertentangan dengan sintesa secara kimia, kedua monosakarida di atas, secara biokimia membentuk disakarida, yaitu sukrosa (sakarosa).

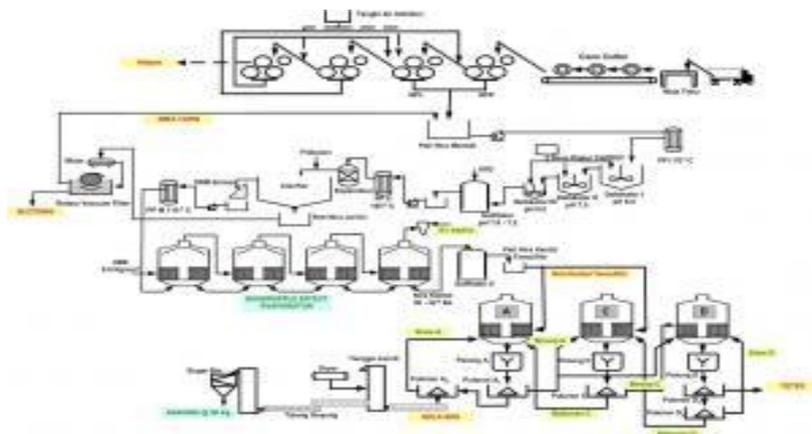
Bila tebu ditebang, kehidupan sel tebu makin lama makin lemah dan akhirnya fotosintesa berhenti.

Ada beberapa metode pemanenan tebu, diantaranya adalah dengan cara dibakar terlebih dahulu. Metode pembakaran tebu sebelum dipanen lazim digunakan pada lahan tebu yang luas dengan metode tebang mekanisasi.

Keuntungan dari membakar tebu sebelum ditebang adalah berkurangnya jumlah kotoran seperti trash, daun dan klaras. Tetapi apabila setelah ditebang tebu tidak langsung digiling dibawah 24 jam kadar dekstran nira perahan meningkat dan menimbulkan kerugian dalam proses. Dengan semakin lama waktu tunda giling pada tebu yang dibakar dekstran akan lebih cepat terbentuk. Dengan kehilangan sebanyak itu tentu hasil gula yang diperoleh akan menurun sedangkan tetes yang dihasilkan oleh pabrik gula meningkat. Dekstran berakibat negatif pada proses pembuatan gula. Kadar dekstran tinggi menyebabkan nira sukar dioleh dan viskositas pada proses kristalisasi tinggi sehingga sukar untuk di kristalkan.

3.4 Proses Pembuatan Gula Dalam Industri

Proses pembuatan gula dari bahan baku tebu secara umum dilakukan dengan tahap yaitu penggilingan tebu, pemurnian nira mentah, penguapan nira encer, kristalisasi nira kental, pemisahan kristal dan pengeringan kristal.



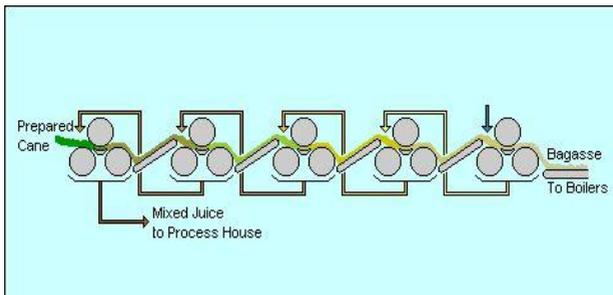
Gambar 3.2. Skema Proses Pembuatan Gula dari Nira Tebu

3.4.1 Proses Penggilingan Tebu

Setelah tebu dipanen, langkah selanjutnya dalam proses pembuatan gula adalah pemerahan tebu di gilingan. Tebu diperah menghasilkan “nira” dan “ampas”. Untuk menggiling tebu diperlukan 4-6 set gilingan yang terdiri dari rol baja. Setiap set terdiri dari 3 buah rol, satu berada di atas dua lainnya. Masing-masing set gilingan berada dalam ukuran alur(groove) dan jarak antar rol, dan semakin kebelakang jarak antar rol semakin sempit hingga pemerasan menjadi lebih baik.

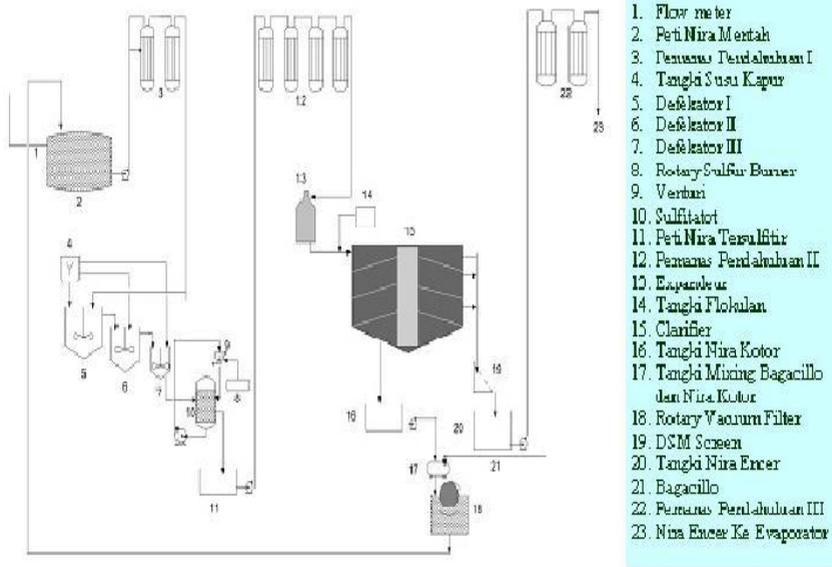
Untuk melarutkan nira yang melekat dalam serabut dilakukan penyemprotan dengan air (air imbibisi). Penambahan air imbibisi harus diperhitungkan agar tidak mengganggu proses penguapan atau pemborosan energi. Penambahan air imbibisi sekitar 15-16% berat tebu yang digiling. Ampas yang dihasilkan pada proses pemerahan ini digunakan untuk berbagai macam keperluan. Diantaranya digunakan sebagai bahan bakar ketel uap, atau sebagai bahan baku untuk pulp dan apabila berlebih bisa digunakan sebagai bahan partikel board, furfural, xylitol dan produk lain.

Nira yang dihasilkan dari penggilingan dapat mencapai 80-90% berat tebu. Nira inilah yang mengandung gula dan akan di proses lebih lanjut di pemurnian.



Gambar 3.3. Stasiun Penggilingan Tebu.

3.4.2 Pemurnian Nira Mentah



Gambar 3.4. Stasiun Pemurnian Nira.

Setelah tebu diperah dan diperoleh “nira mentah” (*raw juice*), lalu dimurnikan. Dalam nira mentah mengandung sukrosa, gula invert (glukosa+fruktosa); zat bukan gula, terdiri dari atom-atom (Ca,Fe,Mg,Al) yang terikat pada asam-asam, asam organik dan anorganik, zat warna, lilin, dan sebagainya. Pada proses pemurnian zat-zat bukan gula akan dipisahkan dengan zat yang mengandung gula.

Pemurnian dimaksudkan untuk memisahkan kotoran-kotoran yang terbawa nira, hingga diperoleh gula yang jernih.

Kotoran-kotoran yang terkandung dalam nira antara lain:

- Suspensi kasar yang terdiri dari tanah, ampas, dan lain-lain
- Suspensi koloid diantaranya protein, lemak, lilin, tepung, gum dan fosfatida.
- Zat-zat yang menimbulkan warna dan kekeruhan misalnya klorofil, besi oksida dan sebagainya

Proses pemurnian ini dapat dilakukan baik secara fisis maupun kimiawi. Secara fisis dengan cara penyaringan sedangkan secara kimia melalui pemanasan, dan pemberian bahan pengendap.

Berdasarkan cara penjernihan nira dikenal 3 macam cara penjernihan:

a. Defekasi

Dalam cara ini nira mentah ditambah Ca(OH)_2 dalam keadaan dingin sampai suasana larutan nira menjadi alkalis, kemudian dididihkan dan dibiarkan agar kotoran mengendap.

Kelebihan cara defekasi adalah prosesnya pemurniannya dengan biaya lebih murah dan produk yang dihasilkan bebas residu belerang.

Kelemahan cara defekasi adalah pengendapan kurang baik dibandingkan proses sulfitasi dan karbonatasi, sehingga produksi gula yang dihasilkan kurang seragam.

b. Sulfitasi

Bahan additive dalam proses ini adalah Ca(OH)_2 dan gas SO_2 . Ke dalam nira, mula-mula ditambahkan Ca(OH)_2 berlebih yaitu sekitar 1% lebih banyak dari berat kapur yang diperlukan (diperhitungkan).

Maksud penambahan Ca(OH)_2 yang berlebih adalah untuk menetralkan asam-asam yang terdapat dalam nira, dan membantu pengendapan.

Sisa Ca(OH)_2 yang masih ada dinetralkan dengan jalan memasukkan gas SO_2 , proses netralisasi ini dilakukan pada suhu $70\text{-}80^\circ\text{C}$.

Reaksi yang terjadi pada proses ini:



Reaksi antara nira dan gas SO_2 akan membentuk endapan CaSO_3 , yang berfungsi untuk memperkuat endapan yang telah terjadi sehingga tidak mudah terpecah.

Gas SO_2 selain berlaku sebagai zat penetral, juga bersifat sebagai zat penghilang warna (bleaching agent). Dengan cara SO_2 memperlambat reaksi antara asam amino dan gula reduksi yang dapat mengakibatkan terbentuknya zat warna gelap. Cara sulfitasi ini menghasilkan gula SHS (Superior Head Sugar) yang berwarna putih.

Sulfitasi dapat dilakukan dengan cara dingin atau panas.

- Sulfitasi dingin

Nira mentah ditambah dengan Ca(OH)_2 tanpa pemanasan terlebih dahulu. Setelah itu dipanaskan sampai mendidih dan kotorannya diendapkan.

- Sulfitasi panas

Pada proses sulfitasi terbentuk garam CaSO_3 yang lebih mudah larut dalam keadaan dingin, sehingga waktu dipanaskan akan terjadi endapan pada pipa pemanas.

Untuk mencegah hal ini pelaksanaan proses sulfitasi dimodifikasi sebagai berikut : Dimulai dengan nira mentah yang dipanaskan sampai $70-80^\circ\text{C}$, ditambah $\text{Ca}(\text{OH})_2$, disulfitasi kemudian dipanaskan sampai mendidih dan akhirnya diendapkan. Pada suhu kira-kira 75°C kelarutan CaSO_3 paling kecil.

Dibandingkan dengan cara defekasi proses sulfit memberikan keuntungan antara lain:

- Kotoran lebih mudah&cepat mengendap, sehingga menaikkan kapasitas alat pengendap.
- Masecuite (bubur kristal gula) lebih encer dan lebih mudah mengendapkannya.
- Kristalisasi lebih baik dan warna gula lebih putih.
- Penghematan waktu dalam pengendapan dan pemasakan.
- Kapasitas sentrifuge lebih besar.

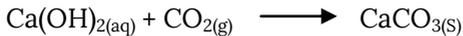
Cara sulfitasi ini mempunyai kelemahan-kelemahan antara lain:

- Deposit nira kental dalam alat pemanas dan penguapan (evaporator) lebih banyak
- Biaya perawatan dan investasi yang lebih besar diperlukan, karena masalah korosi yang lebih besar.

c. Karbonatasi

Pada pemurnian secara karbonatasi, bahan aditif yang ditambahkan adalah $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan gas CO_2 . Kapur yang diberikan banyaknya sekitar 10x berat yang digunakan dalam proses sulfitasi. Sisa kapur dalam nira dinetralkan dengan gas CO_2 dari pembakaran batu kapur (CaCO_3).

Reaksi yang terjadi pada proses ini yaitu:



Endapan CaCO_3 dapat menyerap zat-zat berwarna dan gum (pentosan).

Proses karbonatasi dapat dilakukan pada suhu rendah maupun suhu tinggi. Jika suhu sangat tinggi, di atas 90°C , maka gula pereduksi akan mengalami dekomposisi dan warna nira menjadi gelap. Bila suhu proses dipertahankan 55°C , akan dihasilkan gula yang sangat putih, lebih putih daripada gula hasil proses sulfitasi.

Proses penjernihan secara karbonatasi menghasilkan gula SHS berwarna putih. Kotoran-kotoran yang telah menggumpal dari proses-proses di atas selanjutnya diendapkan di dalam pesawat pengendap, (*clarifier*). Kemudian endapan dipisahkan dari nira jernih encer. Terhadap endapan yang masih mengandung nira, dilakukan filtrasi untuk mendapatkan niranya dengan menggunakan alat filter-frame press atau filter vakum yang berputar

Tahap akhir dari proses pemurnian nira dialirkan ke bejana pengendap (*clarifier*) sehingga diperoleh nira jernih dan bagian yang terendapkan adalah nira kotor. Nira jernih dialirkan ke proses selanjutnya (Penguapan), sedangkan nira kotor diolah dengan rotary vacuum filter menghasilkan nira tapis dan

blotong. Nira tapis selanjutnya dikembalikan pada awal proses pemurnian nira sedangkan kotoran (blotong) akan terkumpul sebagai limbah.

3.4.3 Penguapan Nira Encer

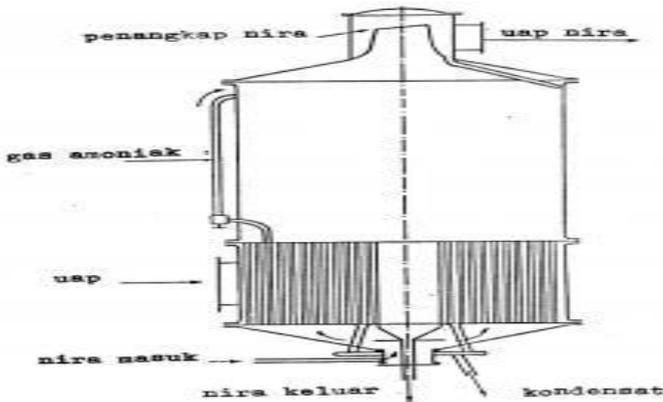
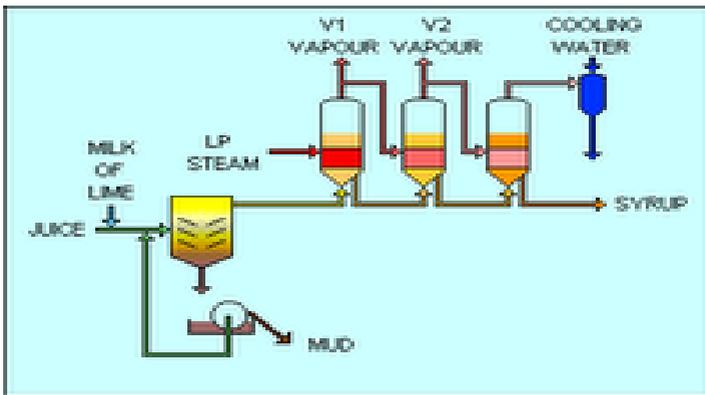
Langkah selanjutnya dalam proses pengolahan gula adalah proses penguapan. Penguapan dilakukan dalam vakum multiple effect evaporator. Tujuan dari penguapan ini adalah untuk memisahkan air yang terkandung dalam nira encer sehingga didapatkan larutan nira pekat.

Penggunaan multiple effect evaporator dengan pertimbangan untuk menghemat penggunaan uap. Sistem multiple effect evaporator terdiri dari 3 buah evaporator atau lebih yang dipasang secara seri. Di pabrik gula biasanya menggunakan 4 (*quadruple*) atau 5 (*quintuple*) buah evaporator.

Pada proses penguapan air yang terkandung dalam nira akan diuapkan. Uap baru digunakan pada evaporator badan I sedangkan untuk penguapan pada evaporator badan selanjutnya menggunakan uap yang dihasilkan evaporator badan I. Penguapan dilakukan pada kondisi vakum dengan pertimbangan untuk menurunkan titik didih dari nira. Karena nira pada suhu tertentu ($> 125^{\circ}\text{C}$) akan mengalami karamelisasi atau kerusakan. Dengan kondisi vakum maka titik didih nira akan terjadi pada suhu 70°C . Produk yang dihasilkan dalam proses penguapan adalah "nira kental".

Nira dari bejana nomor 1 diuapkan dengan menggunakan penambahan uap. Uap bekas ini terdapat dalam sisi ruang uap dan nira yang diuapkan terdapat dalam pipa-pipa nira dari tombol uap. Kemudian uap bekas dialirkan ke dalam bejana nomor 2. Selanjutnya nira kental yang berasal dari bejana nomor 1 ke

bejana nomor 2. Dalam bejana nomor 2 nira kental diuapkan dengan menggunakan uap nira dari bejana nomor 1. Kemudian nira kental dari bejana nomor 2 dialirkan ke bejana nomor 3 dan diuapkan menggunakan uap nira dari bejana nomor 2. Demikian dan seterusnya, sampai pada bejana terakhir merupakan nira kental yang berwarna gelap dengan kepekatan sekitar 60 brik. Nira kental ini diberi gas SO_2 sebagai blancing dan siap dikristalkan. Sedangkan uap yang dihasilkan dibuang ke kondensor sentral dengan perantara pompa vakum.



Gambar 3.5. Stasiun Penguapan Nira.

3.4.4. Kristalisasi Nira Kental

Proses kristalisasi adalah proses pembentukan kristal gula. Sebelum dilakukan kristalisasi dalam pan masak (*crystallizer*) yaitu tempat dimana nira pekat hasil penguapan dipanaskan terus-menerus sampai mencapai kondisi lewat jenuh, sehingga timbul kristal gula. Sedangkan campuran nira kental dan kristal gula disebut *massecuite*.

Langkah pertama dari proses kristalisasi adalah menarik masakan (nira pekat) untuk diuapkan sehingga mendekati kondisi jenuhnya. Dengan pemekatan secara terus menerus, koefisien kejenuhannya akan meningkat. Pada keadaan lewat jenuh maka akan terbentuk suatu pola kristal sukrosa.

Titik kristalisasi gula tebu terjadi pada 78-80⁰ Brix. Karena itu hasil akhir penguapan di dalam evaporator tidak boleh melebihi 78⁰ Brix, agar tidak menimbulkan kesukaran-kesukaran karena adanya kristal-kristal.

Langkah selanjutnya yaitu memasukkan bibit gula yang berupa kristal-kristal gula halus kedalam pan masak kemudian melakukan proses pembesaran kristal. Pemasukan bibit gula bertujuan agar pembentukan kristal gula bisa berlangsung serempak dan homogen. Pada proses masak ini kondisi kristal harus dijaga jangan sampai larut kembali ataupun terbentuk tidak beraturan.

Setelah diperkirakan proses masak cukup, selanjutnya larutan dialirkan ke palung pendingin(*receiver*) untuk proses kristalisasi. Tujuan dari palung pendingin ialah melanjutkan proses kristalisasi yang telah terbentuk dalam pan masak, dengan adanya pendinginan di palung pendingin dapat menyebabkan penurunan suhu masakan dan nilai kejenuhan naik sehingga dapat mendorong menempelnya sukrosa pada kristal yang telah terbentuk. Untuk lebih menyempurnakan dalam proses

kristalisasi maka palung pendingin dilengkapi pengaduk agar dapat sirkulasi.

Tingkat masakan (kristalisasi) tergantung pada kemurnian nira kental. Apabila HK nira kental $> 85\%$ maka dapat dilakukan empat tingkat masakan (ABCD). Dan apabila HK nira kental $< 85\%$ dilakukan tiga tingkat masakan (ACD). Pada saat ini dengan kondisi bahan baku yang rendah pabrik gula menggunakan sistem masakan ACD, dengan masakan A sebagai produk utama.

Proses masak pada pabrik-pabrik di Jawa Timur umumnya dilakukan secara bertingkat, yaitu: A, C dan D.

- **Masakan A**

Proses masak tahap pertama dengan menggunakan bahan baku nira mentah dinamakan masakan A. Bibit gula dalam proses masak A adalah gula hasil proses masakan C, dengan ukuran kristal sekitar 0,4 mm. Kristal yang dihasilkan dari proses masak ini disebut gula A dan sirupnya disebut sirup A. Gula A dicampur dengan air atau klare dipisahkan dengan mesin sentrifugal menghasilkan gula putih dan larutan klare. Gula putih selanjutnya dikeringkan dan dikemas sebagai gula produk.

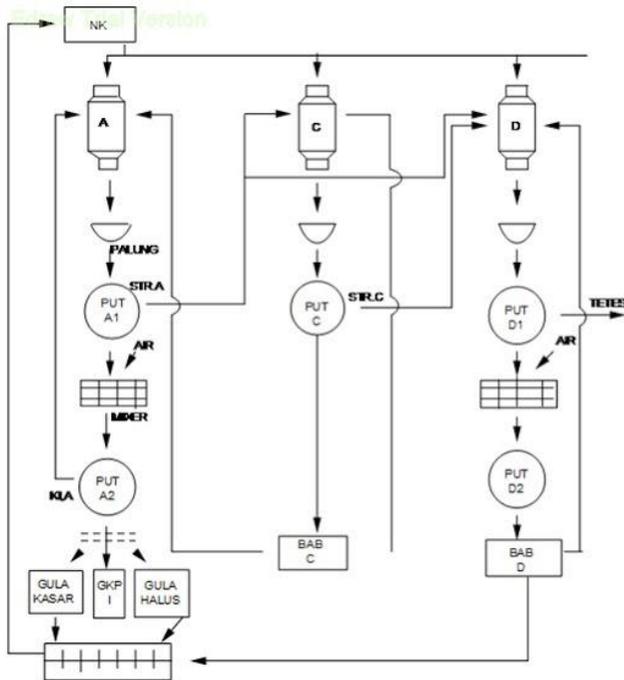
- **Masakan C**

Didalam sirup A masih terkandung banyak sukrosa yang belum jadi kristal. Sukrosa tersebut kemudian diambil kembali melalui proses masak berbahan baku sirup A atau biasa disebut masakan C. Pada proses masakan C, bibit yang digunakan adalah gula D dengan ukuran kristal sekitar 0,2 mm. Proses masak berlangsung sebagaimana pada masakan A, namun karena kandungan sukrosa pada sirup A sudah menurun, maka kristalisasi pada masak C butuh waktu lebih

lama. Gula C diambil dengan cara sentrifugasi, sedangkan sirupnya digunakan untuk bahan baku pada masak D.

- **Masakan D**

Masakan D biasanya menggunakan bahan baku campuran sirup C dan sirup A. Proses masak D berlangsung jauh lebih lama dibanding masak A, karena tingkat kemurnian sukrosa bahan yang digunakan rendah. Khusus untuk masakan D, setelah turun dari bejana masak dilanjutkan dengan kristalisasi lanjut dengan pendinginan di palung pendingin sampai lebih dari 24 jam. Setelah dipisahkan di mesin sentrifugal, gula D dilebur kembali dan dicampur dengan nira kental dan sirup D atau lebih dikenal dengan tetes.



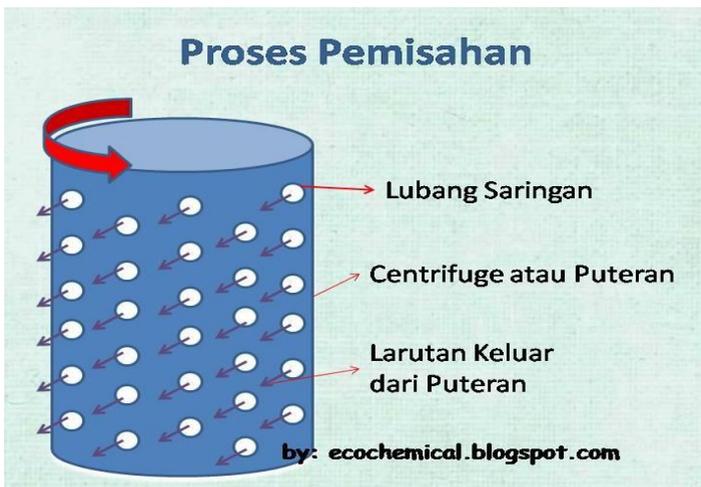
Gambar 3.6. Proses Kristalisasi Nira Tebu



Gambar 3.7. Kristaliser

3.4.5. Pemisahan Kristal

Setelah masakan didinginkan proses selanjutnya adalah pemisahan



Gambar 3.8. Alat Pemisah Kristal Gula

Proses ini bertujuan Untuk memisahkan kristal gula dari cairannya(molasse), dalam proses ini dapat dilakukan dengan cara pemutaran menggunakan puteran(centrifuge). Dalam pemisahan ini, terlebih dahulu viskositas molasse dikurangi dengan memberikan air. Kemudian dilakukan pemutaran dan kristal gula yang diperoleh dikeringkan.

Pada alat centrifuge ini terdapat saringan. Sistem kerja lat ini yaitu dengan menggunakan gaya sentrifugal sehingga masakan diputar dan strop(Campuran larutan dan kristal gula) akan tersaring dan kristal gula tertinggal dalam puteran. Pada proses ini dihasilkan gula kristal dan tetes. Gula kristal didinginkan dan dikeringkan untuk menurunkan kadar airnya. Tetes di transfer ke Tangki tetes untuk di jual.

3.4.6. Pengeringan Kristal Gula

Air yang dikandung kristal gula hasil sentrifugasi masih cukup tinggi, kira-kira 20% . Gula yang mengandung air akan mudah rusak dibandingkan gula kering, untuk menjaga agar tidak rusak selama penyimpanan, gula tersebut harus dikeringkan terlebih dahulu. pengeringan dapat dilakukan dengan cara alami atau dengan memakai udara panas kira-kira 80⁰C.

Pengeringan gula secara alami dilakukan dengan melewati SHS pada talang goyang yang panjang. Dengan melalui talang ini gula diharapkan dapat kering dan dingin. Proses pengeringan dengan cara ini membutuhkan ruang yang lebih luas dibandingkan cara pemanasan. Karena itu, pabrik-pabrik gula menggunakan cara pemanasan. Cara ini bekerja atas dasar prinsip aliran berlawanan dengan aliran udara panas.

3.6. Kapasitas Giling Tebu dan Produksi Gula di Indonesia

Tabel 3.2. menyajikan kapasitas giling beberapa pabrik gula yang ada di Indonesia.

Tabel. 3.2. Kapasitas Giling Tebu dan Produksi Gula di Indonesi

No	Pabrik Gula	Kapasitas Giling (ribu ton/hari)	Produksi Gula (ributon/tahun)
1	PTPN II	8,4	100
2	PTPN VII	10,2	120
3	PTPN IX	19,1	260
4	PTPN X	34,4	570
5	PTPN XI	38,4	500
6	PTPN XIII	4,6	50
7	PTPN XIV	7,9	80
8	PT Tribuna Bina	6,7	110
9	PT Candi	1,8	30
10	PT Rajawali I	11,9	200
11	PT Rajawali II	21,1	205
12	PT Gunung Madu Plantation	12,0	200
13	PT Gula Putih Mataram	32,0	500

3.7. Pengolahan Dan Pemanfaatan Limbah Pabrik Gula

Pada pemrosesan gula dari tebu menghasilkan limbah atau hasil samping, antara lain ampas, blotong dan tetes. Ampas berasal dari tebu yang digiling dan digunakan sebagai bahan bakar ketel uap. Blotong atau filter cake adalah endapan dari nira kotor yang di tapis di rotary vacuum filter, sedangkan tetes merupakan sisa sirup terakhir dari masakan yang telah dipisahkan gulanya melalui kristalisasi berulang kali sehingga tak mungkin lagi menghasilkan kristal.

a. Limbah Bagasse (Ampas)

Satu diantara energi alternatif yang relatif murah ditinjau aspek produksinya dan relatif ramah lingkungan adalah pengembangan bioetanol dari limbah-limbah pertanian (biomassa) yang mengandung banyak lignocellulose seperti bagas (limbah padat industri gula). Indonesia memiliki potensi limbah biomassa yang sangat melimpah seperti bagas. Industri gula khususnya di luar jawa menghasilkan bagas yang cukup melimpah.

Bagasse tebu (*Saccharum officinarum* L.) semula banyak dimanfaatkan oleh pabrik kertas, namun karena tuntutan dari kualitas kertas dan sudah banyak tersedia bahan baku kertas lain yang lebih berkualitas, sehingga pabrik kertas mulai jarang menggunakannya. Limbah padat pabrik gula (PG) berpotensi besar sebagai sumber bahan organik yang berguna untuk kesuburan tanah. Menurut Budiono (2008), ampas (bagasse) tebu mengandung 52,67% kadar air; 55,89% C-organik; N-total 0,25%; 0,16% P_2O_5 ; dan 0,38% K_2O . Hasil pengomposan campuran blotong, ampas (bagasse) dan abu ketel diinkubasi dengan bioaktivator mikroba selulolitik selama 1 dan 2 minggu, kemudian diaplikasikan ke lahan tebu.

Pemberian kompos 10 ton/ha mampu meningkatkan bobot tebu sebanyak 16,8 ton/ha.

b. Limbah Blotong (Padat)

Salah satu limbah yang dihasilkan Pabrik Gula dalam proses pembuatan gula adalah blotong, limbah ini keluar dari proses dalam bentuk padat mengandung air dan masih ber temperatur cukup tinggi (panas), berbentuk seperti tanah, sebenarnya adalah serat tebu yang bercampur kotoran yang dipisahkan dari nira.

Komposisi blotong terdiri dari sabut, lilin dan lemak kasar, protein kasar, gula, total abu, SiO_2 , CaO , P_2O_5 dan MgO . Komposisi ini berbeda persentasenya dari satu pabrik gula dengan pabrik gula lainnya, bergantung pada pola produksi dan asal tebu.

Selama ini pemanfaatan blotong umumnya adalah sebagai pupuk organik, di beberapa pabrik gula daur ulang blotong menjadi pupuk yang kemudian digunakan untuk produksi tebu di wilayah-wilayah tanam para petani tebu.

Pada perkembangan selanjutnya, upaya pemanfaatan blotong sebagai pengganti kayu bakar yaitu dalam bentuk briket blotong. Untuk pembuatan briket blotong dipadatkan lalu dikeringkan. Keuntungan menggunakan briket blotong adalah harganya yang lebih murah daripada kayu bakar dan bahan bakar lain. Akan tetapi untuk membuat briket ini diperlukan waktu cukup lama antara 4 sampai 7 hari pengeringan, selain itu juga tergantung dari kondisi cuaca.

Blotong dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein. Kandungan protein dari nira sekitar 0,5 % berat zat padat terlarut. Dari kandungan tersebut telah dicoba untuk melakukan ekstraksi protein dari blotong dan ditemukan

bahwa kandungan protein dari blotong yang dipress sebesar 7,4 %. Protein hanya dapat diekstrak menggunakan zat alkali yang kuat seperti sodium dodecyl sulfate. Kandungan dari protein yang dapat diekstrak antara lain albumin 91,5 %; globulin 1 %; etanol terlarut 3 % dan protein terlarut 4 %. Dengan demikian blotong dapat juga digunakan sebagai pakan ternak dengan cara dikeringkan dan dipisahkan partikel tanah yang terdapat didalamnya. Untuk menghindari kerusakan oleh jamur dan bakteri blotong yang dikeringkan harus langsung digunakan dalam bentuk pellet.

c. Limbah Tetes (Cair)

Tetes atau molasses merupakan produk sisa pada proses pembuatan gula. Tetes diperoleh dari hasil pengkriatalan nira kental, dimana gula dalam sirop tersebut tidak dapat dikristalkan lagi. Pada pemrosesan gula tetes yang dihasilkan sekitar 5 – 6 % tebu, sehingga untuk pabrik dengan kapasitas 6000 ton tebu per hari menghasilkan tetes sekitar 300 ton sampai 360 ton tetes per hari. Walaupun masih mengandung gula, tetes sangat tidak layak untuk dikonsumsi karena mengandung kotoran-kotoran bukan gula yang membahayakan kesehatan. Penggunaan tetes sebagian besar untuk industri fermentasi seperti alcohol, pabrik MSG, pabrik pakan ternak dan lain-lain.

Penggunaan tetes sebagai pakan ternak sebagai sumber energi dan meningkatkan nafsu makan, selain itu juga untuk meningkatkan kualitas bahan pakan dengan peningkatan daya cernanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonym. 2012. *Proses Pembuatan Gula Pasir Dari Tebu*.
<http://r3870me.wordpress.com/proses-pembuatan-gula-pasir-dari-tebu/>. Diakses: 18 Mei 2013
- Risvank. 2011. *Pemurnian Nira Di Pabrik Gula*.
<http://www.risvank.com/pemurnian-nira-di-pabrik-gula/>. Diakses: 18 Mei 2013
- Anonym. 2009. *Penelitian Gula*. http://www.ipard.com/penelitian/penelitian_gula.asp#atas. Diakses 22 Mei 2013
- Arifin. 2009. *Pengaplikasian-Bioaktivator*.
<http://arifinbits.wordpress.com>. Diakses 22 Mei 2013
- Fadjari. 2009. *Memfaatkan Blotong, Limbah Pabrik Gula*.
<http://kulinet.com/baca/memanfaatkan-blotong-limbah-pabrik-gula/536>. Diakses 22 Mei 2013
- Mucharomah. 2007. *Pemanfaatan Bagasse*.
<http://ejournal.unud.ac.id/abstrak/mucharomah%20pra.%20100102007.pdf>. ddiakses 22 Mei 2013
- Riswan. 2009. *Blotong Filter Cake*.
<http://www.risvank.com/?p=307>. Diakses 22 Mei 2013

BAB IV

INDUSTRI ALKOHOL

4.1. Definisi Alkohol

Alkohol merupakan senyawa yang memiliki gugus fungsional -OH yang terikat pada rantai karbon alifatik. Dalam molekul alkohol, Gugus fungsi -OH berikatan secara kovalen dengan atom karbon.

Alkohol yang memiliki satu gugus -OH disebut dengan monoalkohol, sedangkan yang memiliki lebih dari satu gugus -OH disebut dengan polialkohol. Alkanol merupakan monoalkohol turunan alkana. Rumus umum dari alkohol adalah $C_nH_{2n+1}OH$ atau ditulis R-OH, satu atom H dari alkana diganti oleh gugus OH.

Alkohol adalah salah satu dari sekelompok senyawa organik yang dibentuk dari hidrokarbon-hidrokarbon oleh pertukaran satu atau lebih gugus hidroksil dengan atom-atom hidrogen dalam jumlah yang sama; istilah ini meluas untuk berbagai hasil pertukaran yang bereaksi netral dan mengandung satu atau lebih gugus alkohol (Dorland, 2002).

Alkohol merupakan senyawa seperti air yang satu hidrogennya diganti oleh rantai atau cincin hidrokarbon. Sifat fisis alkohol, alkohol mempunyai titik didih yang tinggi

dibandingkan alkana-alkana yang jumlah atom C-nya sama. Hal ini disebabkan antara molekul alkohol membentuk ikatan hidrogen. Rumus umum alkohol $R - OH$, dengan R adalah suatu alkil baik alifatik maupun siklik. Dalam alkohol, semakin banyak cabang semakin rendah titik didihnya. Sedangkan dalam air, metanol, etanol, propanol mudah larut dan hanya butanol yang sedikit larut. Alkohol dapat berupa cairan encer dan mudah bercampur dengan air dalam segala perbandingan (Brady, 1999).

4.2 Sejarah Alkohol

Alkohol telah digunakan manusia sejak zaman prasejarah sebagai bahan pemabuk dalam minuman beralkohol. Residu yang ditemukan pada peninggalan keramik yang berumur 9000 tahun dari China bagian utara menunjukkan bahwa minuman beralkohol telah digunakan oleh manusia prasejarah dari masa Neolitik.

Campuran dari (Bio)alkohol yang mendekati kemurnian untuk pertama kali ditemukan oleh Kimiawan Muslim yang mengembangkan proses distilasi pada masa Kalifah Abbasid dengan peneliti yang terkenal waktu itu adalah Jabir ibn Hayyan (Geber), Al-Kindi (Alkindus) dan al-Razi (Rhazes). Catatan yang disusun oleh Jabir ibn Hayyan (721-815) menyebutkan bahwa uap dari Wine yang mendidih mudah terbakar. Al-Kindi (801-873) dengan tegas menjelaskan tentang proses distilasi Wine. Sedangkan (Bio)etanol absolut didapatkan pada tahun 1796 oleh Johann Thobias Lowitz, dengan menggunakan distilasi saringan arang. Antoine Lavoisier menggambarkan bahwa (Bio)etanol adalah senyawa yang terbentuk dari karbon, hidrogen dan oksigen. Pada tahun 1808 Nicolas-Théodore de Saussure dapat menentukan rumus kimia etanol. Limapuluh tahun kemudian (1858), Archibald Scott Couper menerbitkan rumus bangun etanol. Dengan demikian etanol adalah salah satu senyawa kimia

yang pertama kali ditemukan rumus bangunnya. Etanol pertama kali dibuat secara sintesis pada tahun 1829 di Inggris oleh Henry Hennel dan S.G.Serullas di Perancis. Michael Faraday membuat etanol dengan menggunakan hidrasi katalis asam pada etilen pada tahun 1847 yang digunakan pada proses produksi etanol sintesis hingga saat ini.

Pada tahun 1840 etanol menjadi bahan bakar lampu di Amerika Serikat, pada tahun 1880-an Henry Ford membuat mobil quadrycycle dan sejak tahun 1908 mobil Ford model T telah dapat menggunakan (bio)etanol sebagai bahan bakarnya. Namun pada tahun 1920an bahan bakar dari petroleum yang harganya lebih murah telah menjadi dominan menyebabkan etanol kurang mendapatkan perhatian. Akhir-akhir ini, dengan meningkatnya harga minyak bumi, bioetanol kembali mendapatkan perhatian dan telah menjadi alternatif energi yang terus dikembangkan

4.3 Jenis-jenis Alkohol

Gugus fungsional alkohol adalah gugus hidroksil yang terikat pada karbon hibridisasi sp^3 . Rumus kimia umum alkohol adalah $C_nH_{2n+1}OH$. Ada tiga jenis utama alkohol *primer*, *sekunder*, dan *tersier*. Nama-nama ini merujuk pada jumlah karbon yang terikat pada karbon C-OH. Masing-masing kelompok alkohol ini juga memiliki beberapa perbedaan kimiawi.

1. Alkohol Primer

Pada alkohol primer (1°), atom karbon yang membawa gugus -OH hanya terikat pada satu gugus alkil. Contohnya $CH_3CH_2CH_2OH$ (C_3H_7O). Ada pengecualian untuk metanol, CH_3OH , dimana metanol ini dianggap sebagai sebuah alkohol primer meskipun *tidak ada* gugus alkil yang terikat pada atom karbon yang membawa gugus -OH.

2. *Alkohol sekunder*

Pada alkohol sekunder (2°), atom karbon yang mengikat gugus -OH berikatan langsung dengan *dua* gugus alkil, kedua gugus alkil ini bisa sama atau berbeda.

3. *Alkohol tersier*

Pada alkohol tersier (3°), atom karbon yang mengikat gugus -OH berikatan langsung dengan *tiga* gugus alkil, yang bisa merupakan kombinasi dari alkil yang sama atau berbeda.

Suatu alkohol primer dapat dioksidasi menjadi aldehida atau asam karboksil. Alkohol sekunder dapat dioksidasi menjadi keton saja. Sedangkan pada alkohol tersier menolak oksidasi dengan larutan basa, dalam larutan asam, alkohol mengalami dehidrasi menghasilkan alkena yang kemudian dioksidasi (Fessenden, 1997).

4.4 **Karakteristik Bahan dan Produk**

- Etanol merupakan zat cair jernih dan dapat tercampur dengan air dalam semua perbandingan (bersifat miscible)
- Dapat melarutkan senyawa organik

Bahan baku untuk memproduksi etanol dengan cara fermentasi dapat di produksi dari 3 macam karbohidrat, yaitu:

- Bahan-bahan yang mengandung gula atau disebut juga substansisakarina, rasanya manis seperti misalnya gula tebu, gula bit, molase (tetes), macam-macam sari buah-buahan dan lain-lain.
- Bahan yang mengandung pati, misalnya: padi-padian, jagung, gandum, kentang sorgum, malt, barley, ubi kayu dan lain-lain.

- Bahan-bahan yang mengandung selulosa, misalnya: kayu, cairan buangan pabrik pulp dan kertas (*wastesulfiteli liquor*)

Gas-gas hidrokarbon

Sumber bahan-bahan ini pada negara-negara penghasil alkohol berbeda-beda tergantung pada banyaknya bahan-bahan yang dapat diperoleh pada negara-negara itu, misalnya:

Jerman : bahan dasar kentang

Perancis : bahan dasar gula bit

Swedia : bahan dasar sulfat pulp

Indonesia : bahan dasar molase

4.5 Bahan Baku

1. Substansi Sakarin

Pada umumnya sebagai media untuk produksi alkohol secara komersial pada industri fermentasi alkohol. Di Indonesia dipakai tetes (molase) yang bisa didapatkan setelah sakarosanya dikristalisasi dan disentrifuse dari sisi gula tebu.

Proses penguapan dan pengkristalan ini biasanya dilakukan tiga kali sampai tetestidak lagi ekonomis untuk diperoleh. Sisa tetes/cairan ini disebut sebagai "*black strap mollase*" yang merupakan campuran kompleks yang mengandung sakarosa, gula invert, garam-garam dan bahan-bahan non gula. Disamping sakarosa, glukosa dan fruktosa yang dapat difermentasi, molase juga mengandung substansi-substansi pereduksi yang tidak dapat di fermentasi.

Bahan-bahan ini antara lain karamel yang terjadi karena pemanasan gula, melanoidin yang mengandung nitrogen dan terdapat pula hidroksil metil furfural, asam formiat dan lain-lain.

Bahan yang tidak dapat difermentasi ini bisa mencapai 17% dalam *black strap molasse*, dan sebesar 5% dalam *high test molasse*.

Tetes (molase) bersifat asam, mempunyai pH 5,5-6,5 yang disebabkan oleh adanya asam-asam organik yang bebas.

Kualitas molase yang dihasilkan dari suatu industri gula dipengaruhi oleh cara pembersihan niranya. Bila kurang sempurna, maka kotoran banyak terdapat dalam molase. Warna molase pada umumnya berwarna coklat kemerahan. Hal ini disebabkan antara lain pigmen melanoidin, dekorasi termal dan kimiawi dari komponen-komponen selain gula.

2. Mikroba Fermentasi

Dalam proses fermentasi alkohol digunakan ragi. Ragi ini dapat merubah glukosa menjadi alkohol dan gas CO₂. Ragi merupakan mikroorganisme bersel satu, tidak berklorofil dan termasuk golongan *Eumycetes*. Dari golongan ini dikenal beberapa jenis, antara lain *Saccharomyces anamensis*, *Schizosacharomyces pompe* dan *Saccharomyces cerevisiae*. Masing-masing mempunyai kemampuan memproduksi alkohol yang berbeda.

Syarat-syarat yang diperlukan dalam memilih ragi untuk fermentasi adalah:

- Cepat berkembang biak
- Tahap terhadap alkohol tinggi
- Tahan terhadap suhu tinggi
- Mempunyai sifat yang stabil
- Cepat mengadakan adaptasi terhadap media yang difermentasi

Untuk memperoleh jenis ragi yang mempunyai sifat-sifat seperti diatas, harus dilakukan percobaan-percobaan dalam laboratorium dengan teliti. Pada umumnya ragi yang dipakai untuk membuat alkohol adalah jenis *Saccharomyces cerevisiae*, yang mempunyai pertumbuhan sempurna pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ dan pH 4,8.

4.6 Proses Produksi Etanol

Pada dasarnya ada 2 macam cara pembuatan etanol, yaitu:

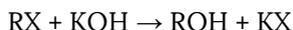
- Secara sintesis
- Secara fermentasi

4.6.1 Sintesis Etanol

Secara sintesis, dilakukan dengan menggunakan reaksi elementer (hidrasi katalitik etana), yaitu

1. Mereaksikan Alkil Halida (Halo alkana) dengan Basa

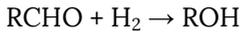
Reaksi antara alkil halida dengan basa akan menghasilkan alkohol dan garam.



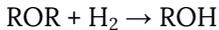
Cara ini digunakan secara khusus untuk membuat amil alkohol dalam skala besar, yaitu dengan mereaksikan kloropentana dan KOH. Dari hasil eksperimen dapat disimpulkan bahwa alkil iodida lebih cepat reaksinya daripada alkil bromida maupun alkil klorida. Selain itu halida primer menghasilkan hasil alkohol yang lebih banyak dibandingkan dengan alkil halida sekunder maupun tersier.

2. Mereduksi Aldehida dan Keton

Reaksi aldehida oleh hidrogen menghasilkan alkohol primer.



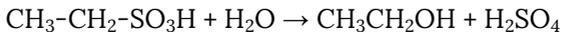
Sedangkan reaksi keton oleh hidrogen menghasilkan alkohol sekunder.



Alkohol tersier tidak dapat dihasilkan melalui reaksi reduksi.

3. Hidrolisis Alkil Hidrogensulfat

Pembuatan alkohol dengan cara hidrolisis alkil hidrogen sulfat banyak digunakan untuk membuat etanol perdagangan. Senyawa etil hidrogensulfat yang diperlukan dibuat dari reaksi adisi H_2SO_4 pada etena. Contoh :



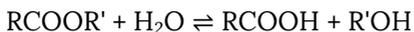
4. Hidrasi Alkena

Alkena jika dikenai reaksi hidrasi dengan adanya asam encer akan menghasilkan alkohol. Sebagai contoh, hidrasi etilena akan menghasilkan etil alkohol (etanol). Reaksinya adalah :



5. Hidrolisis Ester

Rumus ester suatu asam organik adalah RCOOR' . Bila ester tersebut dihidrolisis dapat menghasilkan alkohol dan asam karboksilat menurut persamaan reaksi :



Cara hidrolisis ini ditempuh saat tidak ada cara lain untuk membuat suatu alkohol yang diperlukan.

6. Menggunakan Reagen Grignard

Alkohol primer, sekunder dan tersier dapat dibuat dengan reagen Grignard. Reagen Grignard adalah senyawa organometalik dengan rumus umum RMgX .

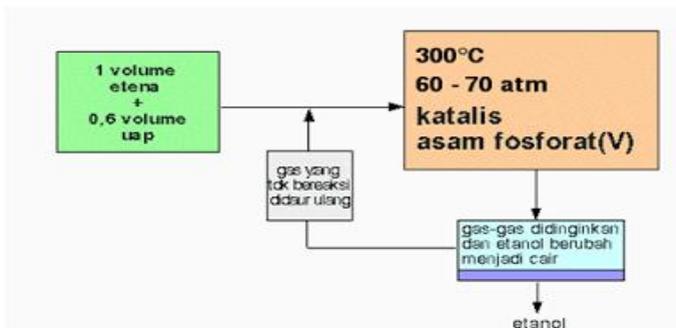
Langkah 1: $\text{CH}_3\text{-Mg-Cl} + \text{HCHO} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OMgCl}$

Langkah 2: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OMgCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} + \text{MgCl(OH)}$

7. Pembuatan Alkohol dari Alkena

Etanol dibuat dalam skala produksi dengan mereaksikan etena dengan uap. Katalis yang digunakan adalah silikon dioksida padat yang dilapisi dengan asam fosfat (V). Reaksi yang terjadi dapat balik (reversibel).

Hanya 5 % dari etena yang diubah menjadi etanol pada setiap kali pemasukan ke dalam reaktor. Dengan mengeluarkan etanol dari campuran kesetimbangan dan mendaur-ulang etena, maka pengubahan etena menjadi etanol secara keseluruhan dapat mencapai 95 %. Diagram alir untuk reaksi yang terjadi dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.1. Diagram alir pembuatan alkohol

Beberapa alkohol lain (meski tidak semua) bisa dibuat dengan reaksi-reaksi yang serupa. Katalis yang digunakan dan

kondisi-kondisi reaksi akan berbeda-beda dari alkohol yang satu ke alkohol yang lain. Pada pembahasan tingkat dasar ini, kondisi-kondisi yang perlu diketahui adalah kondisi-kondisi yang diberikan untuk pembuatan alkohol di atas.

Alasan mengapa ada sebuah masalah yang ditemukan pada beberapa alkohol dapat ditunjukkan dalam pembuatan alkohol dari propena, $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$. Pada dasarnya, ada dua alkohol berbeda yang bisa terbentuk. Hasil yang diperoleh bisa berupa propan-1-ol atau propan-2-ol tergantung pada bagaimana molekul air di adisi ke ikatan rangkap. Akan tetapi, pada kenyataannya, hasil yang diperoleh adalah propan-2-ol.

Jika sebuah molekul H-X di adisi ke sebuah ikatan rangkap $\text{C}=\text{C}$, maka atom H hampir selalu terikat pada atom karbon yang memiliki paling banyak atom hidrogen terikat padanya - untuk contoh di atas atom H terikat pada CH_2 bukan pada CH . Pengaruh yang ditimbulkan oleh kecenderungan ini yakni ada beberapa alkohol yang tidak mungkin dibuat dengan cara mereaksikan alkena dengan uap karena adisi akan terjadi dengan arah yang berlawanan dari yang diperkirakan.

4.6.2 Fermentasi bioetanol

Proses fermentasi etanol dapat dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan tertentu. Misalnya saja bahan yang mengandung gula seperti tetes (molase), dan juga bahan- bahan yang mengandung pati seperti padi, jagung, ubi kayu, gandum dan lain-lain. Proses fermentasi dengan bahan yang berbeda tentu akan membutuhkan proses yang agak berbeda pula. Berikut adalah penjelasan mengenai proses produksi etanol dengan bahan molase dan bahan yang mengandung pati.

Proses produksi bioetanol dari tetes (molase)

1. Pengolahan Tetes

Pengolahan tetes merupakan hal yang penting dalam pembuatan alkohol. Pengolahan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi yang optimum untuk pertumbuhan ragi dan untuk selanjutnya. Yang perlu disesuaikan dalam pengolahan ini adalah pH, konsentrasi gula dan pemakaian nutrisi. Tetes yang dihadapkan dari pabrik gula biasanya masih terlalu pekat (85° Brix), oleh karena itu perlu diadakan pengenceran lebih dahulu untuk mendapatkan kadar gula yang optimum (12° Brix untuk pembibitan dan 24° Brix pada fermentasi). Pengaturan pH diatur dengan penambahan asam H_2SO_4 hingga dicapai pH 4 – 5. Meskipun tetes cukup mengandung zat sumber nitrogen namun seperti amonium sulfat atau amonium fosfat

2. Tahap Penimbangan Tetes

Pada penimbangan tetes ini dipakai jenis timbangan cepat dengan kapasitas timbang tertentu, dilengkapi dengan alat pembuka dan penutup berupa katup buangan yang dioperasikan secara manual. Dan juga panel on-off pompa tetes yang diatur secara otomatis. Cara kerjanya dengan menimbang tetes yang dipompa dari gudang penyimpanan tetes untuk setiap harinya.

3. Tahap Pencampuran Tetes.

Tahap pencampuran tetes ini menggunakan tangki pencampur tetes dengan kapasitas tertentu yang dilengkapi pancaran uap air panas (steam), yang berfungsi sebagai pengaduk dan pemanas tetes. Cara kerjanya yaitu pertama-tama air panas bersuhu 70° C dimasukkan ke dalam tangki pencampur tetes (mixing tank), kemudian disusul dengan tetes yang telah ditimbang. Setelah itu disirkulasi dengan menggunakan pompa hingga tetes dan air tercampur dengan baik. Pencampuran dianggap selesai dengan indikasi kepekatan mencapai 90° brix dan dipanaskan dengan uap air panas (steam) sampai suhunya

mencapai 90° C. Tujuan diberikannya air panas adalah untuk mempercepat proses pelarutan, sedangkan pemanasan dengan uap air panas (steam) adalah untuk sterilisasi larutan tetes. Setelah semua tercampur dengan baik ditambahkan asam sulfat (H_2SO_4) teknis dengan kepekatan 96,5 % sampai pH mencapai 4,5 - 5. Pemberian asam sulfat (H_2SO_4) ini bertujuan untuk mengendapkan garam-garam mineral di dalam tetes dan untuk memecah disakarida (sukrosa) di dalam tetes menjadi monosakarida berupa senyawa d-glukosa dan d-fruktosa.

4. Tahap pengendapan

Pada tahap pengendapan ini menggunakan tangki yang dilengkapi dengan pipa decanter. Pada tahap ini larutan tetes dengan kepekatan 40° brix dari tangki pencampur ditampung dalam tangki ini dan diendapkan selama 5 jam untuk mengendapkan kotoran-kotoran tetes (sludge), terutama endapan garam. Pengendapan ini bertujuan untuk mengurangi kerak yang terjadi pada *mashcolumn* (kolom destilasi pertama). Setelah 5 jam, cairan tetes dipompa menuju tangki fermentor melalui decanter dan *heatexchanger* (HE). Heat exchanger ini berfungsi untuk menurunkan suhu sampai 30°C sebagai syarat operasi fermentasi. Sedangkan cairan sisa yang berupa endapan kotoran-kotoran dan sebagian cairan tetes dipompa ke tangki pencuci endapan kotoran tetes (tangki sludge).

5. Tahap Separator

Tangki pencuci endapan kotoran tetes. Sisa cairan tetes sebanyak ± 5% volume dari tangki pengendapan tetes yang berupa endapan kotoran-kotoran dipompa keluar dari tangki pengendapan melalui pipa decanter untuk ditampung di tangki sludge hingga mencapai volume tertentu. Kemudian cairan tetes diendapkan hingga waktu tertentu untuk selanjutnya dipompa kembali ke tangki mixing. Tujuan pencucian kotoran tetes ini adalah untuk efisiensi

bahan baku berupa tetes agar bahan baku dapat dipakai semaksimal mungkin tanpa harus membuang sebagian yang tersisa.

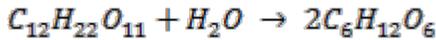
6. Tahap Fermentasi

Proses fermentasi ini dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu tahap pembiakan ragi dan fermentasi.

a. Tahap pembiakan ragi

Tahap ini menggunakan tangki prefermentor yang dilengkapi pipa aliran udara dan pipa aliran air pendingin pada bagian luar dinding tangki. Tahap ini bertujuan untuk mengembangbiakkan ragi jenis *saccharomyces cereviseae* dengan menggunakan media tetes. Untuk pembuatan larutan ragi, mula-mula diawali dengan cara memasukkan air proses bersuhu 15° C dan tetes 40° brix dari tangki pengendap tetes ke dalam tangki seeding dan mencampurnya hingga mencapai kekentalan sekitar 12 - 13° brix yang disertai aliran udara dari blower dengan fungsi ganda yaitu untuk mempercepat tercampurnya tetes dengan air dan juga untuk konsumsi kebutuhan oksigen bagi ragi *saccharomyces cereviseae* yang berlangsung pada suasana aerob. Selain itu juga menjaga suhu tangki konstan pada 30° C dengan mengalirkan air pada dinding luar tangki. Jika tidak dijaga, maka ragi sedang dikembangbiakkan akan terganggu kelangsungan hidupnya dan kemudian akan mati. Kemudian memasukkan ragi roti (gist) yang telah dilarutkan dengan air secukupnya. Untuk nutrisinya, dimasukkan urea, diammonium fosfat, dan amonia. PHP juga ditambahkan kedalam larutan ini dengan tujuan untuk mempertahankan pH agar tetap konstan yaitu 4.5 - 5. Dari hasil campuran ini didapatkan biakan ragi. Pada Tangki pre-fermentor terdapat beberapareaksi yaitu: reaksi hidrolisis, reaksi penguraian urea serta reaksi pertumbuhan yeast.

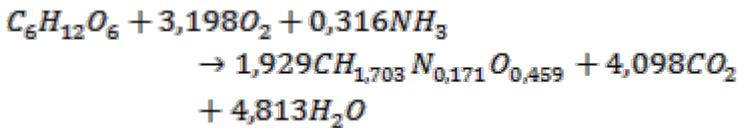
Asumsi pada reaksi hidrolisis adalah konversi yang terjadi 95%.
 Persamaan reaksi hidrolisis sebagai berikut:



Persamaan reaksi pada 95% konversi proses penguraian urea adalah:



Persamaan reaksi untuk pertumbuhan yeast adalah:



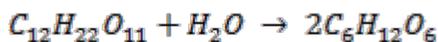
$$\Delta Hr = -855,7066 \text{ kcal/kg}$$

(Bailey BK 1996)

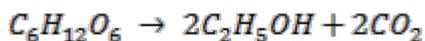
b. Tahap fermentasi

Tahap ini menggunakan tangki fermentor dengan dilengkapi pipa aliran udara dan pipa aliranair pendingin yang berasal dari air sungai untuk menjaga suhu fermentasi pada 30-32°C. Fermentasi ini bertujuan untuk mendapatkan alkohol dengan kadar 8,5 - 9 % atau lebih. Pertama-tama dimulai dengan sterilisasi tangki fermentor yang masih kosong dengan uapair panas (steam) sampai suhu 121° C lalu membiarkan suhu di dalam tangki turun sampai 30° C. Setelah itu memasukkan air proses dengan suhu 30° C, larutan tetes 40° brix, proses fermentasi ini berjalan secara aerob. Selanjutnya biakan ragi yang telah dibiakkan pada tangki pre-fermentor dipompa masuk ke tangki fermentor. Setelah itu, tetes 40° brix dipompa masuk ke tangki dan proses berlangsung selama 36 jam. Untuk pH larutan ini dijaga sekitar 4,5 - 5. Kemudian memasukkan ragi roti yang telah dilarutkan dengan air secukupnya dan yeast cream. Untuk

nutrisinya, dimasukkan urea, amonium, dan diammonium fosfat. Sedangkan turkey red oil ditambahkan sebagai anti foam untuk mencegah pembentukan foam selama proses terjadi. Hal ini dilakukan selama 15 menit setelah persiapan media pada tangki fermentor selesai. Kemudian dimasukkan ke dalam 2 tangki fermentor pada waktu yang disesuaikan dengan jam awal fermentasi. Tahap fermentasi ini berlangsung selama 24 jam hingga kadar alkohol mencapai 8,5 - 9% dan kekentalan 6,5 - 7° brix. Setelah kadar alkohol sebesar 8,5 - 9% terpenuhi, larutan hasil fermentasi dipompa menuju separator untuk dipisahkan antara hasil fermentasi (cairan mash) dengan ragi (yeast cream). Separator ini menggunakan alat rotary vacuum filter yang merupakan alat dengan prinsip vacuum sehingga ragi (yeast cream) dan cairan hasil fermentasi (cairan mash) yang memiliki perbedaan massa jenis dapat dipisahkan. Ragi yang didapatkan masih dalam konsentrasi yang tinggi. Dari hasil fermentasi tidak semuanya dipisahkan raginya, hanya sekitar 80-90% saja. Sisanya 10-20% tidak diambil raginya karena mengandung kotoran-kotoran sisa berupa endapan garam mineral. Hasil fermentasi yang telah dipisahkan ini langsung masuk ke tangki mash (mash tank). Dan selanjutnya di destilasi hingga menjadi alkohol prima (Fine alcohol) dengan kadar mencapai 96,5%. Pada tahap fermentasi ini terjadi reaksi hidrolisis, dimana sukrosa diubah menjadi glukosa. Persamaan reaksi hidrolisis yaitu:



Sedangkan reaksi utama adalah reaksi fermentasi, dimana glukosa diubah menjadi etanol dan air. Persamaan reaksinya adalah:

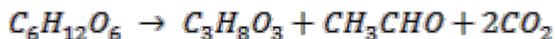


Pada main fermenter selain terbentuk etanol, juga akan terbentuk produk samping. Hasil samping dalam persen berat (%gula) adalah sebagai berikut:

- Asam asetat = 0,65%
- Fusel Oil = 0,85%
- Asetaldehid = 0,05%

(Harley and Prescott hal 128)

Reaksi samping yang terjadi pada main fermenter yaitu:



Komponen pada fusel oil meliputi:

- Propanol = 12,5 %
- Isobutyl alkohol = 15 %
- Amyl alkohol = 30 %
- Isoamyl alkohol = 32,5 %
- Etanol = 10 %

(Paturau hal 241)

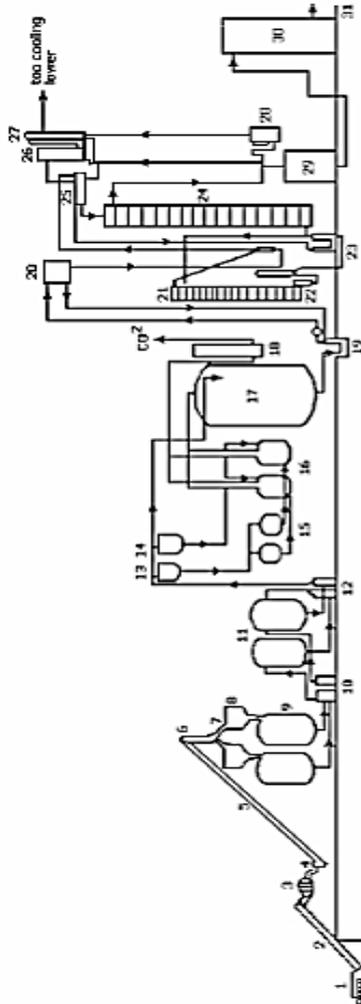
7. Tahap Distilasi

Produk hasil fermentasi mengandung alkohol yang rendah, disebut bir (beer) dan sebab itu perlu di naikan konsentrasinya dengan jalan distilasi bertingkat. Beer mengandung 8 - 10% alkohol. Maksud dan proses distilasi adalah untuk memisahkan etanol dari campuran etanol air. Untuk larutan yang terdiri dari komponen-komponen yang berbeda nyata suhu didihnya, distilasi merupakan cara yang paling mudah dioperasikan dan juga merupakan cara pemisahan yang secara termal adalah efisien. Pada tekanan atmosfer, air mendidih pada 100°C dan etanol

mendidih padasekitar 77°C . perbedaan dalam titik didih inilah yang memungkinkan pemisahan campuran etanol air. Prinsip : Jika larutan campuran etanol air dipanaskan, maka akan lebih banyak molekul etanol menguap dari pada air. Jika uap-uap ini didinginkan(dikondensasi), maka konsentrasi etanol dalam cairan yang dikondensasikan itu akan lebih tinggi dari pada dalam larutan aslinya. Jika kondensat ini dipanaskan lagi dan kemudian dikondensasikan, maka konsentrasi etanol akan lebih tinggi lagi. Proses ini bisa diulangi terus, sampai sebagian besar dari etanol dikonsentrasikan dalam suatu fase. Namun hal ini ada batasnya. Pada larutan 96% etanol, didapatkan suatu campuran dengan titik didih yang sama(azeotrop). Pada keadaan ini, jika larutan 95-96% alkohol ini dipanaskan, maka rasio molekul air dan etanol dalam kondensat akan tetap konstan sama. Apabila kadar etanolnya sudah 95% dilakukan dehidrasi atau penghilangan air. Untuk menghilangkan air bisa menggunakan kapur tohor atau zeolit sintetis. Tambahkan kapur tohor pada etanol. Biarkan semalam. Setelah itu di distilasi lagi hingga kadar airnya kurang lebih 99.5%.

Gambar peralatan. Sumber: Fuel from Farms - A Guide to Small Scale Ethanol Production, Solar Energy Research Institute (SERI), 1617 Cole Boulevard, Golden, CO 80401.

SKEMA PROSES PILOT PLANT ETHANOL

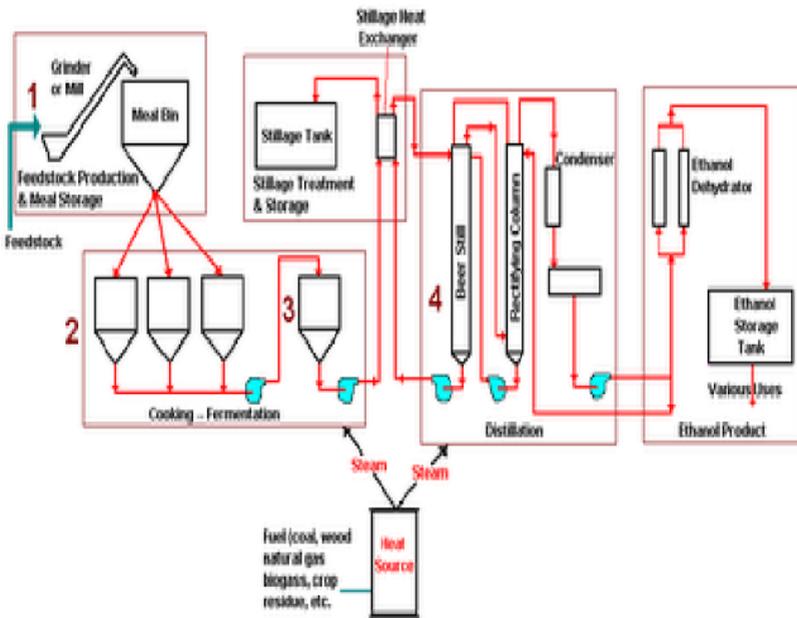
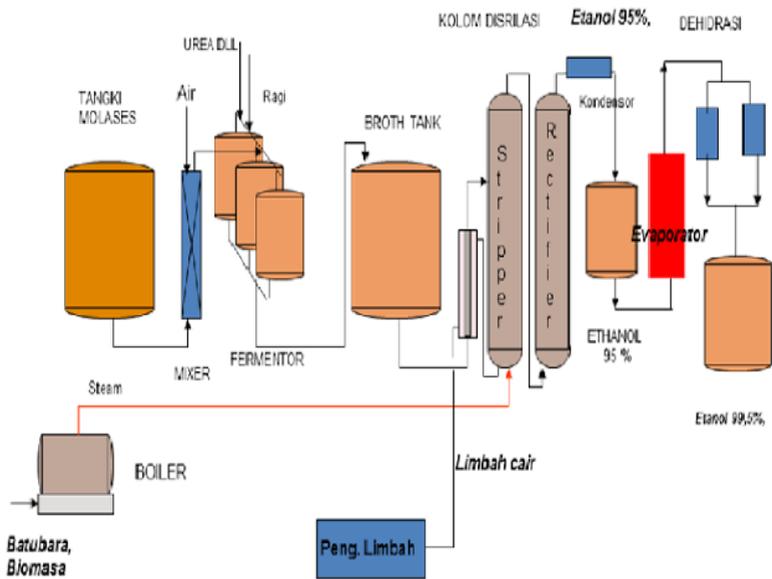


METERANJIAN :

- 1. Conveyor dalam (1)
- 2. Conveyor milling I (1)
- 3. Peck (1)
- 4. Washer (1)
- 5. Conveyor milling II (1)
- 6. Crusher/boiler (1)
- 7. Lepper (1)
- 8. Receiver (2)
- 9. Cooler (2)
- 10. H.E. Cooler (2)

- 11. Saccharifactor (2)
- 12. H.E. Saccharifactor (1)
- 13. Murrion tank I (1)
- 14. Murrion tank II (1)
- 15. Seeding tank I (1)
- 16. Seeding tank II (2)
- 17. Fermenter (8)
- 18. CO₂ washer (1)
- 19. Holding tank bawah (1)
- 20. Holding tank atas (1)

- 21. Beer column (1)
- 22. Waste outlet regulator n.c. (1)
- 23. Silage H.E. (1)
- 24. Rectifier column (1)
- 25. Condenser horizontal (1)
- 26. Condenser vertical (1)
- 27. Safety condenser (1)
- 28. Alcohol cooler (1)
- 29. Shift tank (1)
- 30. Storage (1)
- 31. To loading arm (1)



4.7 Kegunaan bioetanol

Kegunaan etanol/bioethanol (alkohol) berdasarkan literatur adalah sebagai berikut:

a. Menurut Fessenden (1992) kegunaan etanol adalah:

- Digunakan dalam minuman keras.
- Sebagai pelarut dan reagensia dalam laboratorium dan industri.
- Sebagai bahan bakar

Etanol mempunyai nilai kalor (Q) sebesar 12.800 Btu/lb. Sedangkan jika dicampur dengan gasoline dimana presentase 10% etanol dan 90% gasoline akan menghasilkan produk dengan nama dagang Gashol dihasilkan kalor (Q) sebesar 112.000 Btu/gallon.

b. Menurut Austin (1984) kegunaan etanol adalah:

- Sebagai bahan industri kimia.
- Sebagai bahan kecantikan dan kedokteran.
- Sebagai pelarut dan untuk sintesis senyawa kimia lainnya.
- Sebagai bahan baku (raw material) untuk membuat ratusan senyawa kimia lain, seperti asetaldehid, etil asetat, asam asetat, etilene dibromida, glycol, etil klorida, dan semua etil ester.

4.7 Limbah dari Industri Bioetanol

Menurut Hammer dan Bastian (1989), lahan basah adalah habitat peralihan antara lahan darat dan air, jadi bukan merupakan habitat darat ataupun habitat air. Ekosistem lahan basah memiliki kemampuan alamiah untuk menghilangkan berbagai jenis limbah pada beberapa tingkat efisiensi (Nichols, 1983). Kemampuan ini terutama disebabkan karena adanya vegetasi yang berperan sebagai pengolah limbah. Seluruh perairan darat yang menjadi bagian dari lahan basah juga berfungsi sebagai penyimpan dan penangkap karbon. Lebih fantastis lagi, lahan basah juga merupakan penyangga dampak anomali cuaca dan iklim. Dengan demikian, potensi lahan basah di wilayah Indonesia sebagai gudang karbon sangat besar. Menanggapi peristiwa kematian ribuan ikan disepanjang 70 km dari Mojokerto hingga Kota Surabaya, peristiwa itu terjadi akibat pencemaran yang disebabkan luberan limbah PT Aneka Kimia Nusantara. PT Aneka Kimia Nusantara (AKN) Desa Wates Magersari Mojokerto, adalah industri penghasil etanol termasuk penyumbang terbesar pencemaran organik tinggi di Kali Surabaya. Dapat dibayangkan untuk memproduksi satu liter etanol dihasilkan limbah 15 liter dari molase yang berwarna coklat, tergolong sebagai buangan paling korosif, BOD (Bio Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand) yang tinggi, pH 3.5, suhu yang tinggi hingga mencapai 100°C yang dapat mencemari air tanah. Molase adalah sisa tetes dari tetes tebu yang telah diproses untuk menghasilkan gula pasir. Molase mengandung sekitar 45% sukrosa yang dapat difermentasikan menjadi alkohol. 1 kg sukrosa secara teoritis akan menghasilkan 0.644 liter alkohol absolut (anhidrida) yang hampir 100% murni. Secara matematis dengan 88% efisiensi fermentasi dan 98% distilasi akan dihasilkan 0.555 liter alkohol. BOD (Biochemical Oxygen Demand) adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan

oleh bakteri pengurai untuk menguraikan bahan pencemar organik dalam air. Nilai baku mutu BOD untuk air minum harus sama atau kurang dari 2 mg/l. COD (Chemical Oxygen Demand) adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan pencemar organik dalam air dengan menggunakan oksidator kimia. Nilai baku mutu COD untuk air minum harus sama atau kurang dari 10 mg/l. Limbah PT Aneka Kimia Nusantara saat masuk ke perairan Kali Surabaya awalnya dapat berperan sebagai bahan makanan yang diuraikan oleh mikroba, namun penguraian bahan organik ini membutuhkan oksigen terlarut dalam air yang lebih besar daripada jumlah oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis. Sehingga menimbulkan dampak yang buruk bagi organisme perairan. Selain itu Limbah organik PT ANK menimbulkan empat perubahan yang mengganggu kestabilan ekosistem perairan tawar, yaitu :

- Pertama. Limbah organik yang mengandung padatan tersuspensi menghalangi penetrasi cahaya matahari ke dalam badan air sehingga menghambat proses fotosintesis.
- Kedua, endapan bahan organik yang mengendap akan mengubah tekstur substrat dan menimbulkan habitat yang tidak sesuai bagi biota endemik di perairan.
- Ketiga, terbentuknya amoniak yang memiliki toksisitas tinggi dan menimbulkan gangguan besar bagi organisme perairan serta berbau.
- Keempat, bahan pencemar organik terdiri dari senyawa protein, karbohidrat, lemak dan asam nukleat akan meningkatkan tingginya konsentrasi bakteri dan mikroorganisme patogen. E Coli adalah bakteri umum dijumpai di badan-badan air yang berasal dari tinja manusia atau hewan berdarah panas serta air yang telah terkontaminasi oleh limbah organik. Peningkatan ini akan membawa dampak patogenik dimana bakteri dan virus terdapat dalam jumlah yang cukup banyak dan membahayakan kesehatan. Beberapa jenis bakteri air menimbulkan penyakit kolera, demam tifoid, disentri basiler, dan gastroenteritis. Virus juga terdapat di air termasuk virus penyebab poliomyelitis,

hepatitis infeksi. Hewan parasit dalam air antara lain cacing gelang *Ascaris* dan cacing pita pada sapi dan babi. Semua jenis organisme ini terdapat dalam tinja yang terdapat pada saluran pembuangan domestik dan peternakan. Disamping pengenceran oleh air, sedimentasi ke dasar perairan dan penguraian oleh matahari juga merupakan faktor penting dalam penguraian senyawa organik di perairan. Penguraian oleh mikroba akan mengurangi kandungan oksigen terlarut dalam air, sehingga kandungan oksigen yang ada tidak mampu mendukung kehidupan organisme perairan seperti ikan dan organisme lainnya. Untuk itulah ada upaya yang ditawarkan untuk mengatasi masalah ini yakni menggunakan tumbuhan timbul di perairan untuk pengolah limbah karena tumbuhan tersebut mengasimilasi senyawa organik dan anorganik dari limbah. Tumbuhan dengan tingkat pertumbuhan yang tinggi dan tajuk yang besar dapat menyimpan bermacam hara mineral. Pada media kerikil, pertumbuhan tanaman timbul dapat menurunkan konsentrasi hara mineral (Laksham, 1979; Finlayson dan Chick, 1983; Bowmer, 1987). Rizoma dan akar *Phragmites australis* *Scirpus* spp. berfungsi sebagai filtrasi dan pengendap senyawa hidrokarbon dan logam berat beracun. Tingkat konsentrasi logam berat dalam jaringan tanaman-tanaman tersebut adalah sebagai berikut: akar > rizoma > daun (Shutes et al., 1993). Tumbuhan mengapung seperti eceng gondok juga dapat menghilangkan hara dan logam berat dalam jumlah yang cukup signifikan (Reddy dan DeBusk, 1985).

4.8 Perusahaan-perusahaan di Indonesia

PT.Jayamas Medica Industri

PT Indo Acidatama Tbk

Industri Alkohol, MOLINDO RAYA INDUSTRIAL, PT

PT. SUMBER KITA INDAH

PT MADUSARI MURNI INDAH

PT Bank MANDIRI Tbk.

PT Bank Rakyat Indonesia Tbk.

PT Bank CENTRAL ASIA Tbk.

PT MADUSARI MURNI INDAH (Alcohol Processing)

PT GUNUNG BALE (Sugarcane Plantation)

PT MADUSARI MAYANG INDAH

PT MOLINDO RAYA

PT SUMBER KITA INDAH

DAFTAR PUSTAKA

Dorland, Newman. 2002. *Kamus Kedokteran Dorland*. Edisi 29, Jakarta:EGC,1765.

Bailey, B.K., 1996, "Performance of Ethanol as a Transportation Fuel" dalam *Hand Book on Bioethanol : Production and Utilization*, editor C.E., Wayman, Taylor & Francis, Washington, hal.37-60.

Brady, J. E. 1992. *Kimia Universitas Asas dan Srtuktur*. BinarupaAksara. Jakarta.

Esteghlalian, A., Hashimoto, A.G., Fenske, J.J., Penner, M.H. (1997) Modeling and optimization of the dilute-sulfuric-acid pretreatment of corn stover, poplar and switchgrass. *Bioresourse Technology*, 59, 129

- Fessenden, Ralph J. dan Joan S. Fessenden, 1997, "Kimia Organik", jilid 1 edisi ketiga, terjemahan oleh : Aloysius H. P, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Harley and Prescott. 2002. *Laboratory Exercises in Microbiology*. Fifth Edition. The McGraw-Hill Companies
- Kim, T.H., Kim, J.S., Sunwoo, C., Lee, Y.Y. (2003) Pretreatment of corn stover by aqueous ammonia. *Bioresource Technology*, 90, 39
- Kohl, S. (2003, 2004) Technical Connections. Ethanol today
- McMillan, J.D. (1997) Bioethanol production: status and prospects. *Renewable Energy*, 10, 295
- Nigam, J.N. (2000) Continuous ethanol production from pineapple cannery waste using immobilized yeast cell. *Journal of Biotechnology*, 80, 189
- Niven, R.K. (2005) Ethanol in gasoline: environmental impacts and sustainability review article. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9, 535
- Pimental, D., (2003) Ethanol Fuels: Energy Balance, Economics, and Environmental Impacts are Negative. *Natural Resources Research*, 12
- Shapouri, H., Duffield, J.A., Graboski M.S. (1995) Estimating the net Energy Balance of Corn Ethanol. *An Economic Research Service Report*
- Shapouri, H., Duffield, J.A., Wang, M. (2003) The Energy Balance of Corn Ethanol Revisited. *American Society of Agricultural Engineers*, 46, 959
- Stenberg, K., Tenborg, C., Galbe, M., Zacchi, G. (1998) Optimization of Steam Pretreatment of SO₂-impregnated

Mixed Softwoods for Ethanol Production. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 71, 299

Verbelen, P.J., De Schutter, D.P., Delvaux, F., Vestrepin, K.J., Delvaux, F.R.(2006) Immobilized yeast cell systems for continuous fermentation applications. *Biotechnol Lett*, 28, 1515

BAB V

INDUSTRI PULP DAN KERTAS

5.1. Sejarah Kertas Modern

Kita semua tentu sering menggunakan kertas untuk berbagai kepentingan, baik untuk menulis, membaca, atau untuk membungkus gorengan barangkali. Kertas yang sering kita gunakan itu biasanya terbuat dari kayu yang diolah dengan teknologi modern sehingga sampai ke tangan kita. Penggunaan kertas di dunia saat ini telah mencapai angka yang sangat tinggi. Menyikapi hal ini pemerintah berencana menjadi produsen pulp dan kertas terbesar dunia. Permasalahannya adalah, produsen pulp dan kertas di tanah air pada umumnya menggunakan kayu hutan sebagai bahan baku. Simajuntak (1994) mengemukakan 90% pulp dan kertas yang dihasilkan menggunakan bahan baku kayu sebagai sumber bahan berserat selulosa. Dapat diprediksikan bahwa akan terjadi eksploitasi hutan secara besar-besaran apabila kelak Indonesia menjadi produsen pulp terbesar di dunia. Terganggunya kestabilan lingkungan menjadi dampak yang perlu mendapat perhatian khusus. Untuk mengatasi hal ini pemerintah harus mencari alternatif penggunaan kayu hutan sebagai bahan baku pembuat pulp dan kertas.

Pulp diproduksi dari bahan baku yang mengandung selulosa. Baskoro (1986) mengatakan bahwa ampas tebu (bagase), limbah dari batang tebu setelah dilakukan pengempaan dan pemerasan, secara umum mempunyai sifat serat yang hampir sama dengan sifat serat kayu daun lebar. Berdasarkan pustaka (Paturau, 1982), komponen utama ampas tebu terdiri dari serat sekitar 43-52%, dan padatan terlarut 2-3%. Panjang serat 1,43 mm dan nisbah antara panjang serat dengan diameter 138,43 (Baskoro,1986). Lampung memiliki pabrik pengolahan tebu menjadi gula yang menghasilkan ampas tebu (bagase) sebagai limbah pengolahan, tetapi menurut pengamatan bagase yang dihasilkan belum dapat dimanfaatkan secara optimal sehingga keberadaannya yang menggunung menjadi faktor yang perlu dipertimbangkan.

Proses pembuatan pulp pada umumnya menggunakan proses kimia, yaitu proses soda, sulfat (kraft), sulfit, dan organosolv. Hasil penelitian mengenai pembuatan pulp dengan proses soda-antraquinon dengan bahan baku serbuk menunjukkan reaksi yang baik dalam rendemen maupun sifat lain dari pulp yang dihasilkan. Namun produksi pulp secara kimia menimbulkan pencemaran yang cukup serius karena hasil samping yang diproduksi. Polutan atau limbah utama yang dihasilkan adalah komponen gas yang mengandung senyawa sulfur dan klor yang dihasilkan dari proses kraft atau sulfit dengan larutan pemasak Na_2S atau NaHSO_2 (Simanjutak, 1994).

Dengan keluarnya larangan pemerintah dalam investasi baru dibidang industri menggunakan klorin dan kepada industri yang terlanjur menggunakannya secara bertahap akan disingkirkan (Suara Pembaruan, 3 Mei 1994 dalam Simanjutak, 1994), membuat industri pulp dan kertas dalam kondisi terancam. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan bahan-bahan organik dalam produksi pulp dan kertas.

Penggunaan pelarut organik sebagai bahan pemasak pulp disebut dengan proses organosolv (Young dan Akhtar, 1998).

Industri pulp dan kertas di Indonesia dewasa ini sedang tumbuh dan berkembang dengan pesat sejalan dengan meningkatnya konsumsi pemakaian pulp dan kertas. Perkembangan industri ini akan terus meningkat dan ditunjang pula oleh keberadaan Indonesia yang memiliki keunggulan komparatif, antara lain adanya potensi hutan yang luas untuk penyediaan kayu sebagai bahan baku. Potensi ini akan bertambah dengan adanya program pembangunan. Hutan Tanaman Industri (HTI) yang kini sedang digalakkan pelaksanaannya. Demikian pula tersedianya bahan baku serat bukan kayu yang cukup melimpah. Pada saat ini, di Indonesia beroperasi 16 pabrik pulp yang memproduksi pulp serat pendek dan serat panjang serta 74 pabrik kertas yang memproduksi kertas tulis cetak, kertas koran, kertas industri, dan kertas rumah tangga. Industri ini tersebar di Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sumatera Selatan, Lampung, Riau, Jambi, Sumatera Utara, Aceh, dan Kalimantan. Pesatnya perkembangan industri pulp dan kertas tersebut, membutuhkan ketersediaan tenaga kerja terampil dan profesional yang memiliki kemampuan dan pengetahuan akademis yang memadai dalam bidang teknologi pulp dan kertas.

5.2 Proses Pembuatan Kertas

Serat selulosa merupakan bahan baku utama untuk pembuatan *pulp*. Serat selulosa ini sebagian besar diperoleh dari kayu. Kayu itu sendiri terbagi 2 yaitu kayu keras (*hardwood*) dan kayu lunak (*softwood*) dan dari beberapa tumbuhan lainnya. Bahan baku pembuatan *pulp* adalah sebagai berikut :

1. Kayu (*wood*)

Kayu digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas dikarenakan oleh beberapa alasan antara lain:

- a. Banyak mengandung selulosa
- b. Mudah dibudidayakan
- c. Tersedia dalam jumlah yang banyak dan mudah didapat
- d. Harganya yang murah

Komposisi kimia kayu dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Komposisi Kimia Kayu

Komponen	Hardwood	Softwood
Selulosa	45	42
Hemiselulosa	30	28
Lignin	20	27
Ekstraktif	5	3

Faktor-faktor yang membuat selulosa digunakan sebagai bahan pembuatan pulp dan kertas :

- a. Jumlahnya yang banyak dan harganya yang murah
- b. Umumnya berbentuk serat dan kekuatan tariknya sangat tinggi
- c. Warnanya putih secara ilmiah
- d. Tidak dapat larut dalam air dan pelarut organik
- e. Tahan terhadap sejumlah bahan kimia

2. Cairan pemasak (*cooking liquor*)

a. Lindi putih (*white liquor*)

Merupakan bahan kimia pemasak utama dengan komposisi:

- Caustik (NaOH)
- Natrium Sulfit (Na₂S)
- Natrium Carbonat (Na₂CO₃)

b. Lindi hitam (*black liquor*)

Merupakan cairan bekas pencuci di area pencucian (*washing*) yang mengandung lignin dan bahan kimia terlarut dan dipakai untuk memenuhi kebutuhan cairan pemasak pada proses pemasakan.

3. Bahan kimia pemutih

Bahan kimia putih biasanya digunakan untuk meningkatkan derajat keputihan *pulp* dan bahan kimia yang digunakan adalah klorin dioksida (ClO₂). Dalam proses produksi terdapat berbagai macam peralatan yang ditempatkan pada area pemrosesan yaitu sebagai berikut:

1. Woodyard

Merupakan unit pengolahan kayu menjadi serpihan kayu yang dikenal dengan nama chip. Kayu Akasia yang merupakan bahan baku utama dipotong dan diangkut ke *mill site* dilaksanakan oleh *department Forestry*. Balak-balak (*log*) tersebut dipotong dengan ukuran tertentu untuk mempermudah pemrosesan. Sebelum balak di-*chop* (potong) menjadi *chips* (serpihan kecil), *bark* (kulit kayu) harus dihilangkan. Ini dilakukan dengan sebuah *rotating drum* (drum yang berputar) yang disebut dengan *drum debarker*. *Debarker log* kemudian memotong hingga menjadi *chip*.

Setelah menjadi *chip*, kemudian disaring dengan *chip screening*. *Chip screen* pada dasarnya adalah saringan yang bergetar, yang memisahkan kulit kayu dan serpihan halus dengan *chip* yang layak ukurannya untuk disimpan di *chip pile* yaitu tempat penyimpanan *chip*. Serpihan yang terlalu halus beserta kulit kayu dikirim ke *boiler* sebagai bahan bakar.

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Barking drum fungsinya melepaskan dan membersihkan kayu dari kulitnya
2. Chipper fungsinya untuk menghasilkan serpihan kayu dengan ukuran 16-22 mm dengan ketebalan 3 mm
3. Chip Conveyer fungsinya untuk memindahkan chip dari suatu tempat ke tempat lain atau ke tahap proses selanjutnya
4. Chip Screening berfungsi untuk memisahkan chip agar chip yang dihasilkan mempunyai ukuran yang sama.

2. Pulp Mill

Merupakan inti pengolahan chip hingga menjadi *pulp*. Chip yang berasal dari gundukan (*chip pile*) dikirim ke *Digester* untuk dimasak. *Cooking* adalah penguraian *chip* hingga menjadi *pulp*. Karena itu memerlukan zat kimia sebagai pengurai, maka *pulp* perlu dibersihkan terlebih dahulu sebelum diproses menjadi kertas. Setelah penyaringan dan pembersihan, *pulp* yang berwarna coklat disimpan di *brown stock*. Di *brown stock* ini lah *pulp* tadi di-*bleach* hingga putih (disebut *bleached stock*). Setelah *screening*, *washing*, dan *bleaching*, *bleached stock* disimpan di *HD Tower* (*tower* densitas tinggi). Proses pembersihan menghasilkan

yang disebut dengan *black liquor* yang mengandung unsur yang biasa digunakan kembali.

Peralatan yang digunakan pada pulpmill ini adalah sebagai berikut:

1. Digester berfungsi sebagai tempat pemasakan chip menjadi *pulp*
2. Washer berfungsi sebagai tempat mencuci *pulp*
3. Screener berfungsi untuk memisahkan serat kasar dari *pulp*
4. Knotter berfungsi untuk memisahkan chip yang tidak masak dari *pulp*
5. Oxygen Delignification Plant berfungsi sebagai tempat menghilangkan kandungan lignin yang tersisa dari proses cooking dengan menggunakan Oksigen (O_2).
6. Bleaching Plant berfungsi sebagai tempat untuk memulihkan *pulp*.

3. Power Island and Recovery Boiler

Untuk proses *pulp* dan kertas, diperlukan 3 komponen yaitu :

- a. Bahan baku *pulp*
- b. Power pembangkit listrik
- c. Steam (up)

Sumatera belum memiliki jaringan listrik berskala nasional, untuk itu *power island* mempunyai tanggung jawab untuk penyediaan *power* tersebut. *Power* disuplai dari *steam driven turbine-generator* kemudian di-start untuk menghasilkan *power* awal. Kemudian *power boiler* bisa *start-up* untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menjalankan *steam driven turbine*. Bahan bakar yang digunakan *power boiler* adalah kulit kayu dan serpihan kayu halus dari *woodyard*. Tetapi kapasitas yang ada tidak sesuai dengan kebutuhan *mill*. Untuk itu perlu ditambahkan dengan menggunakan batu bara (*coal fire boilers*) dan tungku *recovery*. Fungsi tungku *recovery* adalah untuk membakar *black liquor*. Sebelum pembakaran *black liquor*, air yang digunakan pada *washing process* harus dihilangkan. Ini dicapai dengan cara *meng-evaporating* (penguapan) air pada *evaporator*. Setelah *black liquor* dibakar dalam pembakaran akan didapat *green liquor*. *Green liquor* ini dikirim ke *recaustizing plant* untuk konversi.

4. Chemical Preparation

Proses *pulp* dan kertas memerlukan bahan kimia tertentu antara lain *klorin dioxide* untuk pemutih *pulp*. *Chemical plant* bertanggung jawab untuk pengadaan bahan-bahan kimia yang diperlukan untuk proses *pulp* dan kertas.

5. Reausticizing

Green liquor dari pembakaran di-*recovery furnaces* (tungku *recovery*) dicampur dengan *lime mud* (batu kapur yang telah diproses) untuk menghasilkan reaksi kimia yang merubah campuran tersebut menjadi *white liquor*. *White liquor* digunakan

pada proses *recaustizing* dibakar pada suatu area yang disebut *lime kilns*.

6. Pulp Machines

Fungsi dari *pulpmachine* adalah untuk membersihkan *pulp* hasil dari proses pemutihan, mengeringkan, dan mencetak dalam bentuk *sheet* (lembaran) untuk dijual kepada konsumen. Peralatan yang digunakan pada *pulpmachine* ini adalah sebagai berikut:

1. **Evaporator**, merupakan alat yang berfungsi untuk memekatkan *lindi* hitam yang berasal dari unit pengolahan *pulp* yang akan digunakan sebagai bahan bakar pada *recoveryboiler*.
2. **RecoveryBoiler**, merupakan alat yang berfungsi untuk menghasilkan uap air (*steam*) dan mengambil kembali bahan kimia yang digunakan dalam proses pembuatan *pulp*.
3. **PowerBoiler**, berfungsi sama dengan *recoveryboiler* yaitu untuk menghasilkan *steam*, dengan menggunakan bahan bakar yang berasal dari kulit kayu dari proses *woodhandling* dan batubara.
4. **TurbinGenerator**
5. **LimeKlinPlant**, merupakan suatu wadah atau tempat pembentukan *hotlime* (CaO) dari *limestone* dan *limemud*.
6. **RecaustizingPlant**, berfungsi untuk merubah *natriumkarbonat* (Na_2CO_3) menjadi *natriumhidroksida* (NaOH).
7. **Pabrik Kimia**, berfungsi sebagai penyedia bahan kimia yang dibutuhkan pada proses *bleaching*, oksigen

delignifikasi dan untuk pembersihan di pabrik kimia sendiri.

Bleached stock(stock/*pulp* yang sudah diputihkan) dirubah menjadidried **bales** (seikat lembaran-lembaran *pulp* kering) dengan proses sebagai

berikut :

1. Stock dipompakan ke dalam ruangan bertekanan disebut **headbox** yang mengalirkan *pulp* ke *wire* (saringan) untuk menyaring air dari stock. Kemudian dialirkan ke **press section** untuk di-press menjadi lembaran, sekaligus benar-benar membuang sisa air dari stock.
2. Lembaran stock yang hamper kering ini kemudian dialirkan melalui pengeringan *drier* untuk menghilangkan kelembaban. Area dari **headbox** ke *press section* ini sering disebut sebagai **wet end**.
3. Dari pengering lembaran *pulp* yang sudah kering itu dialirkan ke sebuah pemotong yang disebut **cutter layboy**. Mesin ini memotong lembaran *pulp* tersebut dalam 8 bagian secara menyilang dan menyamping.
4. Setelah mencapai jumlah dan berat tertentu, **layboy** (*conveyor* tempat dimana lembaran *pulp* tersebut bertumpuk) bergerak secara otomatis mengalirkan tumpukan ini untuk ditimbang sebelum di-press di *bale press*.
5. Di **bale press** ini tumpukan tersebut dipadatkan dalam kelembaban tertentu sesuai dengan kelembaban udara kering (*air dry moisture*) sebelum dialir kake **WRAPPING line**

untuk dikemas, diikat, diberi nama untuk keperluan internal maupun ekspor.

7. Paper Machines

Proses di *paper machine* hampir sama dengan proses di *pulp machine*. Bedanya karena kita membuat kertas dari *pulp* berserat pendek dan panjang (*short and long fibre pulp*) sementara PT. RAPP tidak memproduksi *pulp* berserat panjang. *Pulp* dengan serat panjang ini kita pesan dalam *bales* dan di-*pulp*-kan kembali dalam *repulper* untuk kemudian disiapkan di *stockpreparation*. **Stockpreparation** adalah suatu dimana serat panjang ini dibersihkan (*cleaning*), disaring (*screening*) dan dihaluskan (*refining*).

5.4. Proses pembuatan kertas modern :

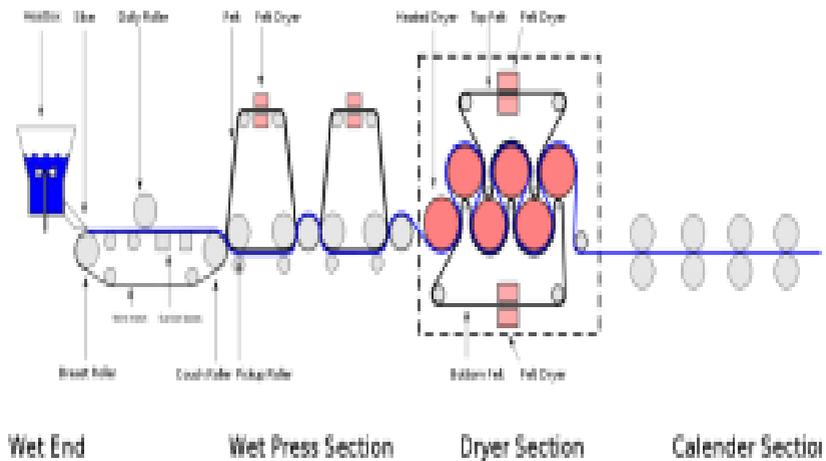
a. Persiapan Pulp

Panen pohon dipotong menjadi batang kayu dari 4-8 panjang kaki, kemudian dikirim ke horizontal debarking sangat drum besar, yang berputar dan strip log kosong; atau cincin debarker vertikal yang menghilangkan kulit mekanis dalam satu lulus. Dalam beberapa kasus, panjang seluruh pohon dapat log debarked. Yang baru saja log debarked kemudian dimasukkan ke dalam gembira , yang mengurangi ukuran log ke-chip genggam. Chip itu kemudian diteruskan ke digester mana mereka memasak untuk beberapa jam, proses yang melunakkan kayu untuk gelar besar. digester ini dapat salah satu dari dua jenis: sulfit atau sulfat . Dalam digester sulfit, pokok kimia konstituen kalsium asam sulfit dan metode ini disebut sebagai proses asam. Sulfat, atau Kraft , proses adalah lebih muda dari dua, dan menggunakan basa sistem yang mengurangi waktu memasak.

Setelah memasak selesai dan lignin konten telah dihilangkan, chip melunak diberi makan pada tekanan tinggi ke penyuling mana chip dipaksa antara memutar pelat baja. Refiner Pelat menghancurkan chip menjadi sup serat coklat. Klor digunakan untuk pemutih serat coklat menjadi warna putih cerah, dan kalsium hipoklorit (proses sulfat) atau klorin dioksida (proses sulfat) juga digunakan untuk whitening. caustic soda (natrium hidroksida NaOH) (lye) digunakan untuk mencuci pulp dari setiap kotoran, dan langkahlangkah yang berulang untuk mendapatkan yang diinginkan kecerahan.

Bagian dari mesin kertas

Ada empat bagian utama ke mesin kertas :



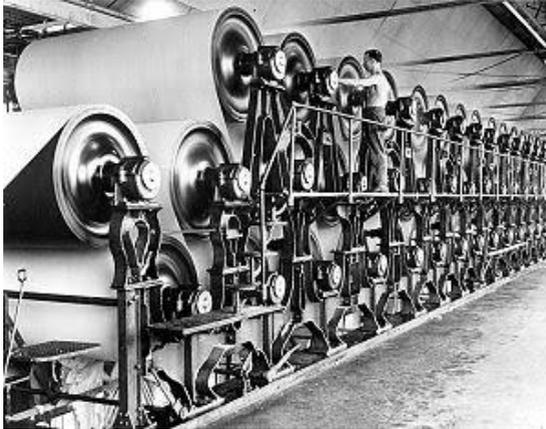
Gambar 5.1. Diagram yang menunjukkan bagian dari mesin Fourdrinier

1. Basah akhir / Wet End

Bagian pertama biasanya dikenal sebagai akhir basah. Pulp dapat dikirim ke mesin kertas dengan lumpur formulir (campuran serat dan air) langsung dari proses pulping. Atau, pulp mungkin diberikan dalam bentuk lembaran kering yang kemudian dipecah dalam air untuk menghasilkan bubur yang sama, sebelum diumpankan ke penyuling pada akhirnya basah di mana serat dikenakan pulsa tekanan tinggi antara bar di putar disc refiner. Tindakan ini menyebabkan fibril dari serat sebagian untuk melepaskan dan mekar keluar. Setelah pemurnian pulp dicampur dengan beberapa hal berikut: ukuran, pengisi, warna, retensi bantuan dan kertas limbah yang disebut patah untuk saham, dan diteruskan.

Pencucian dilakukan di layar bertekanan dan hydrocyclones dan juga deaeration dilakukan. Saham kemudian memasuki headbox, unit yang menyebar saham dan beban itu ke atas bergerak kawat mesh conveyor dengan jet dari pembukaan disebut slice. Streaming di jet membuat beberapa serat align. Keselarasan ini sebagian dapat diambil dengan menyesuaikan perbedaan kecepatan antara jet dan kawat. Kawat ini berkisah meja Fourdrinier, dari roll di bawah headbox atas sofa ke gulungan drive maju, foil di bawah kawat adalah menciptakan pulsa tekanan rendah yang akan bergetar dan sebagian deflocculate serat sementara air akan dihapus. Kemudian pada kotak di bawah kawat Suction lembut menghapus air dari pulp dengan sedikit vakum dan dekat akhir bagian kawat sofa akan menghapus air dengan vakum lebih tinggi.

2. Bagian Press/ Wet Press Section



Bagian kedua papermachine adalah bagian pers, yang menghilangkan sebagian besar air melalui sistem nips dibentuk oleh gulungan menekan satu sama lain dibantu oleh pers kempa . Ini adalah metode yang paling efisien dewatering lembaran hanya sebagai mekanik menekan diperlukan. kempa Tekan historis yang terbuat dari kapas. Namun, saat ini mereka hampir 100% sintetis. Mereka terdiri dari poliester kain tenunan dengan tebal Batt diterapkan di desain khusus untuk memaksimalkan penyerapan air.

Dapat menekan tunggal atau ganda felted. Sebuah tekan felted tunggal memiliki merasa di satu sisi dan segulung halus di sisi lain. Sebuah tekan felted ganda memiliki kedua sisi lembar dalam kontak dengan menekan dirasakan. nips felted tunggal berguna ketika kawin terhadap roll atas mulus, yang menambahkan dua-keberpihakan-membuat bagian atas muncul halus dibanding bagian bawah. Double felted nips kekasaran meningkat, Secara umum, tekan kempa. menekan roll konvensional dikonfigurasi dengan salah satu gulungan pers berada dalam posisi tetap, dengan gulungan kawin yang diambil

terhadap gulungan ini tetap. Kempa dijalankan melalui nips pers gulung dan terus sekitar merasa berjalan, biasanya terdiri dari beberapa gulungan merasa. Selama tinggal di menggigit, maka kelembaban dari lembar tersebut dipindahkan kepada pers merasa. Ketika tekan merasa keluar menggigit dan terus sekitar, kotak vakum dikenal sebagai Uhle Kotak berlaku vakum (biasanya -60 kPa) kepada pers merasa untuk menghapus kelembaban sehingga ketika merasa kembali ke menggigit pada siklus berikutnya, tidak menambahkan uap air ke lembaran.

Pickup adalah menekan roll gulungan dibantu vakum bias terhadap gulungan tekan polos (biasanya roll di posisi tengah). Walaupun tidak disukai, ini umumnya ditemukan di mesin dibangun pada tahun 1970-an 1980-an. menekan roll Pickup biasanya memiliki kotak vakum yang memiliki dua zona vakum (vakum rendah dan vakum tinggi). Gulungan ini memiliki sejumlah besar lubang dibor di penutup untuk membiarkan vakum untuk lulus dari kotak vakum stasioner melalui meliputi roll berputar. Zona vakum rendah mengangkat lembaran dan transfer, sedangkan zona vakum tinggi mencoba untuk menghapus kelembaban. Sayangnya, gaya sentrifugal biasanya teman kencan keluar disedot air pembuatan ini kurang efektif untuk dewatering. menekan Pickup juga memiliki berjalan merasa standar dengan kotak Uhle. Namun, desain pickup tekan sangat berbeda, seperti gerakan udara adalah penting untuk pickup dan dewatering aspek perannya.

Crown Controlled Rolls (juga dikenal sebagai Rolls CC) biasanya gulungan perkawinan dalam pengaturan pers. Mereka telah hidrolik silinder dalam gulungan pers yang memastikan bahwa roll tidak membungkuk. Silinder terhubung ke beberapa sepatu atau sepatu untuk menjaga mahkota pada roll flat, untuk melawan alam "tikungan" dalam bentuk roll karena menerapkan beban ke tepi.

Extended Nip Presses (atau ENP) merupakan alternatif yang relatif modern untuk menekan roll konvensional. Atas gulungan biasanya gulungan standar, sedangkan roll bawah sebenarnya roll CC besar dengan sepatu diperpanjang melengkung dengan bentuk gulungan atas, dikelilingi oleh sabuk karet berputar daripada penutup roll standar. Tujuan dari ENP adalah untuk memperpanjang waktu tinggal lembaran antara dua rol dengan demikian memaksimalkan dewatering. Dibandingkan dengan pers roll standar yang mencapai hingga 35% padatan setelah menekan, sebuah ENP membawa ini hingga 45% dan lebih tinggi-memberikan penghematan uap yang signifikan atau meningkatkan kecepatan.

3. Bagian Pengering/Dryer Section

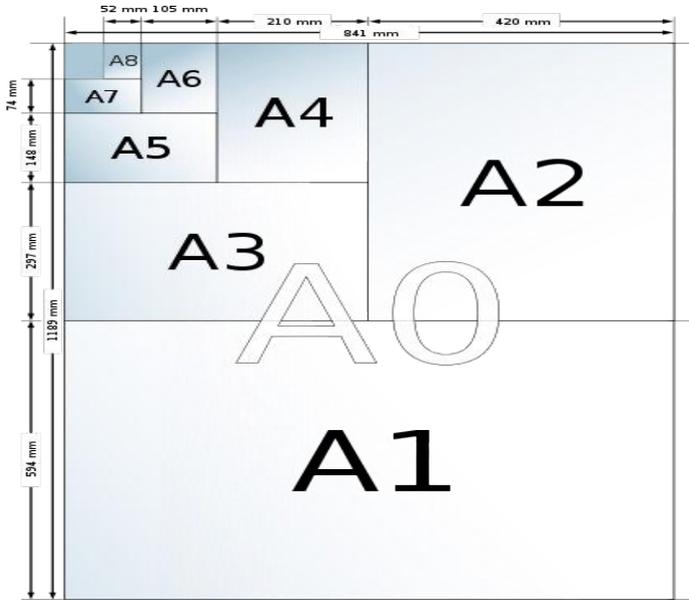
Bagian pengering dari mesin kertas, mengeringkan pulp melalui serangkaian uap panas yang membentangi lembaran, menghapus kelembaban. Tambahan ukuran agen, termasuk resin, lem, atau pati, dapat ditambahkan ke lembaran untuk mengubah karakteristiknya.

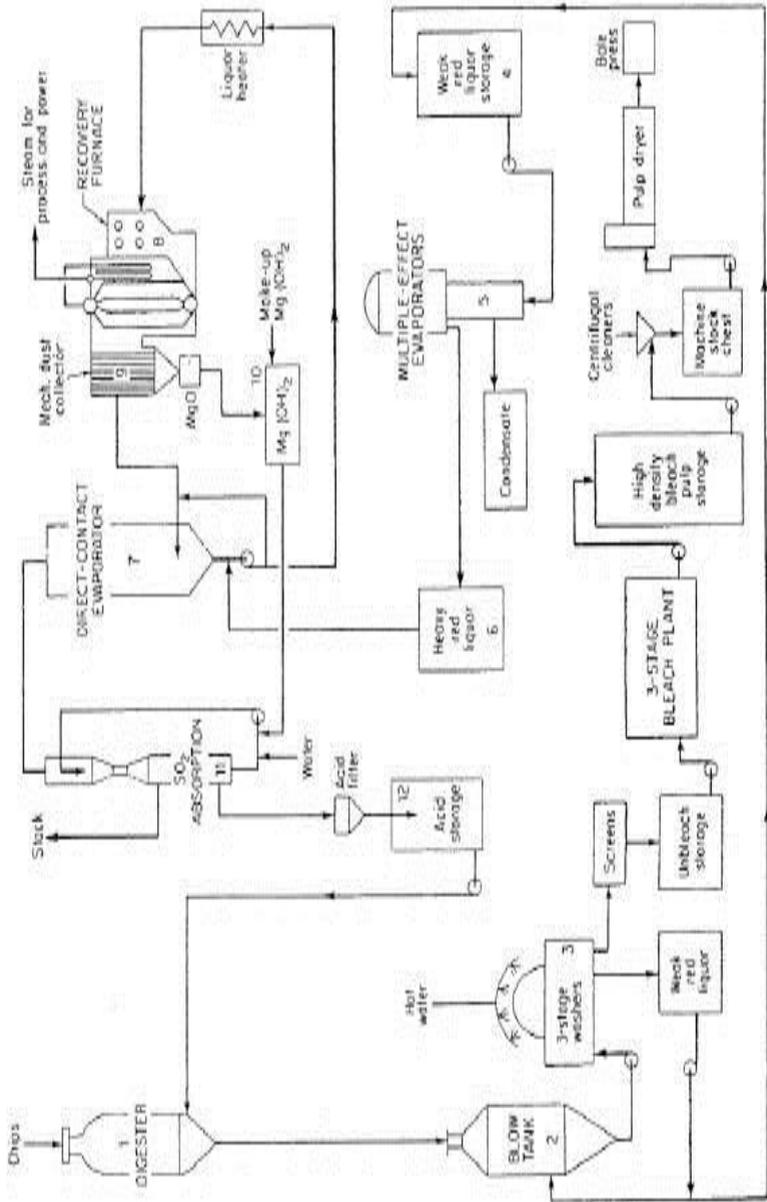


Ukuran meningkatkan itu kertas tahan air, menurunkan kemampuan untuk bulu, mengurangi kasar, dan meningkatkan pencetakan sifat dan kekuatan ikatan permukaan. Beberapa mesin kertas juga menggunakan sebuah 'pelapis tipe' untuk menerapkan lapisan dari pengisi seperti kalsium karbonat atau lempung cina. Kertas meninggalkan mesin yang terguling untuk diproses lebih lanjut.

4. Bagian Kalender

Kalender terdiri dari beberapa gulungan, di mana tekanan dan panas yang diterapkan pada kertas lewat. Calenders digunakan untuk membuat permukaan kertas ekstra halus dan mengkilap. Hal ini juga memberikan hal ketebalan yang lebih seragam. Tekanan diterapkan pada lembaran dengan giling menentukan hasil akhir kertas. Setelah calendering, lembaran memiliki kadar air sekitar 6% (tergantung pada memberikan). Ini adalah luka ke gulungan disebut gendang, dan disimpan untuk pemotongan dan pengiriman akhir. Setelah di produksi kertas yang banyak di gunakan untuk perkantoran dan penerbitan di potong lagi agar menjadi kertas yang biasa di gunakan seri A biasa digunakan untuk cetakan umum dan perkantoran serta penerbitan. Dasar ukuran adalah A0 yang luasnya setara dengan satu meter persegi. Setiap angka setelah huruf A menyatakan setengah ukuran dari angka sebelumnya. Jadi A1 adalah setengah dari A0 dan demikian seterusnya. ukuran yang paling banyak digunakan adalah A4.





5.5 Limbah Yang Dihasilkan dari Proses Produksi Kertas

Dalam proses produksinya industri pulp and paper membutuhkan air dalam jumlah yang sangat besar. Hal ini dapat mengancam kelestarian habitat di sekitarnya karena mengurangitingkat ketersediaan air bagi kehidupan hewan air dan merubah suhu air. Pulp dibuat secara mekanis maupun kimia dengan memisahkan serat kayu atau selulosa dari bahan lain. Dalam proses kraft pulping, larutan campuran antara sodium hidroksida dan sodium sulfida digunakan untuk melarutkan bahan tidak berserat. Pulp kemudian diputihkan untuk menghasilkan kertas yang putih. Beberapa zat kimia digunakan dalam proses pemutihan (bleaching) antara lain gas klorin, sodium hidroksida, kalsium hipoklorit, klorin dioksida, hidrogen peroksida dan sodium peroksida. Setelah penambahan filter dan pewarna, bubur kertas dibuat menjadi kertas.

Beberapa jenis pelapis juga digunakan dalam tahap penyelesaian. Pencemaran lingkungan yang disebabkan industri kertas antara lain :

- a. Membunuh ikan, kerang dan invertebrata akuatik lainnya
- b. Memasukkan zat kimia karsinogen dan zat pengganggu aktivitas hormon ke dalam lingkungan
- c. Menghabiskan jutaan liter air tawar
- d. Menimbulkan risiko terpaparnya masyarakat oleh buangan zat kimia berbahaya dari limbah industri yang mencemari lingkungan.

Zat pencemar dari proses pembuatan kertas yang berpotensi mencemari lingkungan dibagikan menjadi 4 kelompok yaitu :

1. Efluen limbah cair

- a. Padatan tersuspensi yang terdiri dari partikel kayu, serat, pigmen, debu dan sejenisnya
- b. Senyawa organik koloid terlarut serat hemiselulosa, gula, lignin, alkohol, terpenin, zat pengurai serat, perekat pati dan zat sintetis yang menghasilkan BOD tinggi.
- c. Limbah cair berwarna pekat yang berasal dari lignin dan pewarna kertas
- d. Bahan anorganik terlarut seperti NaOH, Na₂SO₄, klorin dan lain-lain
- e. Limbah panas
- f. Mikroorganisme seperti golongan bakteri coliform

2. Partikulat

- a. Abu dari pembakaran kayu bakar dan sumber energi lain
- b. Partikulat zat kimia terutama yang mengandung Na dan Ca
- c.

3. Gas

- a. Gas sulfur yang berbau busuk seperti merkaptan dan H₂S yang dilepaskan dari berbagai tahap dalam proses kraft pulping dan proses pemulihan bahan kimia
- b. Oksida sulfur dari pembakaran bahan bakar fosil, kraft recovery furnace dan lime Kiln

- c. Uap yang akan membahayakan karena mengganggu jarak pandangan
- 4. Solid Wastes
 - a. Sludge dari pengolahan limbah primer dan sekunder
 - b. Limbah padat seperti potongan kayu dan limbah pabrik lainnya

Pengelolaan Limbah

1. Pengelolaan Limbah Cair

Limbah yang dihasilkan dari proses produksi pulp dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu cair, padat, dan emisi udara. Limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi diolah dengan menggunakan Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL). Sistem pengelolaan limbah cair berdasarkan unit operasinya dibedakan menjadi tiga, yaitu :

a. Fisik

Pada unit operasi ini, salah satu hal yang ditangani ialah proses screening (penyaringan). Screening merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Screening dilakukan pada sisa-sisa potongan kayu yang masih berukuran besar sehabis diolah pada proses chipper. Setelah dilakukan penyaringan, umumnya kayu yang masih berukuran besar akan dikembalikan lagi ke proses chipper, untuk diolah lagi dan mendapatkan ukuran kayu yang dikehendaki. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan. Pengendapan primer biasanya terjadi di bak pengendapan atau bak penjernih. Bak pengendap yang hanya berfungsi atas dasar gaya berat, tidak memberi keluwesan operasional. Karena itu

memerlukan waktu tinggal sampai 24 jam. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu detensi hidrolis di dalam bak pengendap. Bak penjernih bulat yang dirancang dengan baik dapat menghilangkan 80% zat padat yang tersuspensi dan 50-995 BOD. Beberapa contoh Limbah atau proses-proses yang menggunakan pengolahan unit ini ialah :Hasil pemasakan merupakan serat yang masih berwarna coklat dan mengandung sisa cairan pemasak aktif. Serat ini masih mengandung mata kayu dan serat-serat yang tidak dikehendaki (reject). Sisa cairan pemasak dalam serat dibersihkan dengan menggunakan washer, sedangkan pemisahan kayu dan reject dipakai screen. Larutan hasil pencucian bubur pulp di brown stock washers dinamai weak black liquor yang disaring sebelum dialirkan ke unit pemekatan.

b. Kimia

Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang sukar mengendap, senyawa fosfor, logam-logam berat, dan zat organik beracun. Dinamakan secara kimia karena pada proses ini dibutuhkan bahan kimia yang akan mengubah sifat bahan terlarut tersebut dari sangat terlarut menjadi tidak terlarut atau dari ukuran sangat halus menjadi gumpalan (flok) yang dapat diendapkan maupun dipisahkan dengan filtrasi. Beberapa limbah-limbah atau proses-proses yang menggunakan pengolahan unit ini ialah :Cairan sisa dari hasil proses pemutihan yang menggunakan bahan kimia chlorine dioksida, ekstraksi caustic soda, hidrogen peroksida. Dalam proses pemutihan, setiap akhir satu langkah dilakukan pencucian untuk meningkatkan efektivitas proses pemutihan. Sebelum bubur kertas yang diputihkan dialirkan ke unit pengering, sisa klorin dioksida akan dinetralkan dengan injeksi larutan sulfur dioksida.

Jika pengambilan air dilakukan dari sungai, maka biasanya industri pulp seharusnya memberikan bahan pengendap secukupnya dan sedikit larutan hypo untuk membunuh bakteri dan jamur sebelum mengalami proses pengendapan di dalam settling basin dan penyaringan sehingga dihasilkan air proses yang bersih dan bebas jamur. Pemasakan menggunakan bahan larutan kimia, seperti NaOH (sodium hidroksida) dan NaS (sodium sulfida) yang berfungsi untuk memisahkan serat selulosa dari bahan organik. Cairan yang dihasilkan dari proses pemasakan diolah dan menghasilkan bahan kimia, dengan daur ulang. Pada proses daur ulang terjadi limbah cair. Proses pemutihan menggunakan zat-zat kimia, utamanya ClO₂ dan cairan yang masih tertinggal berubah menjadi limbah dengan kandungan berbagai bahan kimia berupa organoklorin yang umumnya beracun.

c. Biologi

Tujuan utama dari pengolahan limbah cair secara biologi adalah menggumpalkan dan menghilangkan/menguraikan padatan organik terlarut yang biodegradable dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme. Pengolahan secara biologis mengurangi kadar racun dan meningkatkan mutu estetika buangan (bau, warna, potensi yang mengganggu dan rasa air).

2. Pengelolaan Limbah Padat

Industri bubur kertas umumnya menghasilkan limbah padat berupa batu dari kapur dan mengandung soda. Ini harus dibuang di lingkungan aman dan nyaman. Limbah padat itu harus dibuang ke tempat pembuangan akhir yang secure land fill (aman). Jika tidak, peristiwa fatal seperti di Love Canal, Niagara Falls (AS), bisa terulang. Daerah bekas land fill dekat Love Canal dijadikan tempat pembuangan limbah sebuah pabrik (1940-1950). Setelah pabrik itu pindah lokasi, land fill itu dijadikan permukiman bagi 500 keluarga. Beberapa waktu kemudian zat-zat beracun keluar dari tanah land fill dan mengancam nyawa warga di sekitarnya. Untuk menghindari jatuhnya korban, daerah itu dikosongkan. Pemerintah menghukum perusahaan kimia tersebut dengan denda dan ganti rugi bagi warga yang jumlahnya ratusan juta dollar AS. Peristiwa land fill di Love Canal itu mendorong Kongres AS menerbitkan undang-undang super fund (1970- an) untuk melindungi penduduk dari limbah industri. Dua jenis limbah padat lainnya, diolah dengan menggunakan Bark Boiler dan Lime Klin. Bark Boiler digunakan untuk pembakaran kulit kayu. Sedangkan Lime Klin digunakan untuk pengolahan lumpur kapur.

3. Pengelolaan Limbah Emisi Udara

Untuk limbah berupa emisi udara yang dihasilkan dari proses produksi pulp, biasanya pabrik pulp menggunakan alat-alat berupa blow gas treatment di unit pulping, Electro Static Dust Precipitator pada Recovery Boiler, dan Wet Scrubber di Reausticizing Unit. Beberapa limbah atau proses yang menghasilkan emisi udara ini, beserta penanganannya ialah :Kondensat tercemar yang berasal dari proses digester dikumpulkan dan dialirkan ke unit penanganan kondensat di

evaporator plant. Non Condensable gas (NCG) dibakar sebagian menjadi limbah di lime klin (tanur kapur). Uap tekanan tinggi yang dihasilkan dari pembakaran bahan organik digunakan untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik dan steam tekanan menengah untuk pemanasan dalam proses di seluruh unit operasi produksi.

Sisa bahan kimia menguap karena panas di unit pencucian. Uap diisap blower dan diarahkan ke sebuah menara penyerap yang berlangsung dua tahap. Di menara ini digunakan larutan sodium hidroksida dan diinjeksikan dengan sulfur dioksida (reduktor) untuk menetralkan sisa bahan kimia berupa klorin dioksida (oksidator) sehingga gas yang keluar bebas dari unsur gas klorin dioksida.

Limbah yang mengandung partikel solid dari cerobong boiler, baik dari multi fuel boiler, recovery boiler, maupun lime kiln. Untuk tujuan ini, pabrik pulp harus memiliki alat electrostatic precipitator. Sedangkan cerobong asap dari dissolving tank recovery boiler dilengkapi dengan scrubber yang dialiri weak wash dari recaust plant.

Digester

Digester adalah unit pulp lengkap untuk memproduksi pulp dengan memasak serpihan kayu dalam cara yang mirip dengan digester komersial. Unit ini mudah dioperasikan dan fitur kontrol yang tepat dari variabel pembuatan pulp untuk memastikan pengulangan hasil yang baik. Digester prinsipnya seperti panci masak di dapur tempat ibu atau istri anda masak. Potongan kayu yang disebut chips dimasak dengan suhu dan tekanan yang tinggi dalam suatu larutan kimia penghancur. Larutan dan proses masak ini akan melembutkan dan akhirnya memisahkan serat kayu yang diinginkan dari "lignin" yaitu unsur kayusemacam lem yang menahan serat kayu bersatu.

Jenis digester diantaranya dari segi aliran bahan baku reaktor biogas, biodigester dibedakan menjadi :

- a. *Batch digester*: chips diproses pada satu tempat, mulai dari pencampuran bahan kimia pemasak, sampai chips menjadi bubur.
- b. *Continuous digester*: chips diumpukan pada suatu rangkaian panjang, kemudian secara bertahap akan melewati setiap chamber yang kondisi pemasakannya berbeda antara satu dengan yang lainnya.

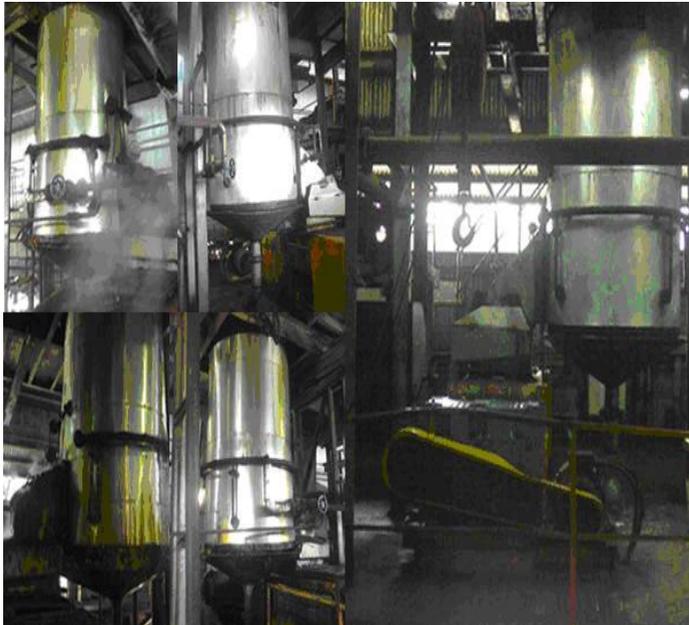
Dari segi konstruksi, digester dibedakan menjadi :

- a. *Fixed dome* : digester ini memiliki volume tetap sehingga produksi gas akan meningkat tekanan dalam reaktor.
- b. *Floating dome* : pada tipe ini terdapat bagian pada konstruksi reaktor yang bisa bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor.

Dari segi tata letak penempatan digester dibedakan menjadi :

- a. Seluruh digester di permukaan tanah biasanya berasal dari tong-tong bekas minyak tanah atau aspal.
- b. Sebagian tangki biodigester di bawah permukaan tanah biasanya digester ini terbuat dari campuran semen, pasir, kerikil, dan kapur.
- c. Seluruh tangki digester di bawah permukaan tanah. Model ini merupakan model yang paling populer di Indonesia.

Jenis-jenis Digester antara lain :





Gambar 5.2. Digester

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2009. Teknologi Ramah Lingkungan Untuk Industri Pulp & Kertas

Prades, Elki. 2009. Ilmu Pulp dan Kertas

Setyo, Daru. 2008. Pengetahuan Tentang Kertas

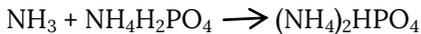
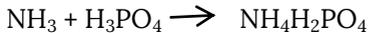
BAB VI

INDUSTRI PUPUK NPK

6.1 Bahan Baku Pupuk NPK

Komponen utama dari pupuk NPK adalah senyawa Monoammonium Phosphate (MAP) dan Diammonium Phosphate (DAP). Monommonium Phosphate adalah salah satu jenis pupuk yang memiliki kandungan nutrisi bagi tumbuhan. Reaksi dari asam phosphate dan amoniak dengan pH 4,4 atau 8,8 yield MAP yang menghasilkan 12,2 % N dan 51,7 P₂O₅. Pupuk NPK umumnya diproduksi melalui Ammoniation of Wet Process dari asam phosphate.

Proses reaksi pembuatan MAP dan DAP dilakukan pada reaktor preneutralizer yang selanjutnya diproses pada granulator dan dikeringkan di rotary dryer. Dengan reaksi sebagai berikut :



Feed dari proses ini berupa NH₃ cair, asam phosphate pada 40-54 % P₂O₅, air untuk scrubber, dan N booster serta Urea, NH₄NO₃, (NH₂)SO₄ dan H₂SO₄. Proses yang digunakan adalah menggunakan pipe reactor berukuran kecil untuk netralisasi

asam fosfat dengan amoniak sesuai dengan teknologi dari incro S.A. kapasitas produksi pada unit ini sebesar 300.000 ton/tahun.

Bahan Baku

A. Asam Fosfat

- Kadar P_2O_5 50% min
- Padatan 2% max
- Suhu $33^\circ C$
- Tekanan 5 kg/cm²

B. Amoniak Cair

- Kadar NH_3 99,5 % min
- H_2O 0,5 % max
- Suhu $-33^\circ C$
- Tekanan 12 kg/cm²

C. Asam Sulfat

- Kadar H_2SO_4 98% min
- S.g 1,84
- Suhu $33^\circ C$
- Tekanan 5 kg/cm²

D. Amonium Sulfat

- Kadar N 21% berat min
- Moisture 0,15% max
- Granul 0,5-1,2 mm, 90% min

E. Kalium Clorida

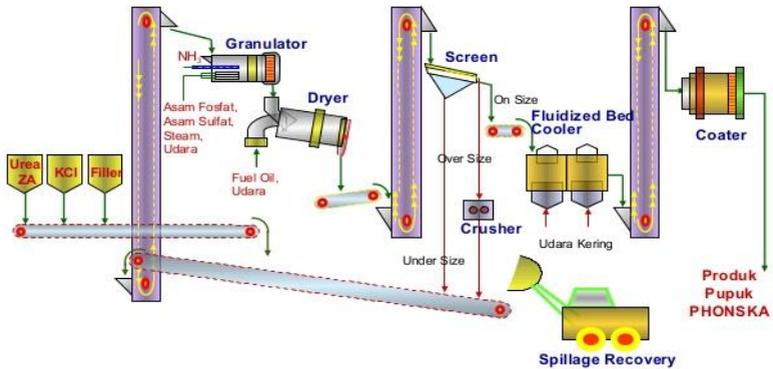
- Kadar K₂O 60% min
- Moisture 1% max
- Granul 0,15-1,2 mm, 90% min
- Bulk Density

F. Filler

- Moisture 4% max
- Granul 0,15-1,15 mm, 90% min
- Bulk density 1000 kg/cm²

2.2 Proses Pembuatan Pupuk NPK

Diagram Alir Proses Pembuatan Pupuk PHONSKA



Gambar 6.1. Proses pembuatan pupuk NPK

Sumber: <https://www.slideshare.net/adhitomowirawan/process-flow-diagram-pg>

1. Pengumpulan Bahan Baku

ZA, KCl, Filler diumpankan dari gudang ke hopper dengan pay loader, selanjutnya dengan conveyor diumpankan ke masing-masing bin dalam unit produksi. Semua bin dilengkapi dengan big blaster yang bekerja dengan menggunakan plant air, untuk menghindari terjadinya gumpalan dan akumulasi bahan baku dalam bin. Bahan baku padat dari feeder jadi satu di conveyor dan dimasukkan ke granulator elevator bersama-sama dengan bahan padat dari recycle conveyor.

2. Penyiapan Slurry dan Proses Granulasi

Peralatan utamanya adalah Plug Mill berupa double screw conveyor yang berfungsi mencampur bahan baku dan bahan padat daur ulang hingga homogeny. Asam sulfat, steam dan amoniak bias ditambahkan sehingga terjadi proses granulasi awal untuk menaikkan produktivitas unit granulasi. Produksi Pug Mill masuk granulator secara gravitasi melalui chute dimana sebagian besar proses granulasi akan berlangsung. Reaksi netralisasi antara asam fosfat dan amoniak utamanya terjadi di pipe reactor

yang terpasang pada sisi inlet granulator sehingga slurry (ammonium fosfat) suhu 120-150 °C tertuang langsung ke lapisan bahan padat di dalam granulator.

Reaksi yang terjadi :



3. Granulasi

Alat utamanya adalah granulator yang berfungsi untuk membuat granul phonska akibatterjadinya reaksi kimia dan fisis antara bahan baku yang berbeda-beda karakteristiknya dan senyawa P_2O_5 selalu berasal dari asam fosfat. Semua bahan baku dan daur ulang diumpankan ke granulator. Asam sulfat diumpankan juga ke granulator pada lapisan padatan yang beraksi dengan sebagian amoniak cair.

Reaksi yang terjadi :



4. Pengeringan

Alat utamanya adalah dryer untuk mengeringkan produk dengan kadar air 1-1,5% dengan media udara panas suhu 150-170°C aliran searah. Udara keluar dryer mengandung amoniak dan uap air yang akan dihisap oleh dryer exhaust fan untuk dibawa ke dryer scrubber, sedangkan debu produk dipisahkan di cyclone untuk dikembalikan ke granulator.

5. Pemilahan dan Penghancuran Produk

Produk dari dryer dikirim ke double deck screen untuk dipilah-pilah sesuai dengan ukurannya. Produk oversize didaur ulang ke dalam pug mill. Produk yang onsize ukuran 2-4 mm min 90% dicurahkan ke regulator bin.

6. Perlakuan Produk Akhir

Produk onsize diumpankan ke polishing screen untuk memisahkan produk halus dengan suhu 70-90°C. Selanjutnya produk masuk fluid bed cooler untuk mencapai suhu < 45°C. Produk ini kemudian diumpankan ke coater untuk pelapisan produk dengan coating agent agar tidak menggumpal, yang selanjutnya dikirim ke gudang produk dengan spesifikasi bentuk granul 2-4 mm 90%, kadar air 1,5% max.

7. Penyerapan Gas

Peralatan menggunakan scrubber 4 tahap untuk membersihkan gas buang dan menangkap unsur hara sebagai daur ulang. Pada pencucian tahap pertama digunakan granulator pre scrubber untuk menangkap gas dari granulator. Pencucian tahap kedua berupa 2 ventury scrubber yang fungsinya mencuci gas dari dryer cyclone, granulator, dan dedusting sistem. Tahap pencucian ketiga berupa gas

scrubber yang fungsinya mencuci gas dari dua sistem scrubber sebelumnya. Tahap pencucian keempat berupa Tower Scrubber untuk menangkap gas buang yang lolos dari 3 sistem scrubber di atas (Dimas RobiSatria, 2016).

2.3 Produk – Produk Pupuk NPK

1. Pupuk NPK Mutiara



Gambar 6.2. Pupuk NPK Mutiara

Sumber: <https://www.olx.co.id/iklan/pupuk-npk-mutiara-IDvyEPn.html>

Pupuk NPK Mutiara adalah salah satu jenis pupuk majemuk yang mengandung sedikitnya 5 unsur hara makro dan mikro yang sangat dibutuhkan tanaman. Pupuk ini berbentuk butiran granul berwarna biru pudar yang biasanya dikemas dalam kemasan plastik. Pupuk NPK Mutiara dibuat menggunakan proses Odda melalui pelarutan batuan fosfat menggunakan asam nitrat (Dimas Robi Satria, 2016).

2. Pupuk NPK Phonska



Gambar 6.3. Pupuk NPK Phonska

Sumber: <http://dasar-pertanian.blogspot.com/2016/10/kandungan-pupuk-npk-phonska-dan.html>

Pupuk Phonska merupakan pupuk majemuk, yang terdiri atas berbagai zat penambah unsur hara alami. Komposisi pupuk phonska yang mendasar terdiri atas Nitrogen (N) : 15% Fosfat (P_2O_5) : 15% Kalium (K_2O) : 15% Sulfur (S) : 10% Kadar air maksimal : 2%. Bentuk *Pupuk Phonska* berupa butiran dan berwarna merah muda. Oleh perusahaan produsen, pupuk ini dikemas dalam karung 20 sampai 50 Kg. Sifat *Pupuk phonska* diantaranya higroskopis. Sifat tersebut membuatnya mudah larut dalam air dan diserap oleh tanaman. **Pupuk Phonska** diproduksi pertama oleh PT Petrokimia Gresik, salah satu BUMN yang berkonsentrasi dalam produksi semen dan pupuk tanah air. Pupuk ini mulai ada tahun 2000 dan dipasarkan secara resmi sejak agustus 2000.

Hingga tahun 2002, perkembangan pupuk ini tidak signifikan tetapi mengalami kenaikan secara bertahap. [Pupuk phonska](#) menjadi salah satu produk pupuk yang disubsidi untuk rakyat (Faedah Jaya, 2018).

3. Pupuk NPK Pelangi



Gambar 6.4. Pupuk NPK Pelangi

Sumber: <https://www.indotrading.com/product/npk-pelangi-p203150.aspx>

Pupuk NPK Pelangi adalah salah satu jenis pupuk anorganik yang mengandung beberapa unsur hara yang dibutuhkan tanaman seperti N, P, dan K (pupuk majemuk) dengan kadar tinggi. Pupuk ini dibuat dengan cara pencampuran fisik (bulk blending) 3 bahan baku berkualitas yang antara lain urea granul, diamonium

phospat granul (DAP), dan KCl flake. Pupuk NPK pelangi berbentuk butiran (granul) berwarna warni. Pupuk NPK pelangi dibuat oleh PT Pupuk Kalimantan Timur yang merupakan salah satu produsen pupuk terbesar di Asia (*Pupuklopedia*, 2014)

2.4 Manfaat Pupuk NPK

1. Metabolisme Tanaman

Kandungan kalium yang tinggi pada pupuk ini, metabolisme tanaman akan meningkat karena tanaman akan memperoleh energi mulai dari batang hingga nantinya menghasilkan buah atau bunga. Selain itu, pupuk ini juga dapat mencegah tanaman terserang oleh hama.

2. Membantu Respirasi dan Pembelahan Sel

Pupuk ini akan membantu tanaman dalam melakukan respirasi yang normal serta membantu terjadinya pembelahan sel. Hal itulah yang membuat tanaman akan tumbuh dengan subur. Dengan bantuan kandungan fosfor, tidak hanya membantu respirasi dan pembelahan sel, kualitas tanaman juga akan meningkat.

3. Pembentukan Enzim dan Vitamin

Manfaat pupuk NPK lainnya adalah membentuk enzim dan tanaman yang tanaman butuhkan. Lalu, pupuk ini juga akan merangsang nodulasi untuk membentuk klorofil.

4. Membentuk Dinding Sel Tanaman

Umumnya, tanaman yang memiliki kulit tebal dapat bertahan lama pada cuaca dan juga kondisi tertentu (*Faedah Jaya*, 2018)

DAFTAR PUSTAKA

- Jaya, F.CV. Tentang Pupuk Phonska.
<https://faedahjaya.com/distributor-pupuk/tentang-pupuk-phonska>. Diakses pada 6 Nopember 2018.
- Mawan, S. Pupuk NPK Mutiara Manfaat Dan Cara Penggunaannya. Okt 2016.<http://kebun.net/pupuk-npk-mutiara-manfaat-dan-cara-penggunaannya/>. Diakses pada 6 Nopember 2018.
- Praptiwi, L.W. Jeffry Pradana dan Prof. Ir. Renanto, Ms, PhD. 2012. Pengendalian Reaktor Preneutralizer Pada Pabrik Pupuk Npk Dengan Menggunakan Pid Controller. Surabaya:Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1, (2012) 1-4.
- Pupuklopedia.Pupuk NPK Pelangi. Juli 2014.<http://pupuklopedia.blogspot.com/2014/07/pupuk-npk-pelangi.html>. Diakses pada 8 Nopember 2018.
- Satria, D.R. Proses Industri Kimia - Pupuk NPK. Apr 2016. <http://dimasrobisatria99.blogspot.com/2016/04/proses-industri-kimia-pupuk-npk.html>. Diakses pada 7 Nopember 2018.

GLOSARIUM

A

Absorpsi. Proses pemisahan bahan dari suatu campuran gas dengan cara pengikatan bahan tersebut pada permukaan adsorben cair yang diikuti dengan pelarutan.

Adsorpsi. Suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan padatan tersebut.

Agrokimia. Industri yang memproduksi aneka pupuk dan bahan kimia untuk budidaya pertanian.

D

Dekomposisi. Pemecahan senyawa menjadi komponen yang lebih sederhana

Difusi. Pencampuran molekul ke molekul lainnya secara berangsur akibat sifat kinetiknya

Distilasi. Proses pemisahan komponen dari suatu campuran yang berupa larutan cair-cair dimana karakteristik dari campuran tersebut adalah miscible dan mudah menguap, selain itu komponen-komponen tersebut mempunyai perbedaan tekanan

uap dan hasil dari pemisahannya menjadi komponen-komponennya

E

Ekstraksi. pemisahan suatu zat dari campurannya dengan pembagian sebuah zat terlarut antara dua pelarut yang tidak dapat bercampur untuk mengambil zat terlarut tersebut dari satu pelarut ke pelarut yang lain.

F

Fermentasi. Proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen)

Filtrasi. Pembersihan partikel padat dari suatu fluida dengan melewatkannya pada medium penyaringan, atau *septum*, dimana zat padat itu tertahan.

O

Oleokimia. bahan kimia apapun yang berasal dari lemak.

INDEX

A

agrokimia, 4, 5
Air Limbah, 108
Alkali, 21
Alkohol, 61, 62, 63, 64, 68, 69, 84
Ammonia, 4, 23
Asam, 4, 40, 76, 118, 121

B

batch, 8
Batch digester, 113
biokimia, 16, 41
Bulk density, 119

C

cair, 7, 8, 24, 30, 64, 107, 108, 110, 117, 121, 128
Cair, 59, 108, 118
campuran, 4, 7, 8, 15, 20, 22, 24, 51, 53, 58, 65, 69, 73, 76, 94, 99, 106, 113, 128
Campuran, 55, 62
cat, 5

Continuous digester, 113
cooling, 9

D

Distilasi, 7, 76, 128

E

Ekstraksi, 8, 129
Emisi Udara, 111
energi, 11, 43, 57, 60, 63, 107, 126, 129
evaporasi, 8

F

farmasi, 5, 14, 28
fase, 3, 7, 77
fermentasi, 18, 32, 59, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 81
Filler, 119, 120
Filtrasi, 8, 129
Fixed dome, 113
Floating dome, 113
fluida, 8, 9, 10, 128, 129

G

Garam, 18
gas, 8, 21, 22, 23, 24, 46, 48, 50, 65,
66, 88, 106, 111, 112, 122, 128
Gula, 30, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 52,
53, 54, 55, 56, 57, 58, 60

H

higroskopis, 124
homogen, 7, 51

I

Industri, 1, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13,
21, 26, 27, 30, 33, 34, 35, 36, 42,
57, 81, 84, 89, 111, 116, 127, 128

K

karet, 5, 102
katalis, 9, 63
kayu, 21, 24, 31, 33, 58, 64, 65, 70,
87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 97,
106, 107, 108, 111, 112
kelarutan, 5, 47
keramik, 5, 28, 62
kertas, 5, 28, 57, 65, 87, 88, 89, 90,
92, 93, 94, 97, 98, 99, 102, 103,
106, 107, 109, 111
Kimia, 1, 2, 3, 9, 10, 13, 14, 16, 27,
35, 81, 84, 85, 90, 95, 109, 127
kontinyu, 8
kulit, 5, 91, 92, 94, 95, 97, 111, 126

L

laboratorium, 7, 8, 67, 80
larutan, 7, 9, 22, 45, 49, 51, 52, 55,
64, 72, 73, 74, 76, 88, 106, 109,
110, 112, 128
Limbah Cair, 108
logam, 4, 8, 10, 12, 15, 28, 83, 109

M

material, 5, 80
minyak, 4, 9, 21, 29, 63, 113
Moisture, 119
molekuler, 3

N

netralisasi, 9, 117, 121

O

oleokimia, 4, 5
operasi, 6, 7, 8, 10, 72, 108, 112

P

pabrik, 4, 6, 10, 11, 26, 27, 28, 30,
32, 33, 37, 42, 49, 52, 55, 56, 57,
58, 59, 60, 65, 71, 88, 89, 96, 108,
111, 112
pabrik,, 10, 11
panas, 5, 8, 9, 10, 41, 46, 47, 55, 58,
71, 74, 82, 102, 103, 107, 112,
122
partikel, 8, 9, 43, 59, 107, 109, 112,
129
penyulingan, 7, 24, 28, 32

petrokimia, 1, 4, 5
plastik, 5, 123
polimer, 5
proses, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,
11, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23,
24, 26, 28, 32, 41, 42, 43, 44, 45,
46, 47, 48, 49, 51, 52, 54, 55, 58,
59, 60, 62, 66, 70, 72, 73, 74, 76,
82, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96,
97, 98, 99, 106, 107, 108, 109,
110, 111, 112, 117, 121, 123, 127,
128
pulp, 5, 43, 65, 87, 88, 89, 90, 91,
92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 102,
106, 108, 109, 110, 111, 112
pupuk, 4, 58, 117, 120, 123, 124,
125, 126, 127, 128

R

Reaksi, 3, 9, 41, 46, 48, 67, 68, 69,
76, 117, 121

S

Sejarah, 14, 17, 27, 36, 62, 87
semen, 5, 113, 124
Sludge, 108
steam, 9, 71, 74, 94, 95, 112, 121
Suhu, 118

T

Tekanan, 103, 118
teknologi, 6, 11, 12, 17, 18, 20, 21,
22, 29, 31, 32, 34, 87, 89, 118
Teknologi, 6, 13, 17, 35, 116

U

urea, 4, 73, 74, 75, 125
Utilitas, 10