

BAB VI

UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

A. Unit Pendukung Proses (Utilitas)

Unit pendukung proses atau disebut dengan unit utilitas merupakan sarana penunjang proses yang diperlukan pabrik agar dapat berjalan dengan baik. Pada umumnya, utilitas dalam pabrik proses meliputi air, *steam*, listrik. Pada pabrik Margarin, utilitas mencakup unit-unit sebagai berikut :

1. Unit Penyedia Air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air, diantaranya :

a. Air untuk Kebutuhan Umum

Kebutuhan air umum meliputi kebutuhan air karyawan kantor, perumahan dan sanitasi, kebersihan dan pertamanan, laboratorium dan pemadam kebakaran.

Kebutuhan air untuk keperluan umum dapat dilihat pada Tabel 6.1 sedangkan perhitungan kebutuhan air dapat dilihat pada lampiran D (hal. D.1-D.5).

Tabel. 6.1. Kebutuhan Air untuk *General Uses*

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Air kebutuhan karyawan dan kantor	26,25	m ³ /hari
2	Air laboratorium	10	m ³ /hari
	Total	36,25	m ³ /hari
		1,5104	m ³ /jam
		1.510,4167	kg/jam

b. Air Pendingin

Air pendingin yang digunakan ialah air olahan yang berasal dari sungai Setoekoel dengan debit aliran rata-rata sebesar 216 m³/s (Giesen, 1991 ; Manik, 1991 ; BPS, 1997 REPPPProt, 1988 ; PU, 1996 et. al., 2010). Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai pendingin peralatan proses dan pertukaran/perpindahan panas dalam *heat exchanger* dengan tujuan untuk memindahkan panas suatu zat di dalam aliran ke dalam air. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penyediaan air untuk keperluan pendinginan sebagai berikut :

1. Kesadahan air yang dapat menyebabkan terjadinya *scale* (kerak) pada sistem perpipaan.
2. Bahan-bahan penyebab korosi dan bahan-bahan penyebab penurunan efisiensi perpindahan panas seperti minyak.

Total air pendingin yang diperlukan sebesar 20.935,4181 kg/jam. Tabel 6.2 menunjukkan kebutuhan air pendingin untuk kebutuhan di unit proses.

Tabel 6.2. Kebutuhan Air Untuk Air Pendingin

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	Reaktor (R-201/202) Cooler (CO-301)	20.935,4181	kg/jam
	Total	20.935,4181	kg/jam
	<i>Over Design</i> 10%	23.028,9599	kg/jam
	<i>Recovery</i> 90%, <i>make up</i>	2.302,8959	kg/jam

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*Cooling Tower*), yang mengolah air dengan proses pendinginan dari suhu 52,6416°C menjadi 30 °C, untuk dapat lagi digunakan sebagai air untuk proses pendinginan pada alat pertukaran panas dari alat yang membutuhkan pendinginan.

Air pendingin yang telah keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *Cooling Tower*. Penguapan dan kebocoran air akan terjadi di dalam *Cooling Tower* ini. Oleh karena itu, untuk menjaga jumlah air pendingin harus ditambah air *make up* yang jumlahnya sesuai dengan jumlah air yang hilang. Jumlah *make up water* untuk *Cooling Tower* sebesar 2.302,8959 kg/jam.

Sistem air pendingin terutama terdiri dari *Cooling Tower* dan basin, pompa air pendingin untuk peralatan proses, sistem injeksi bahan kimia, dan *induce draft fan*. Sistem injeksi bahan kimia disediakan untuk mengolah air pendingin untuk mencegah korosi, mencegah terbentuknya kerak dan pembentukan lumpur diperalatan proses, karena akan menghambat atau menurunkan kapasitas perpindahan panas.

Pengolahan air pada *Cooling Tower* dilakukan dengan menginjeksikan zat kimia pada basin, yaitu (nadhori.blogspot.com, 21 Juni 2011, 21:35 WIB):

- *Corrosion inhibitor*, yaitu berupa natrium fosfat yang berfungsi untuk mencegah korosi pada peralatan.
- *Scale inhibitor*, berupa dispersant yang berfungsi untuk mencegah pembentukan kerak pada peralatan yang disebabkan oleh senyawa-senyawa terlarut.
- Penetral pH, berupa asam sulfat dengan konsentrasi 4 % v/v. Asam sulfat ini diberikan untuk menetralkan pH air yang berasal dari proses agar sesuai pH air (± 7) ketika keluar dari *Cooling Tower*.

c. Air Umpan *Boiler*

Air ini digunakan sebagai umpan *boiler* agar dapat menghasilkan *steam* yang dapat digunakan sebagai pemanas. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler :

- Zat-zat penyebab korosi

Korosi yang terjadi pada *boiler* disebabkan air pengisi mengandung larutan asam, gas-gas terlarut, seperti O_2 , CO_2 , H_2S , NH_3 . gas-gas terlarut dapat dihilangkan pada *Deaerator* dengan menambahkan senyawa Hidrazin (N_2H_2) dengan reaksi sebagai berikut :



- Zat-zat penyebab *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foam* (busa) pada *boiler*. Karena adanya zat-zat organik, anorganik, dan

zat-zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas yang tinggi. Berdasarkan hal tersebut, sangat jelas bahwa pertanyaan, jika pada unit Demineralisasi, terutama pada *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger*, dapat ditukar posisinya? Jawabannya, tentu saja tidak, karena syarat air umpan boiler salah satunya sudah jelas, tidak mengandung alkalinitas yang tinggi. Artinya pada unit Demineralisasi, posisi ke dua ialah *Anion Exchanger*.

- Zat-zat yang menyebabkan *scale foaming*

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi yang bisa berupa garam-garam karbonat dan silika.

Kebutuhan steam pada unit proses terdiri dari

- Kebutuhan *steam recovery*

Tabel 6.3. Kebutuhan *Steam Recovery*

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	<i>Heater (HE-102)</i>	647,3753	kg/jam
2	<i>Emulsification Tank (ET-301)</i>	483,3196	kg/jam
	Total	1.130,6949	kg/jam
	<i>Over Design 10%</i>	1.243,76439	kg/jam
	<i>Recovery 90%, make-up</i>	124,3764	kg/jam

- Kebutuhan *steam nonrecovery*

Tabel 6.4. Kebutuhan *Steam Non-Recovery*

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	<i>Mixing Point (MP-601)</i>	83,7007	kg/jam
2	Regenerasi adsorben AD-101/102	0.8958	kg/jam
	Total	84,5965	kg/jam
	<i>Over Design 10%</i>	93,0562	kg/jam

d. Air Proses

Air proses ini dibutuhkan pada unit proses terutama pada proses pelarutan zat pengemulsi pada SO-301. Kebutuhan air proses dapat dilihat pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5. Kebutuhan Air Untuk *Process Water*

No.	Kebutuhan	Jumlah	Satuan
1	<i>Solution Tank</i> (SO-301)	818,1818	kg/jam
	Total	818,1818	kg/jam
	<i>Over Design</i> 10%	899,9999	kg/jam

e. Air *Hydrant*

Salah satu bagian dari utilitas pabrik ini adalah air pemadam kebakaran. Kebutuhan air untuk seksi ini sangat diperlukan jika suatu saat terjadi musibah kebakaran yang menimpa salah satu bagian dari pabrik. Jadi, penggunaan air untuk keperluan ini tidak dilakukan secara rutin dan kontinyu tetapi hanya bersifat insidental hanya saat terjadi kebakaran. Pada praktiknya, kebutuhan air ini disalurkan melalui pipa *hydrant* yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa *hydrant* terutama dipersiapkan pada lokasi pabrik yang cukup strategis dengan pertimbangan utama adalah pada kemudahan pencapaian pada semua lokasi pabrik. Perkiraan jumlah air yang dibutuhkan untuk pemadam kebakaran sekitar 992,857 kg/jam yang akan ditampung dalam bak penampung. Fasilitas pemadam kebakaran seperti *fire hydrant* perlu ditempatkan pada tempat-tempat yang strategis, disamping itu disediakan

pula *portable fire fighting equipment* pada setiap ruangan dan tempat-tempat yang mudah dicapai. Dengan adanya fasilitas ini diharapkan keselamatan dan kesehatan kerja pabrik ini meningkat. Sehingga kebutuhan total air pada pabrik margarin sebesar 30,1963 m³/jam.

Air yang digunakan dalam pabrik ini, seperti air proses, air umpan boiler, air pendingin dan lainnya diperoleh dari air sungai. Untuk mendapatkan spesifikasi air sesuai dengan kebutuhan dilakukan pengolahan dengan beberapa tahap. Pengolahan yang dilakukan setelah pemompaan dari sungai adalah penjernihan, penyaringan, desinfektasi, demineralisasi, dan deaerasi. Pengolahan air tersebut dilakukan baik secara fisika maupun secara kimia (Bahan Kuliah Utilitas dan Penggerak Mula, 2010).

Tujuan pengolahan air secara fisika antara lain :

- Memisahkan padatan yang besar (*Coarse Solid*)
- Memisahkan padatan yang tersuspensi dan terapung
- Memisahkan lemak

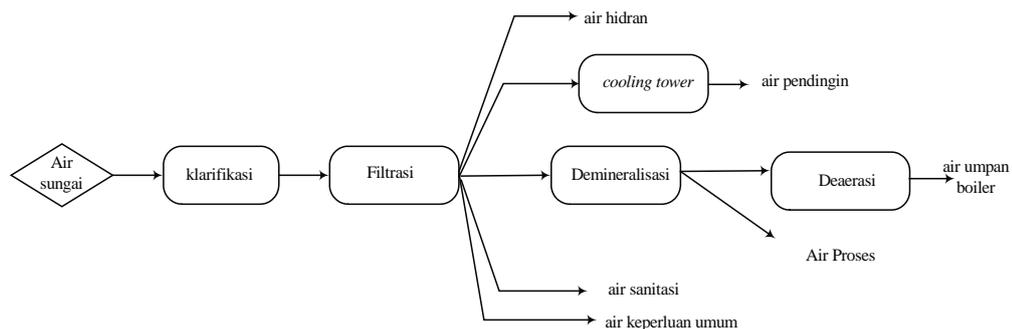
Tujuan pengolahan secara kimia antara lain :

- Pengendapan zat-zat terlarut dengan memakai koagulan. Koagulan merupakan zat-zat kimia yang mampu menetralsir muatan partikel koloid yang memiliki fungsi untuk mengikat partikel-partikel tersebut. Contohnya seperti Alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), Ferro Sulfat ($\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Ferric

Sulfat ($\text{Fe}(\text{SO})_4$), Sodium Aluminate (NaAlO_2), Amonia Alum, dan Chlorinased Copperas.

- Penghilangan zat-zat racun dan bibit penyakit
- Menghilangkan bau dan rasa

Diagram alir pengolahan air adalah sebagai berikut ;



Gambar 6.1. Diagram Alir Pengolahan Air

1. Penjernihan (*Clarification*)

Bahan baku air diambil dari badan air sungai. Air sungai dialirkan dari daerah terbuka ke *water intake system* yang terdiri dari *screen* dan pompa. *Screen* dipakai untuk memisahkan kotoran dan benda-benda asing pada aliran *suction* pompa. Air yang tersaring oleh *screen* masuk ke *suction* pompa dan dialirkan melalui pipa masuk ke unit pengolahan air.

Air masuk ke dalam tangki sedimentasi untuk mengendapkan dan memisahkan lumpur yang mungkin terbawa, yang dapat menyebabkan gangguan *fouling* di dalam proses penyediaan air bebas mineral. Partikel yang besar dihilangkan dengan penyaringan, tetapi koloidal yang ada dilepas melalui proses klarifikasi dalam penetralan dan penggumpalan

(*coagulation*) dan sebelum dikeluarkan dilakukan injeksi larutan alum, kaustik, dan klorin. Jumlah aliran bahan kimia yang masuk dikontrol secara otomatis sebanding dengan jumlah air yang masuk. Jumlah injeksi bahan kimia tergantung dari mutu air sungai dan keadaan operasi di lapangan. Semua air alam mengandung bermacam-macam jenis dan jumlah pengotor. . Kotoran ini dapat digolongkan sebagai :

- Padatan yang terlarut

Zat-zat padat yang terlarut terdiri dari bermacam-macam komposisi mineral-mineral seperti kalsium karbonat, magnesium karbonat, kalsium sulfat, magnesium sulfat, silika, sodium klorida, sodium sulfat dan sejumlah kecil besi, mangan, florida, aluminium, dan lain-lain.

- Gas-gas yang terlarut

Gas-gas yang terlarut biasanya adalah komponen dari udara walaupun biasanya jarang, seperti hidrogen sulfida, metana, oksigen dan CO₂.

- Zat yang tersuspensi

Dapat berupa kekeruhan (*turbidity*) yang terjadi dari bahan organik, mikro organik, tanah liat dan endapan lumpur, warna yang disebabkan oleh pembusukan tumbuh-tumbuhan, dan lapisan endapan mineral seperti minyak.

Pada proses penjernihan air, telah disebutkan menggunakan koagulan agar dapat meningkatkan proses penggumpalan partikel-partikel tersuspensi, disamping itu pula, digunakan bahan kimia yang berfungsi untuk membunuh bakteri, jamur, dan mikroorganisme, dan bahan kimia

yang berfungsi sebagai pengatur pH sehingga dapat mempermudah pembentukan flok.

- Larutan Alum (Aluminium Sulfat)

Berupa tepung berwarna putih, dapat larut dalam air, stabil dalam udara, tidak mudah terbakar, tidak dapat larut dalam alkohol dan dapat dengan cepat membentuk gumpalan. Alum berfungsi sebagai bahan penggumpal (*floculant*) untuk menjernihkan air. Pembentukan flok terbaik pada PH 6,5 – 7,5. Jumlah alum yang diinjeksikan sebanyak 0,06 % dari air umpan dengan konsentrasi 6 % volum (hal 94; Cheremisinoff, 2002). Reaksi yang terjadi (nadhori.blogspot.com, Selasa, 21 Juni, 2011, 20:12 WIB ; Bahan Kuliah Utilitas dan Penggerak Mula, 2010) :



- Soda Kaustik (NaOH)

Diinjeksikan untuk mengatur pH atau memberikan kondisi basa pada air sungai sehingga mempermudah pembentukan flok oleh alum karena air sungai cenderung bersifat asam. Jumlah soda abu yang diinjeksikan sebanyak 0,05 % dari air umpan dengan konsentrasi 20 % volum (hal 105, Cheremisinoff, 2002).

- Klorin/Kaporit

Berfungsi untuk membunuh bakteri, jamur, dan mikroorganisme. Jumlah kaporit yang diinjeksikan sebanyak 0,6 % dari umpan dengan konsentrasi 15% (hal 471; Cheremisinoff, 2002).

Air sungai yang telah ditreatment pada unit pengendapan, penggumpalan, selanjutnya diolah pada unit filtrasi yaitu pada *Sand Filter*.

- Penyaringan (Filtration)

Air yang dipersiapkan sebagai bahan baku untuk proses pertukaran ion (*ion exchanger*) harus disaring untuk mencegah *fouling* di penukar ion yang disebabkan oleh kotoran yang terbawa. Sejumlah kotoran yang terbawa dikoagulasikan pada proses penjernihan. Bahan akan dihilangkan termasuk bahan organik, warna dan bakteri. Air yang telah mengalami proses penjernihan, turbiditasnya menjadi 5 ppm atau lebih rendah. Selama operasi dari *filter*, kotoran yang masih terbawa pada air setelah mengalami proses penjernihan akan terlepas oleh *filter* dan terkumpul pada permukaan *bed*.

Penyaringan ini menggunakan media pasir atau *sand filter* berbentuk silinder vertikal yang terdiri dari antrasit, *fine sand*, *coarse sand*, dan *activated carbon*. *Activated carbon* digunakan untuk menghilangkan klorin, bau dan warna. Bila *sand filter* ini telah jenuh maka perlu dilakukan regenerasi, dengan cara cuci aliran balik (*backwash*) dengan aliran yang lebih tinggi dari aliran filtrasi, hal ini dilakukan untuk melepaskan kotoran (*suspended matters*) dari permukaan *filter* dan untuk memperluas bidang penyaringan. Setelah di-*backwash* dan *filter* dioperasikan kembali, air hasil saringan untuk beberapa menit pertama dikirim ke pembuangan, hal ini dilakukan untuk membersihkan sistem dari benda-benda padat yang masih terbawa dan setelah itu dibuang. *Backwash filter* secara otomatis terjadi bila hilang tekan tinggi (*high*

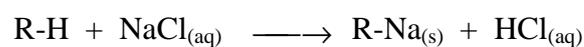
pressure drop) tercapai atau waktu operasi (*duration time*) tercapai. Larutan kaustik diinjeksikan melalui pipa (*line header outlet*) dari *sand filter* untuk mengatur pH dari produk air *filter* yang masuk ke tangki penyimpanan air *filter* .

Untuk mencegah tumbuhnya mikroorganisme yang ada dalam air *filter* dilakukan injeksi klorin. Dari tangki air *filter*, air didistribusikan ke menara pendingin, keperluan air umum, dan unit demineralisasi.

- Demineralisasi

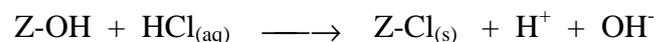
Demineralisasi berfungsi mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (*Deionized Water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air *filter* dengan penukar ion (*Ion Exchanger*) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai air umpan boiler untuk membangkitkan steam tekanan 36 atm dan temperatur 245 °C serta tekanan 36 atm dan temperatur 500°C.

Unit penyediaan air bebas mineral terdiri dari penukar kation (*Cation Exchanger*) dan penukar anion (*Anion Exchanger*). Pada penukar kation diisi dengan penukar ion asam lemah berupa metilen akrilat. Resin ini dirancang untuk menghilangkan/mengikat ion-ion logam dari air atau ion-ion positif seperti K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^+ dan Al^{3+} , dengan reaksi sebagai berikut :



Resin akan melepaskan ion H^+ sehingga air yang dihasilkan akan bersifat asam dengan pH 3,2 - 3,3. Apabila pH air yang keluar melebihi batas yang dibolehkan, berarti resin yang ada telah jenuh dan perlu diregenerasi. Hal tersebut dilakukan dengan melarutkan asam sulfat sehingga ion H^+ dari asam sulfat akan menggantikan ion logam dalam resin dan selanjutnya resin dapat digunakan. Penyerapan ion positif mutlak dilakukan agar tidak membentuk kerak.

Penukar anion berisi penukar ion basa lemah berupa resin amino polistirena, $NH(CH_2)OH$). Resin ini dirancang untuk menghilangkan ion asam dari air atau ion-ion negatif seperti karbonat, bikarbonat, sulfat, sulfit, nitrat, nitrit, silika, dan lain-lain, dengan reaksi sebagai berikut :



Penukar kation-anion berisi campuran resin kation dan anion untuk pengolahan akhir air. Semua penukar ion dioperasikan dengan aliran air yang kontinyu. Resin yang diisikan ke penukar ion diregenerasi bila kemampuannya menukar ion telah habis dan sebagai batasannya adalah total galon dan konduktivitas air (*high SiO₂, high conductivity*). Regenerasi terdiri dari tiga langkah yaitu cuci balik (*backwash*), regenerasi awal dengan bahan kimia, dan pencucian (*rinse*).

Bahan kimia yang dipakai untuk regenerasi dari penukar ion dan netralisasi air bekas regenerasi adalah :

1. Asam sulfat (H_2SO_4)

2. Soda kaustik (NaOH)

Reaksi yang terjadi pada saat regenerasi adalah :

- Pada penukar kation



- Pada penukar anion



Buangan bahan kimia dari *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger* mengalir ke bawah ke dalam kolam netralisasi melalui saluran pembuangan. Air bebas mineral yang telah diproduksi selanjutnya akan dialirkan ke tangki penampungan air demin (nadhori.blogspot.com, Selasa, 21 Juni 2011, 20: 52 WIB).

- Deaerasi

Deaerasi merupakan proses penghilangan gas-gas terlarut yang terdapat pada air keluaran *Ion Exchanger*, untuk air umpan *boiler* yang berasal dari *Demin Water Tank*, gas-gas terlarut harus dihilangkan terutama gas terlarut berupa O_2 . Penghilangan gas O_2 tersebut dilakukan pada Deaerator, dengan ditambahkan bahan kimia hidrazin (N_2H_4) yang akan mengikat gas O_2 .

2. Unit Penyedia Tenaga Listrik

Kebutuhan tenaga listrik dipenuhi oleh generator yang digerakkan oleh turbin uap, dimana menggunakan *steam* yang dihasilkan dari *boiler*, hal ini bertujuan

agar tidak diperlukan aliran listrik dari PLN, dan hal ini membuat keefisienan energi pabrik ini menjadi lebih baik. Generator yang digunakan adalah generator bolak balik atas dasar pertimbangan sebagai berikut :

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan transformator.

Generator cadangan berkekuatan 1.750 kW, dapat beroperasi selama 3 hari.

Generator yang dipakai adalah jenis generator AC tiga fase, karena memiliki beberapa kelebihan, antara lain :

- Tegangan listrik stabil, daya kerja lebih besar.
- Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit
- Motor tiga fase harganya relatif lebih murah dan sederhana.

Kebutuhan listrik untuk pabrik direncanakan untuk penerangan seluruh area pabrik, keperluan proses dan keperluan utilitas.

Kebutuhan listrik total sebesar 434,1189 kW dengan *over desain* 10 %,

sehingga kebutuhan total = 0,4775 MW 0,5 MW

3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan *boiler* dan generator. Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada generator. Bahan bakar yang digunakan adalah panas sisa dari proses produksi hidrogen pada plan hidrogen.

4. Unit Penyediaan Udara Tekan

Unit ini bertugas menyediakan udara tekan yang dipakai dalam sistem instrumentasi pneumatik dan untuk regenerasi pada plan hidrogen. Pada perancangan pabrik Margarin, unit penyediaan udara tekan digunakan untuk menjalankan instrumentasi dan udara *plant* di peralatan proses, seperti untuk menggerakkan *control valve* serta untuk pembersihan peralatan pabrik. Sumber udara pabrik dan udara instrumen adalah dari udara lingkungan yang diambil menggunakan blower dan dikirim menuju alat-alat instrumentasi di unit proses maupun di unit utilitas setelah melewati beberapa proses.

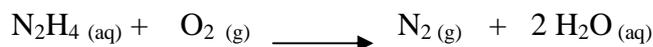
5. Unit Penyedia Steam

Unit ini bertugas menyediakan steam untuk kebutuhan proses. *Steam* yang digunakan dalam pabrik margarin ini adalah *saturated steam* pada tekanan 36 atm dengan suhu 245°C dan *superheated steam* pada tekanan 36 atm dengan suhu 500°C. *Steam* ini dipergunakan untuk menukar panas pada aliran yang perlu dinaikkan suhunya. Sistem penyediaan *steam* terdiri dari *deaerator* dan *boiler (steam generator)*.

a. Deaerasi

Proses deaerasi terjadi dalam *Deaerator* yang berfungsi untuk membebaskan air bebas mineral (*demin water*) dari komponen udara melalui *spray, sparger* yang berkontak secara *counter current* dengan *steam*. *Demin water* yang sudah bebas dari komponen udara ditampung dalam drum dari *Deaerator*. Larutan hidrazin diinjeksikan ke dalam

deaerator untuk menghilangkan oksigen terlarut dalam air bebas mineral, dengan reaksi sebagai berikut :



Kandungan oksigen keluar dari *Deaerator* didesain tidak lebih besar dari 0,005 ppm.

b. *Steam Generation*

Pembentukan *steam* terjadi di dalam *boiler (steam generator)* Pada perancangan pabrik Margarin ini digunakan *boiler tipe waste heat boiler* dimana bahan bakar *boiler* berasal dari panas sisa produksi hidrogen pada plan hidrogen.

6. Unit Penyedia Refrigerant

Refrigerant yang digunakan adalah amonia sebagai pendingin pada *solidator*.

Amonia yang telah digunakan diolah dalam sistem refrigerasi amonia pada unit utilitas. Sistem refrigerasi ini berfungsi untuk mensirkulasikan amonia pendingin pada *solidator (SD-301)* dan cooler (CP-601) dengan kondisi operasi sebagai berikut :

T operasi = 10 °C

Tekanan operasi = 6 atm

Temperatur masuk ammonia (gas) = -33,5 °C (P = 1 atm)

Tempertatur keluar ammonia (cair) = -33,5 °C

Ammonia cair masuk berwujud cair dan keluar dengan fase gas. Amonia bersirkulasi menggunakan konsep *liquifaction*, *liquifaction* adalah perubahan zat dari wujud gas ke bentuk cairan. Karena perubahan wujud zat sebanding

dengan perbedaan jumlah energi dari molekul yang membentuk zat tersebut, maka energi panas harus diserap atau dilepas oleh zat tersebut sehingga dapat merubah keadaan wujud zat tersebut. Dengan demikian, perubahan zat dari padat ke cair atau dari cair ke gas memerlukan penambahan panas. Jika gas mengalami kompresi, panas akan terlepas dan berubah fasa menjadi cair, sehingga pendinginan ekstrem tidak mutlak diperlukan untuk pencairan gas. Pendinginan semacam ini ditemukan oleh Thomas Andrew pada tahun 1969. disebutkan bahwa setiap gas mempunyai temperatur kritis, dan apabila pencairan dilakukan diatas temperatur kritis maka gas tersebut tidak dapat dicairkan dan tidak berpengaruh berapapun tekanan diberikan.

Ketika gas tersebut dikompresi, molekul-molekul gas saling tarik-menarik sehingga kalor pun terlepas. Pada proses kompresi, kecepatan molekul-molekul gas dan jarak antara molekul tersebut semakin dekat sampai akhirnya gas tersebut mengalami perubahan wujud menjadi cairan (Wikipedia, 2012)

Sistem refrigerasi kompresi uap merupakan sistem/daur yang paling banyak digunakan dalam daur refrigerasi.

Dari neraca panas panas yang diserap oleh fluda dingin :

Nilai Q negatif berarti panasnya harus dibuang, maka untuk menghitung beban pendingin

- Pendingin yang digunakan = amonia pada $T = -33.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- H_v ammonia pada $-33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ = 1.417,498 kJ/kg
- H_f ammonia pada $-33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ = 47,9006 kJ/kg
- (panas laten) = 1.369,5973 kJ/kg

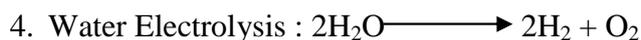
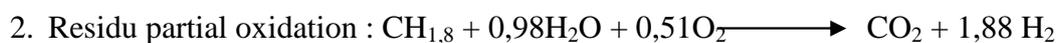
Kebutuhan ammonia *refrigerant* = 643,3492 kg/jam

7. Unit Penyedia Hidrogen

Dalam proses hydrogenasi dibutuhkan hidrogen sebagai bahan bakunya, maka dari itu dibuatlah *plant* hidrogen untuk menunjang keberlangsungan proses produksi. Berikut pemilihan proses pembuatan hidrogen :

Secara mendasar, spesifikasi proses komersial untuk pabrik hidrogen diperoleh dari *steam reforming*, oksidasi parsial, gasifikasi batubara, dan elektrolisa air. Di seluruh dunia, hidrogen sebagai bahan baku untuk industri kimia diperoleh sebagai berikut : 77% dari gas alam/petroleum, 18% dari batubara, 4% dari elektrolisa air, dan 1% dari proses lain. Semua proses ini menghasilkan hidrogen dari hidrokarbon dan air.

Mekanisme reaksi proses produksi hidrogen adalah sebagai berikut :



(Othmer, 1967)

Produksi tahunan dunia adalah sekitar 500 milyar Nm^3 . Produsen yang paling besar adalah produk udara, yang beroperasi lebih dari 50 pabrik individu, yang menghasilkan lebih dari 25 juta Nm^3 per hari, dan 7 sistem perpipaan secara total lebih dari 340 juta. Produksi curah hidrogen (hampir 50%) dihasilkan oleh proses *Steam Methane Reforming*, dimana proses tersebut merupakan rute yang sangat ekonomis. (Dutton, G., 2002).

Steam Methane Reforming

Hydrogen Production Unit (HPU) dengan menggunakan metode steam methane reforming telah menjadi aplikasi produksi hidrogen yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Umpan hydrocarbon setelah melalui desulfurizer kemudian bergabung dengan umpan steam di reformer melalui nickel on alumina based catalyst yang ada dalam reforming furnace tube. Produk gas hasil reforming berupa hidrogen, karbon dioksida, karbon monoksida, metana (sisa), dan steam (excess/berlebih). Reaksi steam reforming bersifat endotermis (memerlukan panas). Panas disediakan oleh burner dalam suatu reforming furnace. Kondisi operasi optimum tergantung pada jenis *feed* dan spesifikasi produk. Biasanya steam reformer beroperasi pada temperatur outlet 750 s/d 850 °C dan temperatur tube skin hingga 980 °C. Sedangkan tekanan operasi dapat mencapai 37 kg/cm².g. Steam to carbon ratio biasanya antara 2,5 s/d 8 mol steam per atom carbon. Pada steam to carbon ratio minimum akan terbentuk methane, sedangkan pada steam to carbon ratio maksimum akan terbentuk butane. Pembentukan methane pada outlet steam reformer (atau biasa disebut methane slip) akan meningkat dengan menurunnya temperature outlet steam reformer. Oleh karena itu menjaga temperature outlet steam reformer pada kisaran 750 s/d 850 °C adalah sesuatu yang mandatory. (Budiarto, A., 2003).

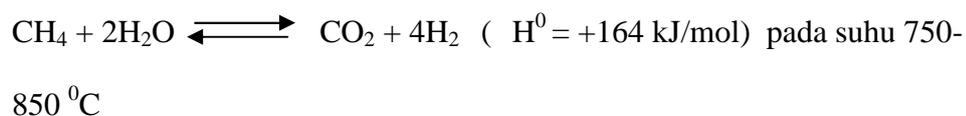
Proses *Steam Methane Reforming (SMR)* terdiri atas 4 langkah proses :

- a. Pemanasan stok umpan dan pemurnian (dibutuhkan karena katalis memiliki sensitivitas yang tinggi oleh ketidakmurnian, contohnya : sulfur , mercury, dan logam lainnya)

b. *Steam reformer*

c. *Hydrogen Recovery with partial condensed* (memisahkan gas hidrogen yang terbentuk dengan gas-gas lainnya seperti CH₄, H₂O, CO₂, dan lainnya)

Reaksi reformer (untuk methana) :



- Reaksinya Beroperasi pada tekanan < 40 bar
- Reaksi sangat endotermis
- Konversi penguapan oleh steam dan suhu yang tinggi, konversi akan berkurang dengan tekanan yang tinggi
- Membutuhkan katalis nikel yang aktif

B. Pengolahan Limbah

Limbah merupakan materi atau zat sisa hasil pengolahan domestik dan industri. Berdasarkan fisiknya, limbah dibedakan menjadi tiga bagian besar yaitu, limbah cair, limbah padat, limbah gas, dan limbah B3, terkadang limbah padat sering disebut dengan limbah cair maupun limbah B3. Menurut Lesmana, D., 2009, masing-masing pengertian limbah antara lain :

- Limbah Cair

Limbah cair merupakan campuran zat cair dan polutan.

Pada pabrik Margarin, limbah cair berasal dari aktifitas domestik seperti

MCK, perkantoran, dan aktifitas industri seperti air pencucian, pembilasan, sisa

pelarutan, dan blowdown.

- Limbah Padat

Limbah padat merupakan campuran padatan dan polutan.

Pada pabrik Margarin ini tidak terdapat limbah padat.

- Limbah Gas

Limbah gas merupakan campuran gas dan polutan.

Pada pabrik Margarin, limbah gas sebenarnya berasal dari FD-301 yang berupa gas H_2 , tetapi gas tersebut direcycle ke reaktor, sehingga pembuangan gas H_2 ke lingkungan dapat diminimalisir.

Standar aturan pembuangan limbah cair industri kimia dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6. Syarat-Syarat Kualitas (Mutu) Air Limbah

No.	Parameter	Satuan	Batas	
			Minimum	Maksimum
1	Arsen	mg/l	0	0,05
2	Barium	mg/l	0	0,05
3	Besi	mg/l	0	1,0
4	Bor	mg/l	0	1,0
5	Krom (6+)	mg/l	0	0,05
6	Krom (3+)	mg/l	0	0,5
7	Kadmium	mg/l	0	0,01
8	Kobalt	mg/l	0	1,0
9	Mangan	mg/l	0	0,5
10	Nikel	mg/l	0	0,1
11	Perak	mg/l	0	0,05
12	Raksa	mg/l	0	0,005
13	Selesium	mg/l	0	0,01
14	Seng	mg/l	0	1,0

15	Tembaga	mg/l	0	1,0
16	Timbal	mg/l	0	0,05
17	Amonia	mg/l	0,01	0,5
18	Klorida	mg/l	25	600
19	Klor Bebas	mg/l	0	0
20	Flourida	mg/l	0	1,5
21	Kesadahan	⁰ D	5	0
22	Nitrat dan Nitrit	mg/l	0	10
23	Sulfat	mg/l	50	400
24	Sulfida	mg/l	0	0
25	Uranyl	mg/l	0	5
26	Ekstrak Karbon	mg/l	0,01	0,5
	Kloroform			
27	Herbisida	mg/l	0	0,1
28	Minyak dan Lemak	mg/l	0	-
29	Fenol	mg/l	0	0,002
30	Pestisida			
	a. Aldrin	mg/l	0	0,017
	b. Klordane	mg/l	0	0,003
	c. DDT	mg/l	0	0,042
	d. Dieldrin	mg/l	0	0,017
	e. Endriana	mg/l	0	0,001
	f. Heptaklor	mg/l	0	0,018
	g. Heptaklor Eposit	mg/l	0	0,018
	h. Lindane	mg/l	0	0,056
	i. Metoksi Klor	mg/l	0	0,035
	j. Organopospat	mg/l	0	0,1
	k. Karbonat	mg/l	0	0,1
	l. Toxophene	mg/l	0	0,5
31	Sianida	mg/l	0	0,1
32	Gross Beta	mg/l	100	1000
33	Radium 226	mg/l	1	3

34	Strontium -90	mg/l	2	10
----	---------------	------	---	----

(Sumber : NOMOR : 173/Men.Kes/Per/VIII/1977 et. al. Sugiharto, 1977)

Proses pengolahan limbah, terutama limbah cair, dapat diolah menggunakan tiga macam proses yaitu, secara fisika, kimia, dan biologis. Pada pabrik Margarin, digunakan pengolahan limbah secara fisik dan kimia, dengan pertimbangan limbah yang dihasilkan tidak terlalu berbahaya.

- Pengolahan secara Fisika

Tujuan : Memisahkan bahan-bahan yang berukuran besar dan terapung.

Tahapan pengolahannya antara lain :

- a. Penyaringan

Cara yang efisien dan murah untuk menyisahkan bahan tersuspensi yang berukuran besar

- b. Flotasi

Digunakan untuk menyisahkan bahan-bahan yang mengapung (minyak, lemak) agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya

- c. Filtrasi

Menyisahkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya

- d. Adsorpsi

Menyisahkan kemungkinan adanya senyawa aromatik (fenol) dan senyawa organik terlarut lainnya

- Pengolahan secara Kimia

Tujuan : Menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap seperti koloid

Tahapan pengolahannya berupa penambahan koagulan dan flokulan. Pada pengolahan limbah, terdapat kolam ekualisasi, dimana kolam tersebut berfungsi sebagai pengatur laju alir limbah agar pengolahan limbah dapat berjalan dengan baik.

C. Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produksi. Dengan data yang diperoleh dari laboratorium maka proses produksi akan selalu dapat dikendalikan dan kualitas produk dapat dijaga sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Disamping itu juga berperan dalam pengendali pencemaran lingkungan, baik udara maupun limbah cair.

Laboratorium berada di bawah bagian produksi yang mempunyai tugas pokok antara lain :

1. Sebagai pengendali kualitas bahan baku (apakah sudah memenuhi persyaratan yang diijinkan atau tidak) dan pengendali kualitas produk (apakah sudah memenuhi spesifikasi atau belum).
2. Sebagai pengendali terhadap proses produksi dengan melakukan analisa terhadap pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan unit-unit produksi.

3. Sebagai pengendali terhadap mutu air proses, air pendingin, air umpan boiler, *steam*, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Laboratorium melaksanakan tugas selama 24 jam sehari dalam kelompok kerja *shift* dan *non-shift*.

a. Kelompok Non-Shift

Kelompok ini bertugas melakukan analisa khusus, yaitu analisa yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan reagen kimia yang diperlukan oleh laboratorium. Dalam membantu kelancaran kinerja kelompok *shift*, kelompok ini melaksanakan tugasnya di laboratorium utama dengan tugas-tugas antara lain :

- Menyediakan reagen kimia untuk analisa laboratorium.
- Melakukan analisa bahan buangan penyebab polusi.
- Melakukan penelitian/percobaan untuk membantu kelancaran produksi.

b. Kelompok Shift

Kelompok ini melaksanakan tugas pemantauan dan analisa-analisa rutin terhadap proses produksi. Dalam melaksanakan tugasnya, kelompok ini menggunakan sistem bergilir yaitu kerja *shift* selama 24 jam dengan masing-masing *shift* bekerja selama 8 jam.

Dalam pelaksanaan tugasnya, seksi laboratorium dikelompokkan menjadi :

- Laboratorium Fisik
- Laboratorium Analitik
- Laboratorium Penelitian dan Pengembangan
- Laboratorium Analisa Air

C.1. Laboratorium Fisika

Bagian ini mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat-sifat fisis bahan baku dan produk. Pengamatan yang dilakukan antara lain :

- *Spesifik gravity*
- Viskositas kinematik
- Kandungan bahan baku CPO
- Kandungan produk margarin

C.2. Laboratorium Analitik

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku dan produk mengenai sifat-sifat kimianya. Analisa yang dilakukan antara lain :

- Kadar impuritas pada bahan baku
- Kandungan logam berat
- Kandungan metal

C.3. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian, misalnya :

- Diversifikasi produk
- Pemeliharaan lingkungan (pembersihan air buangan).

Disamping mengadakan penelitian rutin, laboratorium ini juga mengadakan penelitian yang sifatnya non-rutin, misalnya saja penelitian terhadap produk di unit tertentu yang tidak biasanya dilakukan penelitian, guna mendapatkan alternatif lain tentang penggunaan bahan baku.

C.4. Laboratorium Analisa Air

Pada laboratorium analisa air ini yang dianalisa antara lain :

1. Bahan baku air
2. Air demineralisasi
3. Air pendingin
4. Air umpan boiler

Parameter yang diuji antara lain warna, pH, kandungan klorin, tingkat kekeruhan, total kesadahan, jumlah padatan, total alkalinitas, kadar minyak, sulfat, silika dan konduktivitas air. Alat- alat yang digunakan dalam laboratorium analisa air adalah :

- a. pH meter, digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman / kebasaan
- b. Spektrometer, untuk menentukan konsentersasi suatu senyawa terlarut dalam air dengan syarat larutan harus berwarna.
- c. *Spectroscopy*, untuk menentukan kadar sulfat.
- d. Peralatan *gravimetric*, untuk mengetahui jumlah kandungan padatan dalam air.
- e. Peralatan titrasi , untuk mengetahui kandungan klorida, kasadahan dan alkalinitas.
- f. *Conductivity meter* , untuk mengetahui konduktivitas suatu zat yang terlarut dalam air.

Air terdeminerisasi yang dihasilkan unit terdemineralizer juga diuji oleh departemen ini. Parameter yang diuji antara lain pH, konduktivitas dan kandungan silikat (SiO_2). Sedangkan parameter air umpan boiler yang dianalisis antara lain kadar hidrazin, amonia dan ion fosfat.

C.5. Alat Analisa

Alat analisa yang digunakan :

- *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*, untuk menganalisa logam berat dan hidrokarbon.
- *Water Content Tester*, untuk menganalisa kadar air dalam produk.
- *Viskometer Bath*, untuk mengukur viskositas produk keluar reaktor.
- *Hydrometer*, untuk mengukur *specific gravity*.

D. Instrumentasi dan Pengendalian Proses

Dalam pengoperasian dan pengendalian alat-alat proses, diperlukan sistem instrumentasi yang dapat mengukur, mengindikasikan, dan mencatat variabel-variabel proses. Variabel proses itu antara lain temperatur, tekanan, laju alir, dan ketinggian. Pengendalian alat-alat proses dipusatkan di ruang kendali, walaupun dapat pula dilakukan langsung di lapangan. Pengendalian terhadap kualitas bahan baku dan produk dilakukan di laboratorium pabrik. Sistem pengendalian di pabrik fenol ini menggunakan *Distributed Control System (DCS)*. Sistem ini mempergunakan komputer mikroprosesor yang membagi aplikasi besar menjadi sub-sub yang lebih kecil. Data yang diperoleh dari elemen-elemen sensor diolah dan disimpan. Pengendalian dilakukan dalam *Programmable Logic Controller* dengan cara mengubah data-data tersebut menjadi sinyal elektrik untuk pembukaan atau penutupan *valve-valve*. Untuk melakukan perhitungan matematis yang rumit dan kompleks dibutuhkan *Supervisor Control System (SCS)*. Beberapa kemampuan yang dimiliki oleh SCS adalah :

1. Kalkulasi termodinamik.

2. Prediksi sifat/komposisi produk dan kontrol.
3. Menyimpan data dalam jangka waktu yang panjang.

Model hierarki pengendalian meliputi empat tingkat kebutuhan informasi dan sistem pengendalian. *Computer Integrated Manufacturing* (CIM) dicapai dengan pengkoordinasian dan penggunaan secara efektif aliran informasi melalui seluruh tingkatan. Keempat tingkatan ini diperlihatkan pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian

Tingkatan	Fungsi
<i>Regulatory and Sequential Control</i>	Memantau, mengendalikan, dan mengatur berbagai aktuator dan perangkat lapangan yang berhubungan langsung dengan proses.
<i>Supervisory Control System</i>	- Mengkoordinasikan kegiatan satu atau lebih DCS - Menyediakan plantwide summary dan <i>plantwide process overview</i> .
Sistem informasi yang dibutuhkan oleh <i>Local Plant Management</i>	Pengaturan operasi hari ke hari, seperti penjadwalan produk, pemantauan operasi, laboratorium jaminan kualitas, akumulasi data produksi – biaya, dan <i>tracking shipment</i> .
<i>Management Information System</i>	Mengkoordinasikan informasi

keuangan, penjualan, dan pengembangan produk pada tingkat perusahaan.

Pengendalian terhadap variabel proses dilakukan dengan dua cara, yaitu sistem pengendali elektronik. Variabel-variabel yang dikendalikan berupa temperatur, tekanan, dan laju alir. Pengendalian variabel utama proses tercantum pada Tabel 6.8.

Tabel 6.8. Pengendalian Variabel Utama Proses

No.	Variabel	Alat Ukur
1.	Temperatur	Termokopel
2.	Tekanan	<i>Pressure gauge</i>
3.	Laju Alir	<i>Orificemeter, venturimeter, vortexcoriolismeter, rotating vanemeter</i>