

## BAB 5

### ASPEK KESELAMATAN, KESEHATAN KERJA, DAN LINGKUNGAN

#### 5.1 Deskripsi Singkat

Proses produksi etil maltol menggunakan bahan baku senyawa organik dan anorganik. Baik senyawa organik yaitu furfural, etanol, grignard, dan dietil eter memiliki potensi mudah terbakar dan menyebabkan iritasi bagi kulit dan mata. Selain memiliki potensi bahaya bagi tubuh, senyawa-senyawa ini juga memiliki dampak buruk bagi lingkungan jika limbah yang mengandung senyawa tersebut di buang ke lingkungan. Selain senyawa organik, bahan anorganik seperti klorin, zinc granule, dan karbon aktif juga memiliki potensi bahaya bagi tubuh dan lingkungan jika tidak ditangani dengan benar dan sesuai prosedur keselamatan yang dianjurkan. Proses yang digunakan pada produksi etil maltol ini menggunakan suhu tertinggi mencapai 80°C dengan pemanasan yang disupply dari boiler utilitas berupa steam. Limbah yang dihasilkan dari proses filtrasi menggunakan filter press dan juga limbah dari absorber mengandung senyawa asam dan senyawa organik, sedangkan hasil samping pembakaran di boiler berupa gas CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, dan NO<sub>x</sub>. Limbah hasil proses produksi utama harus di treatment terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan begitu pula dengan hasil samping berupa gas emisi yang dihasilkan oleh boiler juga harus di treatment sebelum dibuang ke lingkungan.

5.2 Pertimbangan Aspek Keselamatan Pabrik

A. Identifikasi hazard bahan kimia yang ada dalam proses								
Bahan Baku	Hazard						Keterangan	Pengelolaan
	explosive	flammable	toxic	corrosive	irritant	oxidizing		
1. Furfural		√	√		√		Toksistas akut pada paparan oral, penghirupan dan kulit. Iritasi kulit, mata dan saluran pernafasan. Karsinogenisitas	Taati label tindakan pencegahan. Kenakan pakaian pelindung. Jangan menghirup zat/campuran. Hindari terbentuknya uap/aerosol.
2. Etanol		√			√		Cairan dan uap amat mudah menyala. Menyebabkan iritasi mata yang serius.	Taati label tindakan pencegahan. Pertangkapan pelindung. Jauhkan dari nyala terbuka, permukaan panas, dan sumber menyulut. Jangan menghirup uap-uap, aerosol.
3. Reagen Grignard		√	√	√			Sangat mudah terbakar dalam fasa cair dan uap	Gunakan alat pelindung diri dan wajah. Jangan menghirup kabut/uap/semprotan. Gunakan alat anti percikan dan pertangkapan anti ledakan.
4. Dietil eter	√	√	√		√		Toksistas akut, dapat menyebabkan mengantuk	Hindari kontak dengan bahan. Pastikan ventilasi memadai.



1. Zinc	✓	✓	✓	✓	Sangat toksik pada kehidupan perairan dengan efek jangka panjang	Hindari pelepasan ke lingkungan. Gunakan perlengkapan pelindung dan hindari penghisapan debu
2. Karbon aktif	✓	✓	✓	✓	Padatan mudah terbakar. Menyebabkan iritasi mata yang serius. Menyebabkan gangguan pernapasan.	Kenakan peralatan pelindung. Gunakan alat anti api dan alat anti ledakan. Pastikan sistem pengatur udara berfungsi. Pastikan ventilasi yang memadai.
3. Steam				✓		Gunakan kaca mata pengaman dan sarung tangan. Jangan gunakan kapas

**B. Identifikasi hazard kondisi peralatan proses**

Peralatan	Hazard						Keterangan	Pengelolaan
	Tekanan	Suhu	Putaran Tinggi	Elevasi	Komposisi	Kuantitas bahan		
1. Cooler (C-101)		✓					T = 80°C → 40°C	

						<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan yang diumpangkan memiliki sifat yang dapat menyebabkan iritasi dan mudah terbakar.</li> <li>2. Material konstruksi yang digunakan, yaitu <i>stainless steel</i>.</li> <li>3. Cooler dilengkapi dengan <i>temperature controller</i>.</li> <li>4. Cooler menggunakan media pendingin air</li> </ol>
2. Cooler (C-102)	√				<p>T = 105°C → 30°C</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan yang diumpangkan memiliki sifat yang dapat menyebabkan iritasi dan mudah terbakar.</li> <li>2. Material konstruksi yang digunakan, yaitu <i>stainless steel</i>.</li> <li>3. Cooler dilengkapi dengan <i>temperature controller</i>.</li> <li>4. Cooler menggunakan media pendingin air</li> </ol>	
3. Reaktor 1	√	√	√	√	<p>T = 5-80°C</p> <p>Kecepatan pengaduk = 60 rpm</p> <p>Bahan baku yang digunakan, yaitu etanol 75% (cair), furfural (padat), grignard (padat),</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan yang diumpangkan memiliki sifat beracun, iritan dan mudah terbakar.</li> <li>2. Material konstruksi yang digunakan, yaitu <i>stainless steel</i>.</li> </ol>	

						<p>diethyl eter (cair), klorin (cair), etanol 80% (cair).          Menghasilkan produk <math>C_7H_8O_3</math>, gas HCl, ion <math>Mg^{2+}</math>, <math>Br^-</math>, <math>Cl^-</math>. Selain itu, menghasilkan limbah gas klorin dan gas HCl yang selanjutnya diuapkan ke absorber untuk dibuang dalam bentuk cair.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Reaktor dilengkapi dengan <i>temperature controller</i> dan <i>liquid level controller</i>.</li> <li>4. Reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin untuk menjaga suhu reaksi tetap berada pada kondisi operasi yang diinginkan</li> <li>5. Media pendingin pada jaket pendingin yaitu ammonia</li> </ol>
4. Kondenser 1 (CD-101)	√					<p><math>T = 37^{\circ}C \rightarrow 30^{\circ}C</math></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan yang diuapkan memiliki sifat yang dapat menyebabkan iritasi dan mudah terbakar.</li> <li>2. Material konstruksi yang digunakan, yaitu <i>stainless steel</i>.</li> <li>3. Kondenser dilengkapi dengan <i>temperature controller</i>.</li> <li>4. Kondenser menggunakan media pendingin air</li> </ol>
5. Kondenser 2 (CD-102)	√					<p><math>T = 79^{\circ}C \rightarrow 30^{\circ}C</math></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan yang diuapkan memiliki sifat yang dapat menyebabkan iritasi dan mudah terbakar.</li> <li>2. Material konstruksi yang digunakan, yaitu <i>stainless steel</i>.</li> </ol>

								<p>3. Kondenser dilengkapi dengan <i>temperature controller</i>. 4. Kondenser menggunakan media pendingin air</p>
6. Reaktor 2	√			√	√		<p>T = 40°C Pereduksi : zinc granule Campuran bahan yang diumpankan yaitu C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>, Mg<sup>2+</sup>, dan Br<sup>-</sup>. Menghasilkan produk Zn<sup>2+</sup> dan padatan Mg</p>	<p>1. Bahan yang diumpankan memiliki sifat beracun 2. Material konstruksi yang digunakan, yaitu <i>stainless steel</i>. 3. Reaktor dilengkapi dengan <i>temperature controller</i> 4. Reaktor dilengkapi dengan koil pemanas untuk menjaga suhu reaksi tetap berada pada kondisi operasi yang diinginkan 5. Sumber panas pada koil pemanas disuplai oleh <i>steam</i></p>
<b>C. Identifikasi hazard plant layout dan lokasi peroses</b>								
Hazard								
	Ledakan	Kebakaran	Pelepasan bahan berbahaya	operability and maintainibility				Pengelolaan

Tata letak pabrik						
<p>1. Letak tangki penyimpanan bahan dari area proses</p>	√	√	√			<p>1. Tangki penyimpanan bahan baku ditempatkan tidak jauh dari proses loading/unloading</p> <p>2. Setiap tangki penyimpanan bahan diletakkan berjauhan untuk menghindari ledakan atau kebakaran</p> <p>3. Saat persiapan bahan, proses produksi hingga finishing diharuskan menggunakan APD (Alat Pelindung Diri)</p>
<p>2. Reaktor 1</p>	√	√	√	√	<p>T = 5-80°C</p> <p>Kecepatan pengaduk = 60 rpm</p> <p>Bahan baku yang digunakan, yaitu etanol 75% (cair), furfural (padat), grignard (padat), dietil eter (cair), klorin (cair), etanol 80% (cair). Menghasilkan produk C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>, gas HCl, dan ion Mg<sup>2+</sup>, Br<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>. Selain itu,</p>	<p>1. Diletakkan dekat dengan bak penampung air sebagai langkah awal dalam penanganan kebakaran.</p> <p>2. Berdekatan dengan ventilasi beserta pipa dengan penyalur gas buang.</p> <p>3. Reaktor diletakkan berjauhan dengan alat lain untuk menghindari ledakan atau kebakaran.</p>



						menghasilkan limbah gas klorin dan gas HCl yang selanjutnya diumpankan ke absorber untuk dibuang dalam bentuk cair.	
						T = 40°C Pereduksi : zinc granule Campuran bahan yang diumpankan yaitu C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> , Mg <sup>2+</sup> , dan Br <sup>-</sup> . Menghasilkan produk Zn <sup>2+</sup> dan padatan Mg	
3. Reaktor 2	√	√	√	√	√		1. Diletakkan dekat dengan bak penampung air sebagai langkah awal dalam penanganan kebakaran. 2. Berdekatan dengan ventilasi beserta pipa dengan penyalur gas buang. 3. Reaktor diletakkan berjauhan dengan alat lain untuk menghindari ledakan atau kebakaran.
<b>Lokasi proses</b>							
1. Jarak antara area proses dengan gedung kantor	√	√	√	√	√		Letak area proses dengan gedung kantor sejauh 20 meter. Untuk menghindari bahaya yang mungkin disebabkan saat proses produksi berlangsung.
2. Jarak antara area proses dengan jalan raya	√	√	√	√	√		Letak area proses dengan jalan raya tidak terlalu jauh untuk mempermudah proses loading/unloading

3. Jarak antara area proses dengan pemukiman penduduk	√	√	√		Letak area proses dengan pemukiman penduduk cukup jauh, agar tidak mengganggu aktivitas warga. Selain itu, mencegah potensi bahaya yang mungkin muncul saat proses produksi berlangsung.
4. Keterbatasan kondisi geografis area pabrik terkait dengan: gempa, petir, banjir, bencana alam lainnya.		√	√		Konstruksi: menggunakan pondasi dan penyangga yang mampu meminimalisir alat ambruk saat gempa bumi. Diberikan jarak antar alat 1,5 kali ukuran alat yang bertekanan dan bersuhu tinggi

### 5.3 Pertimbangan Aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja

A. Identifikasi potensi paparan bahan kimia								
Jenis Paparan		Hazard					Keterangan	Pengelolaan
		Kerusakan paru-paru	Kerusakan Ginjal	Kerusakan organ tubuh lainnya	Mutasi Gen	Iritasi		
Kanker								



4. Dietil eter	√	√	√	√	√	Berfungsi sebagai pelarut untuk bahan baku dalam proses produksi. Proses pemindahan bahan menuju tangki penyimpanan mungkin dapat membahayakan operator.	Operator harus menggunakan Alat Pelindung Diri (APD), karena bahan berbentuk cairan yang jika terhirup dapat mengganggu pernapasan, mengelola bahan di tempat berventilasi serta mencuci tangan setelah mengelola bahan.
5. Klorin	√	√	√	√	√	Berfungsi sebagai bahan baku dalam proses produksi. Proses pemindahan bahan menuju tangki penyimpanan mungkin dapat membahayakan operator.	Operator harus menggunakan Alat Pelindung Diri (APD), karena bahan berbentuk cairan yang jika terhirup dapat mengganggu pernapasan, mengelola bahan di tempat berventilasi serta mencuci tangan setelah mengelola bahan.
6. Zinc	√					Berfungsi sebagai reduktor dalam proses reduksi. Proses pemindahan bahan menuju tangki penyimpanan mungkin dapat membahayakan operator.	Operator harus menggunakan Alat Pelindung Diri (APD), karena bahan berbentuk granule yang dapat beresiko meledak jika bereaksi dengan senyawa lain, mengelola bahan di tempat tertutup serta mencuci tangan setelah mengelola bahan.
7. Karbon aktif	√					Berfungsi sebagai adsorben dalam proses purifikasi. Proses pemindahan bahan menuju tangki penyimpanan mungkin dapat membahayakan operator.	Operator harus menggunakan Alat Pelindung Diri (APD), karena bahan berbentuk bubuk yang dapat terbakar dan meledak jika bereaksi dengan oksidator, mengelola bahan di tempat



Emisi	Sumber	Toksik	Pemanasan Global	Pembentukan SMOG	Pengikisan Ozon	Hujan Asam	Kerusakan Ekologi		
1. CO <sub>2</sub>	Boiler	√	√		√				Gas buang arahkan ke area berventilasi baik. Jauhkan dari senyawa pengoksidasi.
2. SO <sub>2</sub>	Boiler	√				√	√		Gas buang arahkan ke area berventilasi baik. Jauhkan dari senyawa asam.
3. CO	Boiler	√	√		√				Gas buang arahkan ke area berventilasi baik. Jauhkan dari senyawa pengoksidasi.
4. NO <sub>x</sub>	Boiler	√	√	√					Gas buang arahkan ke area berventilasi baik. Jauhkan dari penyimpanan senyawa yang mudah terbakar.

B. Identifikasi hazard limbah cair yang ada dalam proses		
	Hazard	Keterangan
		Pengelolaan

Limbah Cair	Sumber	Meracuni manusia	Meracuni biota air	Mencemari Sumber Air	Mendegradasi kualitas air	Merusak ekologi		
1. Asam Chlorida	Unit Demineralisasi	√	√	√	√	√		Pengolahan limbah cair dilakukan dengan cara presipitasi atau menggunakan metode lumpur aktif
2. NaOH	Unit Demineralisasi	√	√	√	√	√		Pengolahan limbah cair dilakukan dengan cara presipitasi atau menggunakan metode lumpur aktif
3. Larutan asam	Absorber	√	√	√	√	√	Mengandung HCl, ion $H_3O^+$ , ion $Cl^-$ , HOCl, dan air	Kondisikan dalam wadah tertutup. Campurkan dengan limbah sejenis yang juga bersifat asam dalam wadah/tangki yang sama. Jangan membuang limbah ke lingkungan.
4. Filtrat	Filter Press 2	√	√	√	√	√	Mengandung air, etanol, $Mg^{2+}$ , $Br^-$ , $Cl^-$ , $Zn^{2+}$	Kondisikan dalam wadah tertutup. Kelola di daerah yang kering dan bersih dan jangan membuang limbah ke lingkungan.

**C. Identifikasi hazard limbah padat yang ada dalam proses**

	Hazard	Keterangan	Pengelolaan

Limbah Padat	Sumber	Toksik bagi manusia	Merusak ekologi	Mencemari Sumber Air	Radioaktif	Toksik bagi hewan air
			✓	✓		✓
1. Limbah padat	Filter Karbon Aktif		✓	✓		✓
2. <i>Cake</i>	Filter Press 1		✓	✓		✓
3. Resin Penukar Ion	Unit Demineralisasi		✓	✓		✓

Jangan campurkan dengan limbah lain.  
 Tinggalkan limbah dalam wadahnya sendiri.  
 Limbah padat yang bersifat non-organik bisa dipilah-pilah kembali untuk di daur ulang jika memungkinkan.  
 Campurkan dengan limbah padat dari Filter Karbon Aktif  
 Pengolahan dilakukan dengan menggunakan metode *landfill* atau insenerasi