

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lobak ⁽³⁾

2.1.1. Komposisi Lobak

Lobak memiliki kandungan gizi yang tidak kalah pentingnya dengan wortel, sayuran ini banyak mengandung vitamin, mineral dan kandungan gizi lainnya. Data selengkapnya mengenai kandungan gizi lobak tertera pada tabel berikut.

Tabel 2.1 : Komposisi zat gizi lobak per 100 g bahan.

No	Bahan Penyusun	Kandungan Gizi
1.	Kalori (kal)	19,00
2.	Protein (g)	0,90
3.	Lemak (g)	0,10
4.	Karbohidrat (g)	4,20
5.	Kalsium (g)	35,00
6.	Fosfor (g)	26,00
7.	Besi (g)	0,60
8.	Vitamin A (SI)	10,00
9.	Vitamin B1 (mg)	0,03
10.	Vitamin C (mg)	32,00
11.	Air (g)	94,10
12.	Bagian yang dapat dimakan (%)	87,00

Sumber : Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI 1979

2.1.2. Klasifikasi Lobak

Dilihat dari hubungan kekerabatannya, tanaman lobak ternyata masih sekerabat (satu famili) dengan kubis, turnip, kohlrabi, brokoli, kare dan blumkol.

Klasifikasi lobak selengkapnya adalah sebagai berikut :

Divisi	: Spermatopyta
Klas	: Angiospermae
Subklas	: Dycotyledoneae
Ordo	: Papaverales
Famili	: Cruiferae (Brassicaceae)
Genus	: Raphanus
Spesies	: Raphanus Sativus

2.2. Enzim⁽⁴⁾

2.2.1. Pengertian

Enzim adalah protein yang banyak terdapat dalam sel hidup dan mempunyai fungsi sebagai katalisator dalam reaksi biokimia (biokatalisator). Kata enzyme/enzim berasal dari istilah Yunani yang arti harfiahnya “ didalam sel “. Di samping kata enzim, dikenal pula istilah ferment yang berarti ragi atau cairan ragi. Kebanyakan enzim terdapat dalam organ hidup terutama di dalam sel.

2.2.2. Klasifikasi Enzim

Pada tahun 1956, The International Union Of Biochemistry membentuk suatu panitia untuk menyusun konsep dan mengusulkan klasifikasi enzim. Prinsip penamaan tersebut berdasarkan tipe reaksi yang dikatalis oleh enzim, dan dapat dibagi menjadi enam kelompok utama yaitu :

1. Oksidoreduktase
2. Transferase
3. Hidrolase
4. Liase
5. Isomerase
6. Ligase

2.2.3. Komponen enzim

Enzim tersusun atas dua komponen, yaitu : Protein (apo-enzim) mempunyai sifat tidak tahan panas (heat labile) dan non protein (kofaktor) mempunyai sifat tahan panas. Kedua komponen bergabung erat satu sama lain, gabungan apo-enzim dan kofaktor disebut haloenzim, jika keduanya terpisah maka masing - masing tak dapat bekerja sendiri - sendiri, jadi kedua komponen harus merupakan satu kesatuan.

Kofaktor dibagi dalam tiga bagian :

1. Gugus prostetik

Adalah senyawa organik yang terikat kuat pada apo-enzim (merupakan bagian Protein).

2. Ko-enzim

Adalah senyawa organik yang berasosiasi dengan apo-enzim bersifat sementara (tidak permanen). Ko-enzim yang sama dapat menjadi kofaktor pada enzim yang berbeda.

3. Ion logam

Pada umumnya digolongkan pada senyawa pengaktif, yang kehadirannya dapat lebih mempercepat suatu reaksi enzimatik dan tidak dikelompokkan dalam kofaktor, misalnya besi, tembaga atau magnesium.

2.2.4. Mekanisme Kerja Enzim

Enzim adalah suatu protein, merupakan molekul besar, sedangkan substrat (senyawa yang dikatalis oleh enzim) mempunyai molekul yang relatif kecil. Peroksidase mempunyai BM 44.000 sedang substratnya H_2O_2 mempunyai BM 34. Suatu enzim dapat bekerja terhadap substrat, harus ada hubungan/kontak antara enzim dengan substrat.

2.3. Enzim Dan Lingkungannya⁽⁴⁾

2.3.1. Pengaruh Suhu Tinggi

Pada umumnya semakin tinggi suhu, semakin naik kecepatan reaksi kimia, baik yang dikatalis maupun yang tidak dikatalis oleh enzim. Tetapi perlu diingat bahwa enzim adalah protein, jadi semakin tinggi suhu proses inaktivasi enzim juga semakin meningkat. Keduanya mempengaruhi laju reaksi secara keseluruhan. Pengaruh suhu terhadap enzim ternyata agak kompleks, misalnya suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat pemecahan atau kerusakan enzim. Sebaliknya, semakin tinggi suhu (dalam batas tertentu) semakin aktif enzim tersebut. Bila suhu masih naik terus, laju kerusakan enzim akan melampaui reaksi katalis enzim.

2.3.2. Daya Tahan Enzim Terhadap Panas

Perbedaan sumber atau asal enzim menyebabkan perbedaan daya tahan panas. Pada suhu rendah, yaitu pada suhu pembekuan, enzim masih aktif. Pada umumnya, enzim-enzim bekerja sangat lambat pada suhu dibawah titik beku dan keaktifannya meningkat sampai 45°C. Hampir semua enzim mempunyai aktifitas optimal pada suhu 30°C sampai 40°C dan denaturasi terjadi pada suhu 45°C. Contoh lain adalah dalam proses *Blanching* buah - buahan atau sayur - sayuran dengan menggunakan air panas atau uap air panas dengan maksud untuk menginaktivkan berbagai enzim misalnya lipase, katalase,

peroksidase dan asam askorbat oksidase. Proses tersebut bisa dihentikan bila enzim yang tahan panas, yaitu peroksidase sudah tidak aktif lagi.

2.3.3. Pengaruh Suhu Pembekuan

Beberapa enzim dapat terdenaturasi pada suhu pembekuan, tetapi sebagian enzim masih tahan dalam pembekuan. Dan banyak enzim menunjukkan aktifitas yang nyata pada bahan setengah beku, yaitu yang sebagian telah beku dan sebagian belum membeku.

Selama proses pembekuan, pada bagian yang belum membeku masih terdapat air. Disinilah terjadi pengumpulan dan pengentalan larutan - larutan, sehingga konsentrasi elektrolit meningkat, pH berubah, sehingga mengakibatkan terjadinya berbagai pengaruh buruk terhadap bahan makanan beku. Pada umumnya peningkatan konsentrasi larutan dalam air yang belum membeku dapat meningkatkan atau menurunkan keaktifan enzim. Di dalam sistem beku, terjadi larutan dengan viskositas tinggi dan dapat menghalangi difusi enzim dan substrat akibatnya dapat membatasi aktifitas enzim.

2.3.4. Pengaruh pH.

Pada umumnya enzim bersifat amfolitik, yang berarti enzim mempunyai konstanta disosiasi pada gugus asam maupun pada gugus basanya, terutama pada gugus residu terminal karboksil dan gugus terminal aminonya. Diperkirakan perubahan keaktifan enzim akibat perubahan pH lingkungan disebabkan

terjadinya perubahan ionisasi enzim, substrat, atau kompleks enzim substrat. Enzim menunjukkan aktifitas maksimum pada suatu kisaran pH yang disebut pH optimum, yang umumnya antara pH 4,5 - 8,0.

Suatu enzim tertentu mempunyai kisaran pH optimum yang sangat sempit. Disekitar pH optimum enzim mempunyai stabilitas yang tinggi. Perlu diketahui pada enzim yang sama sering pH optimumnya berbeda tergantung asal enzim tersebut.

2.3.5. Pengaruh Kadar Air

Kadar air dari bahan sangat dipengaruhi laju reaksi enzimatik. Pada kadar air yang rendah terjadi halangan dan rintangan sehingga baik difusi enzim atau substrat terhambat. Akibatnya hidrolisis hanya terjadi pada bagian substrat yang langsung berhubungan dengan enzim.

2.3.6. Pengaruh Garam

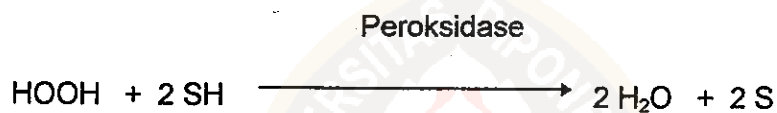
Kadar elektrolit yang tinggi umumnya mempengaruhi kelarutan protein. Karena itu larutan garam sering digunakan untuk melarutkan beberapa jenis protein. Peristiwa tersebut sering disebut dengan istilah *salting in*. Sebaliknya beberapa jenis larutan garam lain dapat digunakan untuk membuat protein atau enzim tidak larut. Proses ini disebut dengan istilah *salting out*, yang dimanfaatkan untuk mengisolasi enzim.

Garam amonium sulfat sering digunakan untuk fraksinasi dan isolasi enzim, karena sifat kelarutannya dalam air tinggi dan tidak mengganggu bentuk dan fungsi enzim.

2.4. Peroksidase⁽⁵⁾

2.4.1. Sifat Fisika - Kimia

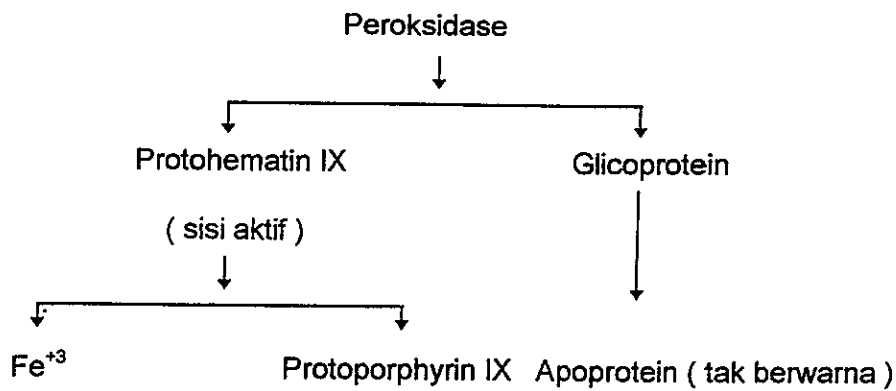
Peroksidase adalah tipe heteroprotein dan mentransfer hidrogen dari hidrogen donor (H - donor) atau SH ke H₂O₂.



Sifat fisika - kimia terlihat di bawah ini :

- a. Massa (BM) : 44.000 Dalton
- b. Komposisi molekul : - Polipeptida (308 asam amino, BM = 33.890 Dalton).
 - Protohematin IX dan Kalsium (BM=700 Dalton).
 - Karbohidrat (BM = 9.535 Dalton).
 - Disulfid

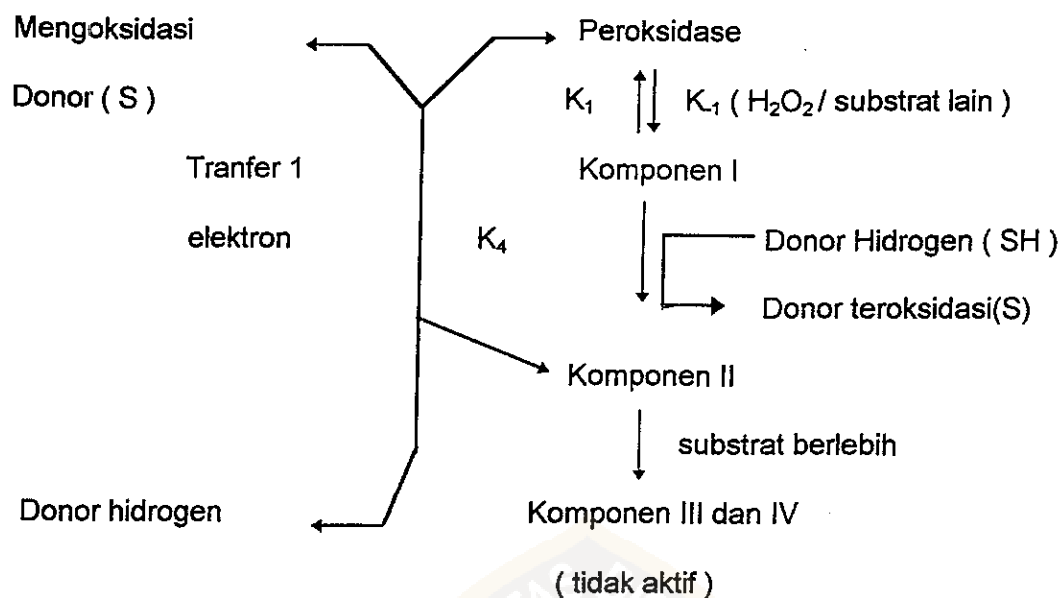
Komponen peroksidase dapat dituliskan sebagai berikut :



2.4.2. Isolasi Peroksidase

Menurut Shannon et.al (1966), Peroksidase dapat langsung diisolasi dari umbi lobak. Umbi dipotong menjadi kecil - kecil berbentuk kubus, dihomogenkan dengan volume 100 mL 0,1 M K_2HPO_4 dalam blender. Setelah homogen disaring dengan kertas saring. Amonium sulfat ditambahkan secara bertingkat (0 - 5 %, 5 - 10 %, dan seterusnya, kemudian disentrifuga dengan kecepatan 3.400 rpm sehingga terbentuk endapan. Endapan yang terbentuk dilarutan dengan minimal 0,05 M Tris-HCl buffer pH 7 dan didialisis sekali dengan buffer yang sama selama 12 jam. Kemudian disentrifuga lagi sehingga didapatkan kemurnian yang tinggi. Peroksidase dimurnikan lagi dengan filtrat gel dalam sephadex G-100.

2.4.3. Sifat Katalitik Peroksidase



Keterangan :

Peroksidase bergabung dengan H_2O_2 (substrat) menjadi bentuk komponen I dan direduksi dalam dua tahap berturut - turut oleh H-donor menjadi bentuk aslinya. Donor yang teroksidasi (S) terbentuk. Penambahan H_2O_2 berlebih enzim menjadi inaktif (komponen III dan IV). Energi aktivasi untuk K_1 adalah 9 KJ/mol.

2.4.4. Penentuan Aktifitas Enzim Dengan Spektrofotometri

Pada umumnya konsentrasi enzim cukup rendah, pengukuran berdasarkan pada absorbansi (A) atau fluoresensi (F)

Dari hukum Lambert - Beer :

$$A (F) = a.b.c$$

Dimana a adalah koefisien ekstensi produk ($\text{cm}^2/\mu\text{mol}$), b adalah tebal media dan c adalah konsentrasi produk ($\mu\text{mol/mL}$), dinyatakan :

$$c = \frac{A}{a \cdot b} \quad (\mu\text{mol/mL})$$

Aktifitas diuji dalam campuran, kemudian :

$$\frac{c}{t} = \frac{A}{t} \times \frac{1}{a \cdot b} \quad (\mu\text{mol/mL} \cdot \text{min})$$

Dimana volume sampel adalah v dan V adalah volume total, sehingga :

$$\frac{c}{t} = \frac{A}{t} \times \frac{1}{a \cdot b} \times \frac{V}{v} \quad (\mu\text{mol/mL} \cdot \text{min} \text{ atau Unit/mL})$$

Dan 1 unit aktifitas enzim didefinisikan sebagai transfer $1\mu\text{mol}$ substrat per menit. Aktifitas dapat juga dinyatakan sebagai (BM = berat molekul substrat).

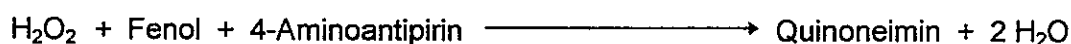
$$\frac{c}{t} = \frac{A}{t} \times \frac{1}{a \cdot b} \times \frac{V \cdot \text{BM}}{v} \quad (\mu\text{g/mL} \cdot \text{min})$$

Sedang aktifitas spesifik enzim yaitu unit aktifitas per kadar protein enzim (C_e = kadar protein enzim dalam mg/mL), sehingga :

$$\frac{c}{t} = \frac{A}{t} \times \frac{1}{a \cdot b \cdot C_e} \times \frac{V}{v} \quad (\text{Unit/mg})$$

Dalam reaksi berantai, H_2O_2 akan bereaksi dengan cepat dengan fenol dan 4-aminoantipirin (elektron donor) dengan adanya peroksidase akan menghasilkan quinoneimin, dimana intensitas warna dengan absorbansi maksimum pada 510 nm.

peroksidase



Jumlah peroksidase akan dipengaruhi jumlah quinoneimin yang terbentuk, ada hubungan langsung dan linier kuantitas peroksidase yang ada dalam larutan dengan intensitas warna yang terbentuk. Intensitas warna atau absorbansi yang diukur dengan spektrofotometri.

$$\text{Unit/mL} = U = \frac{A}{t} \times \frac{1}{\epsilon b} \times \frac{V}{v}$$

dimana :

- ϵ = Koefisien ekstensi/absorbansi (6,58 cm²/μmol)
- b = Tebal kuvet (1 cm)
- V = Volume total (5 mL)
- v = Volume sampel (0,1 mL)
- t = Waktu reaksi (5 menit)
- U = Unit aktifitas

Temperatur konstan water bath 60°C, buffer yang digunakan adalah phospat 0,1 M pH 6.

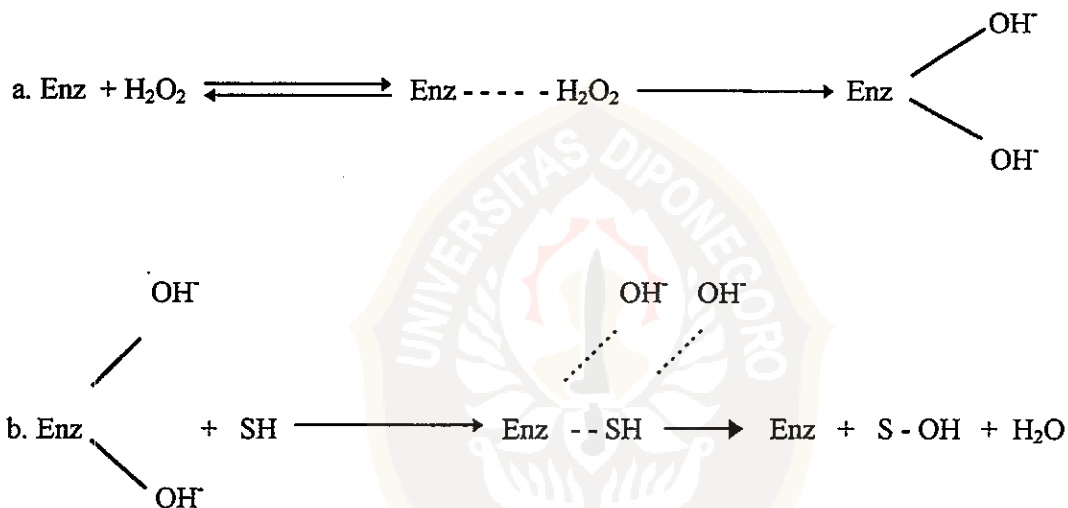
2.4.5. Mekanisme Reaksi Peroksidase

Peroksidase menggunakan hidrogen peroksida sebagai oksidator. Peroksidase yang dihasilkan tumbuhan mempunyai protoporpyrin IX sebagai gugus prostetik. Peroksidase pada binatang, serupa dengan tumbuhan, tetapi hanya sedikit yang sudah diketahui. Sejenis peroksidase (peroksidase dari *streptococcus faecalis*) mempunyai gugus prostetik yang berdasar flavin, bukan

porfirin besi. Peroksidase yang paling banyak dikenal adalah peroksidase dari Horseradish/lobak (*Nasturtium armoracia*).

Peroksidase membentuk suatu kompleks dengan hidrogen peroksida, yang kemudian pecah menjadi dua radikal hidroksi. setelah itu terjadi pengambilan dua hidrogen dari substrat oleh radikal hidroksi. Karena pengambilan dua atom hidrogen terjadi berturutan, maka akan terjadi radikal intermediet, yang kemudian dapat meluruh secara spontan.

Mekanismenya reaksinya adalah :



2.5. Limbah Industri⁽⁶⁾

2.5.1. Pengertian

Limbah merupakan materi/komponen hasil samping suatu aktifitas makhluk hidup yang jika dibuang ke lingkungan akan menaikkan tingkat pencemaran lingkungan. Pada dasarnya limbah dapat terbagi menjadi tiga jenis,

limbah padat, cair, dan gas. Dalam hal ini, pembicaraan akan dibatasi dalam ruang lingkup limbah cair.

Limbah cair dapat didefinisikan sebagai suatu cairan yang dikeluarkan dari perumahan, perkantoran dan industrial dengan air tanah, air permukaan dan air bah. Jika limbah cair ini dibiarkan terakumulasi, maka materi organik yang ada akan terdekomposisi menghasilkan banyak sekali gas-gas yang berbau tak sedap. Selain itu biasanya limbah cair mengandung mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit bagi manusia. Untuk limbah tertentu dapat mengandung beberapa nutrisi yang dibutuhkan untuk tumbuh tanaman, tetapi biasanya juga terkandung senyawa-senyawa beracun. Limbah cair ini, jika langsung dibuang ke lingkungan akan berbahaya bagi makhluk hidup yang tinggal di sekitarnya. Oleh sebab itu, pengolahan limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan, supaya kandungan komponen pencemar berada di bawah ambang batas, bukan lagi merupakan suatu keinginan saja tetapi sudah merupakan suatu keharusan. Pemerintah telah menuangkan dalam bentuk peraturan perundangan. Sehingga apabila ada yang membuang limbah dan mengakibatkan lingkungan sekitarnya tercemar dapat dituntut secara hukum.

2.5.2. Sumber Limbah Cair

Limbah cair merupakan air yang dihasilkan suatu komunitas setelah digunakan oleh berbagai penggunaan. Sumber penghasil limbah cair dapat dibagi menjadi empat bagian, limbah cair yang berasal dari domestik, industrial, infiltrasi dan banjir.

a. Limbah cair industri.

Jumlah limbah cair yang dihasilkan dari industri sangat bervariasi tergantung dari tipe dan fasilitas yang digunakan oleh industri tersebut, jumlah air yang digunakan dan metode pengolahan limbah cair.

Fenol sebagai salah satu limbah cair diperoleh dari berbagai industri antara lain :

1. Industri pemintalan tekstil.
2. Industri kimia dasar.
3. Industri pelapisan plastik dan karet.
4. Industri MIGAS (pada proses pemurnian minyak).
5. Industri Baja (pada proses rolling dan finishing)

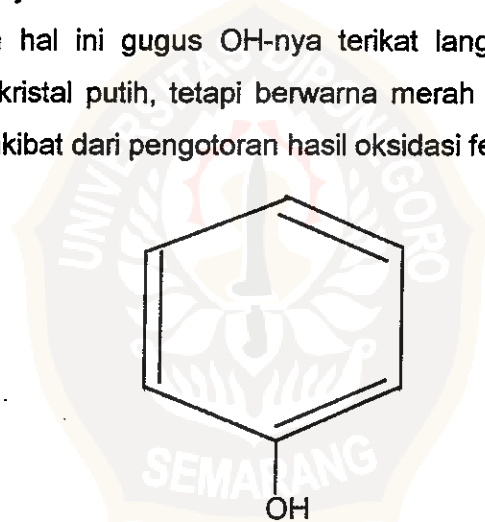
Dalam industri MIGAS, senyawa fenolik ini terbawa ke permukaan yang kemudian akan berada dalam air limbah setelah mengalami proses pemisahan dari minyak buminya. Keberadaan fenol dalam air limbah, sering pula bersumber pada pemakaian bahan kimia tertentu, terutama pada proses pemurnian minyak mentah (refining petroleum). Minyak mentah terdiri dari berbagai macam zat anorganik yang sangat kotor sehingga akan merugikan operasi pada unit pengolahan, contohnya antara lain : garam klorida yang akan bereaksi dengan air akan menyebabkan korosi/perkaratan terutama garam magnesium klorida, asam hidroklorid, pasir, kemudian unsur - unsur yang ada dalam permukaan. Hal ini menjadi masalah selama proses destilasi, garam - garam sulfida dan bikarbonat yang menyebabkan pengotoran/penyumbatan pada alat penukar panas, maka semua itu perlu dihilangkan/dimurnikan sebelum masuk ke proses destilasi dengan proses desalting.

b. Proses Desalting

Pada proses desalting secara kimia, mula - mula minyak mentah ditambahkan air kira - kira 6 - 15 % kemudian dipanaskan pada 200 - 300°C di bawah tekanan uap, kemudian campuran diemulsikan dengan bahan aditif kimia, pengemulsian dihentikan setelah terpisah antara fasa air dan fasa minyak, kemudian fasa air keluar dari sistem secara teratur.

2.6. Fenol⁽⁷⁾

Fenol adalah senyawa alkohol aromatis berbau khas dengan rumus molekul C_6H_5OH , dalam hal ini gugus OH-nya terikat langsung pada cincin bensen. Fenol berupa kristal putih, tetapi berwarna merah muda atau merah bila tidak murni sebagai akibat dari pengotoran hasil oksidasi fenol oleh udara.



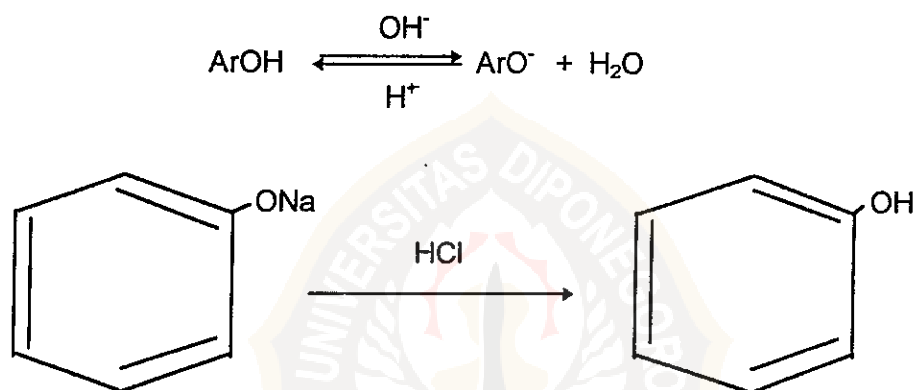
Struktur Fenol

Sifat - sifat fisika fenol antara lain :

1. Berat molekul 94,11 (g/mol)
2. Titik didih 182°C
3. Titik leleh 43°C
4. Berat jenis 1,072 gr/mL dan Higroskopis

Fenol larut dalam air (9 g/100 g H₂O), alkohol dan pelarut - pelarut non polar seperti benzena dan eter. Turunan fenol adalah o-kresol, katekol, resorsinol, hidrokuinon, 2,4-dikloro fenol, asam salisilat, dan lain - lain.

Fenol merupakan asam lemah (pKa = 9,98) yang larut dalam larutan NaOH, tetapi tidak larut dalam larutan NaHCO₃. Garam - garam fenol disebut fenolat atau fenoksida sebagai contoh C₆H₅ONa disebut natrium fenolat atau natrium fenoksida. Garam fenolat akan dibebaskan kembali menjadi fenol, bila diasamkan dengan asam mineral (HCl).



Fenol sering terdapat di bawah pohon yang daunnya berjatuhan, di dalam air tanah umumnya fenol terdapat pada daerah yang mengandung minyak.

2.6.1. Penggunaan Fenol Dalam Industri

Fenol merupakan senyawa organik yang banyak digunakan dalam industri kimia organik seperti dalam berbagai produk resin, nilon, antioksidan, bahan tambahan pada minyak, poliuretan, obat - obatan, pestisida, bahan peledak, zat warna, bahan tambahan pada bensin, desinfektan dan antiseptik.

2.6.2. Efek Racun Fenol Terhadap Perubahan Kimia Darah

Fenol berbahaya bagi kesehatan manusia, terutama cairan dan larutannya sangat korosif terhadap kulit dan diabsorpsi langsung oleh membran mukosa. Adanya kontak antara fenol dengan jaringan tubuh, akan menyebabkan luka bakar atau kematian jaringan bila tidak dibersihkan. Bila terkena mata menyebabkan mata terbakar. Selain itu fenol dapat menyebabkan keracunan pada manusia. Keracunan fenol dapat dilihat dari gejala - gejalanya yang antara lain : pusing, muntah, sukar bernafas, menurunnya suhu tubuh dan diare.

Bila fenol terkena kulit, dapat segera dihilangkan dengan mencucinya dengan air hangat dan sabun. Bila terkena mata, cuci dengan air sebanyak - banyaknya selama 15 menit.

2.6.3. Fenol Sebagai Pencemar

Fenol merupakan salah satu senyawa organik yang dapat mencemari air. Pada konsentrasi $\pm 0,002$ ppm menyebabkan perubahan rasa dan warna air. Bersifat racun bagi makhluk hidup dalam air seperti mikroba sampai ikan sehingga mengganggu kesetimbangan air.

Fenol tidak segera terbiodegradasi dan beracun bagi kebanyakan tipe organisme pada konsentrasi rendah dan tinggi.

Limbah fenol berasal dari berbagai industri antara lain industri kertas dan pulp, industri tekstil, industri pengolahan minyak, industri kimia organik dan sintetik. Pada industri - industri tertentu fenol dipakai sebagai bahan baku atau bahan aditif.

Konsentrasi fenol dalam air limbah bervariasi dari konsentrasi rendah sampai tinggi. Konsentrasi fenol yang diperbolehkan ada dalam air berbeda - beda tergantung dari jenis pemakaian air.

