

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Kentang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) adalah tanaman dari suku Solanaceae yang memiliki umbi batang yang dapat dimakan dan disebut "kentang" pula. Umbi kentang sekarang telah menjadi salah satu makanan pokok penting di Eropa. (Toni Pratama, 2013)



(Sumber : www.google.com)

Gambar 1. Tanaman Kentang

Kentang termasuk tanaman yang dapat tumbuh di daerah tropika dan subtropika (Ewing dan Keller, 1982), Tanaman kentang toleran terhadap pH pada selang yang cukup luas, yaitu 4,5 sampai 8,0, tetapi untuk pertumbuhan yang baik dan ketersediaan unsur hara, pH yang baik adalah 5,0 sampai 6,5. Menurut Asandhi dan Gunadi (1989), tanaman kentang yang ditanam pada pH kurang dari 5,0 akan menghasilkan umbi yang bermutu jelek.



(Sumber : www.google.com)

Gambar 2. Buah Kentang

Varietas kentang dapat digolongkan dalam tiga golongan berdasarkan warna umbinya.

1. Kentang kuning, umbi kentang ini berkulit dan berdaging kuning. Contoh kentang ini di antaranya adalah *eigenheimer*, *patrones*, *rapan*, dan *thung*.
2. Kentang putih, kulit dan daging umbi kentang ini berwarna putih. Contoh kentang ini antara lain *Donata* dan *Radosa*.
3. Kentang merah, kulit dan umbinya berwarna kemerah-merahan. Salah satu contohnya adalah *Desiree* (Setiadi, 2009)

2.1.1. Komposisi Kandungan Kentang

Dalam hal gizi, kentang terkenal karena kandungan karbohidrat nya (sekitar 26 gram dalam kentang medium). Bentuk dominan dari karbohidrat ini adalah pati. Sebagian kecil tapi signifikan pati ini adalah tahan terhadap pencernaan oleh enzim dalam lambung dan usus kecil, sehingga mencapai usus besar dasarnya utuh.

Tabel 1. Nilai Kandungan Kentang

Keterangan	Nilai
Energi	321 kJ (77 kcal)
Karbohidrat	19 g
Pati	15 g
Diet serat	2.2 g
Lemak	0,1 g
Protein	2 g
Air	75 g
Kalsium	11 mg
Niacin	1,40 mg
Besi	0,70 mg
Fosfor	56,00 mg

(Sumber: Dra. Emma S. Wirakusumah, 2001)

2.1.2 Kulit Kentang

Ketika mengelolah kentang tidak banyak orang mengikut sertakan bagian kulitnya kebanyakan menganggap kulit kentang adalah suatu bagian yang tidak berguna yang harus dibuang. Padahal kulit kentang tersebut masih menyimpan banyak nutrisi dan mengandung banyak serat dan juga karbohidrat. Kentang, serta kulit, merupakan sumber vitamin C, vitamin B6, tembaga, kalium, mangan, dan serat. Kentang dan kulit kentang mengandung 18% dari konsumsi harian yang direkomendasikan dari zat besi dan 7,5 gram protein yang jarang ditemukan dalam sayuran dalam konsentrasi tinggi seperti itu.



(sumber : www.google.com)

Gambar 3. Kulit Kentang

Limbah yang dimaksud adalah limbah pengolahan umbi kentang yang terdiri dari kulit kentang dan sisa-sisa irisan kentang yang tidak layak diproses termasuk kentang rusak. Limbah kentang tergolong bahan yang mudah dicerna. Limbah ini bersifat organik karena mudah diuraikan (Akhadiarto, 2009)

a. Karbohidrat

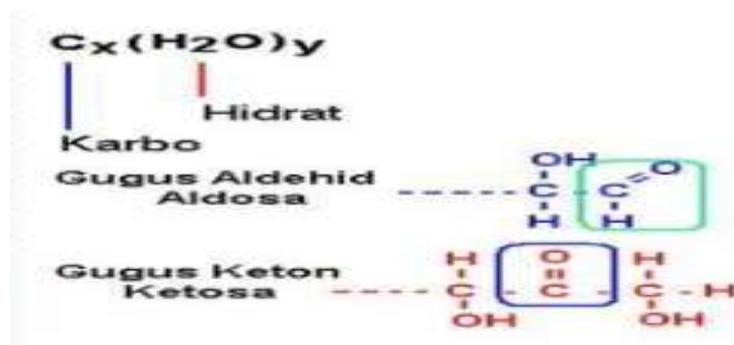
Karbohidrat ('hidrat dari karbon', hidrat arang) atau sakarida adalah golongan besar senyawa organik yang paling melimpah di bumi. Karbohidrat memiliki berbagai fungsi dalam tubuh makhluk hidup, terutama sebagai bahan bakar (misalnya glukosa), cadangan makanan (misalnya pati pada tumbuhan dan glikogen pada hewan), dan materi pembangun (misalnya selulosa pada tumbuhan,

kitin pada hewan dan jamur). Pada proses fotosintesis, tumbuhan hijau mengubah karbon dioksida menjadi karbohidrat.

Secara biokimia, karbohidrat adalah polihidroksil-aldehida atau polihidroksil-ke-ton, atau senyawa yang menghasilkan senyawa-senyawa ini bila dihidrolisis. Karbohidrat mengandung gugus fungsi karbonil (sebagai aldehida atau ke-ton) dan banyak gugus hidroksil. Pada awalnya, istilah karbohidrat digunakan untuk golongan senyawa yang mempunyai rumus $(CH_2O)_n$, yaitu senyawa-senyawa yang n atom karbonnya tampak terhidrasi oleh n molekul air. Namun demikian, terdapat pula karbohidrat yang tidak memiliki rumus demikian dan ada pula yang mengandung nitrogen, fosforus, atau sulfur.

Bentuk molekul karbohidrat paling sederhana terdiri dari satu molekul gula sederhana yang disebut monosakarida, misalnya glukosa, galaktosa, dan fruktosa. Banyak karbohidrat merupakan polimer yang tersusun dari molekul gula yang terangkai menjadi rantai yang panjang serta dapat pula bercabang-cabang, disebut polisakarida, misalnya pati, kitin, dan selulosa. Selain monosakarida dan polisakarida, terdapat pula disakarida (rangkai-an dua monosakarida) dan oligosakarida (rangkai-an beberapa monosakarida).

Karbohidrat adalah kelompok besar senyawa yang umumnya disebut gula, pati, dan selulosa (yang semuanya adalah gula atau polimer gula). Umumnya gula merupakan sumber penyimpanan energi. Dengan memecah gula turun menjadi karbon dioksida dan air, organisme hidup dapat melepaskan energi yang terkunci di dalamnya digunakan untuk kebutuhan energi (Sastrohamidjojo, H, 2005).



(Sumber: www.blogspot.com)
Gambar 4. Susunan Karbohidrat

Karbohidrat terdiri dari tiga golongan (Halomoan, 2004) :

1. Monosakarida

- a) Rumus umumnya: $C_n(H_2O)_m$
- b) Dengan hidrolisa tidak dapat diuraikan lagi menjadi karbohidrat yang lebih sederhana.
- c) Umumnya praktis terdiri dari 5 atau 6 atom karbon, sebagai pentosa dan heksosa.
- d) Tidak berwarna, bentuk kristal, manis.
- e) Contoh: ribosa, glukosa, fruktosa, galaktosa, manosa, dsb.

2. Oligosakarida

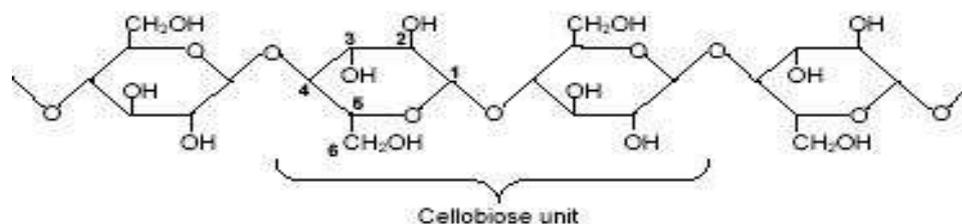
- a) Oligosakarida adalah karbohidrat yang mengandung dua sampai sepuluh molekul sederhana, yang digabungkan dengan ikatan glikosida.
- b) Oligosakarida yang banyak terdapat dalam bahan pangan adalah dari golongan disakarida, yaitu sukrosa, maltosa dan laktosa.
- c) Sukrosa terdiri dari satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa, maltosa terdiri dari dua molekul glukosa sedangkan laktosa terdiri dari satu molekul glukosa dan satu molekul galaktosa (disebut juga gula susu karena terdapat dalam air susu).
- d) Ketiga macam disakarida ini harus terlebih dahulu dihidrolisis menjadi monosakarida sebelum digunakan oleh tubuh sebagai sumber energi.

3. Polisakarida

- a) Polisakarida adalah karbohidrat yang mempunyai molekul yang lebih kompleks, yang terdiri dari molekul-molekul monosakarida yang kadang-kadang jumlahnya mencapai ribuan buah.
- b) Berdasarkan kegunaannya bagi tubuh, polisakarida dibagi menjadi dua macam, yaitu:
 1. Yang dapat dicerna oleh enzim-enzim pencernaan, misalnya pati, dektrin dan glikogen.
 2. Yang tidak dapat dicerna misalnya selulosa, hemiselulosa, gum dan pektin.

Selulosa merupakan polimer glukosa dengan rantai linier yang terdiri dari

satuan glukosa anhidrida yang saling berikatan melalui atom karbon pertama dan keempat. Ikatan yang terbentuk disebut dengan ikatan β -1,4 glikosidik. Struktur linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin, tidak mudah larut dan tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Rumus bangun selulosa disajikan pada Gambar 4.



(Sumber: www.google.com)

Gambar 5. Struktur selulosa

Selulosa bersama-sama dengan hemiselulosa, pektin dan protein berfungsi untuk membentuk struktur jaringan dinding sel tanaman (Holtzaple 1993). Selulosa dapat berasosiasi dengan lignin sehingga sering disebut lignoselulosa. Selulosa, hemiselulosa dan lignin merupakan komponen utama penyusun tanaman yang dihasilkan melalui proses fotosintesis. Komponen-komponen ini dapat diuraikan menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana oleh aktifitas mikroorganisme dan dipergunakan sebagai sumber energi (Enari, 1983).

2.1.3. Manfaat Tanaman Kentang

Melihat kandungan gizinya, kentang merupakan sumber utama karbohidrat. Kentang menjadi makanan pokok di banyak negara barat. Zat-zat gizi yang terkandung dalam 100 gram bahan adalah kalori 347 kal, protein 0,3 gram, lemak 0,1 gram, karbohidrat 85,6 gram, kalsium (Ca) 20 gram, fosfor (P) 30 mg, besi (Fe) 0,5 mg dan vitamin B 0,04 mg. Selain itu manfaat kentang bagi kita diantaranya (syekhfanismd, 2013)

- a. Penambah berat badan
- b. Memperlancar pencernaan
- c. Perawatan kulit dan kesehatan otak

2.2 Limbah

Limbah adalah bahan sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi, baik pada skala rumah tangga, industri, pertambangan, dan sebagainya.

a. Limbah Organik

Limbah organik adalah limbah yang dapat diuraikan secara sempurna oleh proses biologi baik aerob atau anaerob.

Limbah organik mudah membusuk, seperti sisa makanan, sayuran, daun-daunan kering, potongan-potongan kayu, dan sebagainya. Limbah organik terdiri atas bahan-bahan yang bersifat organik seperti dari kegiatan rumah tangga maupun kegiatan industri.

Sampah pasar khusus seperti pasar sayur mayur, pasar buah, atau pasar ikan, jenisnya relatif seragam, sebagian besar (95%) berupa sampah organik sehingga lebih mudah ditangani. Sampah yang berasal dari pemukiman umumnya sangat beragam, tetapi secara umum minimal 75% terdiri dari sampah organik dan sisanya anorganik.

Limbah organik dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Limbah organik basah

Limbah ini memiliki kandungan air yang cukup tinggi. Contohnya kulit buah dan sisa sayuran.

2. Limbah organik kering

Limbah ini memiliki kandungan air yang relative sedikit. Contohnya kayu, ranting pohon, dedaunan kering, dan lain lain.

b. Limbah Anorganik

Limbah anorganik adalah limbah yang tidak bisa diuraikan oleh proses biologi. Limbah ini tidak dapat diuraikan atau dapat diuraikan tetapi dalam jangka waktu yang lama. Limbah ini tidak dapat membusuk, oleh karena itu dapat dijadikan sampah komersil atau sampah yang laku dijual untuk dijadikan produk lainnya.

Limbah anorganik yang dapat di daur ulang, antara lain adalah plastik, logam, dan kaca. Namun, limbah yang dapat didaur ulang tersebut harus diolah

terlebih dahulu dengan cara *sanitary landfill*, pembakaran (*incineration*), atau penghancuran (*pulverisation*). Adapula limbah anorganik yang berasal dari kegiatan rumah tangga seperti botol plastik, botol kaca, tas plastik, kaleng dan aluminium.(Sariadi, 2010)

2.3 Pelarut

Pelarut adalah benda cair atau gas yang melarutkan benda padat, cair atau gas, yang menghasilkan sebuah larutan. Pelarut paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah air. Pelarut lain yang juga umum digunakan adalah bahan kimia organik (mengandung karbon) biasanya disebut pelarut organik. Pelarut biasanya memiliki titik didih rendah dan lebih mudah menguap, meninggalkan substansi terlarut yang didaptakan. Untuk membedakan antara pelarut dengan zat yang dilarutkan, pelarut biasanya terdapat dalam jumlah yang lebih besar (Andi Kiantoro, 2011).

Pelarut adalah zat yang dapat melarutkan zat tertentu yang dapat terlarut. Pelarut digolongkan berdasarkan jenisnya:

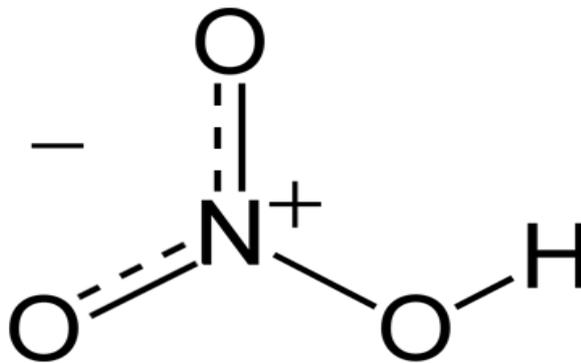
1. Pelarut Anorganik
 - a. asam-asam mineral. HCl , H_2SO_4 , HNO_3
 - b. garam. con/garam natrium karbonat anhidrat, campuran natrium karbonat dengan kalium nitrat atau natrium peroksida, kalium atau natrium piro-sulfat, litium metaborat, dll.
2. Pelarut Organik adalah bahan kimia yang berbentuk cair pada suhu kamar, berfungsi sebagai pelarut bahan kimia lainnya
 - a. asam-asam organik, con/senyawa karbohidrat, fenol, dsb
 - b. Basa Organik, con/senyawa amina (amina primer, amina sekunder, dsb)

Pereaksi yang digunakan di laboratorium:

- a. Pereaksi analisis (p.a =proanalisis),
- b. Pereaksi Teknis

2.3.1 Asam Nitrat (HNO₃)

Senyawa kimia asam nitrat (HNO₃) adalah sejenis cairan korosif yang tak berwarna, dan merupakan asam beracun yang dapat menyebabkan luka bakar. Larutan asam nitrat dengan kandungan asam nitrat lebih dari 86% disebut sebagai asam nitrat berasap, dan dapat dibagi menjadi dua jenis asam, yaitu asam nitrat berasap putih dan asam nitrat berasap merah.



(sumber : www.wikipedia.com)

Gambar 6. Rumus Molekul Asam Nitrat

Asam nitrat merupakan larutan asam kuat yang mempunyai nilai pKa sebesar -2. Di dalam air, asam ini terdisosiasi menjadi ion-ionnya, yaitu ion nitrat NO₃⁻ dan ion hidronium (H₃O⁺). Garam dari asam nitrat disebut sebagai garam nitrat (contohnya seperti kalsium nitrat atau barium nitrat). Dalam temperatur ruangan, asam nitrat berbentuk uap berwarna merah atau kuning.

Sifat Fisika Asam Nitrat:

- a. Wujud zat : cairan, jernih - kuning
- b. Bau : tajam
- c. Titik leleh : - 42°C
- d. Titik didih : 86°C
- e. pH (20⁰C) : <1
- f. Densitas (20⁰C) : 1,51 g/cm³
- g. Densitas uap relatif : 2, 04
- h. BM : 63,0129 g/mol

- i. Tekanan Uap (20⁰C) : 56 hPa
- j. Suhu penyalaaan : tidak tersedia
- k. Titik nyala : tidak tersedia
- l. Kelarutan dalam air (20⁰C) : dapat larut (pembentukan panas)

Asam nitrat murni (100%) merupakan cairan tak berwarna dengan berat jenis 1.522 kg/m³. Ia membeku pada suhu -42 °C, membentuk kristal-kristal putih, dan mendidih pada 83 °C. Ketika mendidih pada suhu kamar, terdapat dekomposisi (penguraian) sebagian dengan pembentukan nitrogen dioksida sesudah reaksi:



yang berarti bahwa asam nitrat anhidrat sebaiknya disimpan di bawah 0 °C untuk menghindari penguraian. Nitrogen dioksida (NO₂) tetap larut dalam asam nitrat yang membuatnya berwarna kuning, atau merah pada suhu yang lebih tinggi. Manakala asam murni cenderung mengeluarkan asap putih ketika terpapar ke udara, asam dengan nitrogen dioksida terlarut mengeluarkan uap berwarna coklat kemerah-merahan, yang membuatnya dijuluki "asam berasap merah" atau "asam nitrat berasap". Asam nitrat berasap juga dirujuk sebagai asam nitrat 16 molar (bentuk paling pekat asam nitrat pada temperatur dan tekanan standar).

Sebagaimana asam pada umumnya, asam nitrat bereaksi dengan alkali, oksida basa, dan karbonat untuk membentuk garam, seperti amonium nitrat, karena memiliki sifat mengoksidasi, asam nitrat pada umumnya tidak menyumbangkan protonnya (yakni, ia tidak membebaskan hidrogen) pada reaksi dengan logam dan garam yang dihasilkan biasanya berada dalam keadaan teroksidasi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, perkaratan (korosi) tingkat berat bisa terjadi. Perkaratan bisa dicegah dengan penggunaan logam ataupun aloi anti karat yang tepat.

Asam nitrat memiliki tetapan disosiasi asam (pK_a) 1,4 dalam larutan akuatik, asam nitrat hampir sepenuhnya (93% pada 0.1 mol/L) terionisasi menjadi ion nitrat NO₃ dan proton terhidrasi yang dikenal sebagai ion hidronium, H₃O⁺.



(Sumber: Andi Kiantoro, 2011)

2.3.2 Sifat-sifat Oksidasi Asam Nitrat

a. Reaksi dengan logam

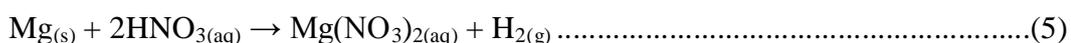
Sebagai sebuah oksidator yang kuat, asam nitrat bereaksi dengan hebat dengan sebagian besar bahan-bahan organik dan reaksinya dapat bersifat eksplosif. Produk akhirnya bisa bervariasi tergantung pada konsentrasi asam, suhu, serta reduktor. Reaksi dapat terjadi dengan semua logam kecuali deret logam mulia dan aloi tertentu. Karakteristik ini membuat asam nitrat menjadi agen yang umumnya digunakan dalam uji asam. Sebagai kaidah yang umum, reaksi oksidasi utamanya terjadi dengan asam pekat, memfavoritkan pembentukan nitrogen dioksida (NO₂).



Sifat-sifat asam cenderung mendominasi pada asam nitrat encer, diikuti dengan pembentukan nitrogen oksida (NO) yang lebih diutamakan.



Karena asam nitrat merupakan oksidator, hidrogen (H₂) jarang terbentuk. Hanya magnesium (Mg), mangan (Mn), dan kalsium (Ca) yang bereaksi dengan asam nitrat dingin dan encer yang dapat menghasilkan hidrogen:



b. Pemasifan

Kendati kromium (Cr), besi (Fe), dan aluminium (Al) akan terlarut dalam asam nitrat yang encer, asam pekat akan membentuk sebuah lapisan logam oksida yang melindungi logam dari oksidasi lebih lanjut. Hal ini disebut dengan pemasifan. Konsentrasi pemasifan yang umum berkisar dari 18% sampai 22% berat.

c. Reaksi dengan non-logam

Ketika asam nitrat bereaksi dengan berbagai unsur non-logam, terkecuali silikon serta halogen, biasanya ia akan mengoksidasi non-logam tersebut ke

keadaan oksidasi tertinggi dengan asam nitrat menjadi nitrogen dioksida untuk asam pekat dan nitrogen monoksida untuk asam encer.



ataupun



(Desi Andiani, 2009)

2.3.3 Asam Oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)

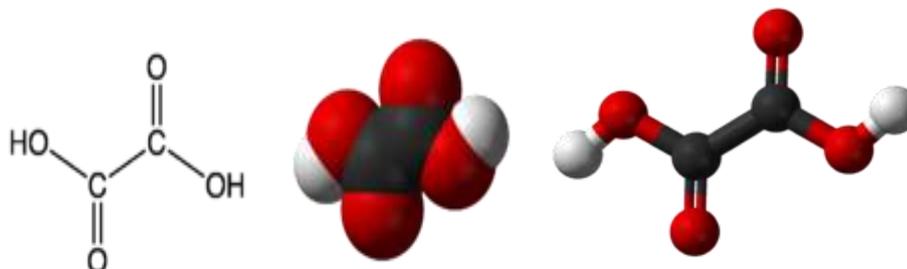
Asam oksalat ada 2 macam yaitu asam oksalat anhidrat dan asam oksalat dihidrat, Asam oksalat anhidrat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) yang mempunyai berat molekul 90,04 gr/mol dan mempunyai *melting point* 187 °C. Sifat dari asam oksalat anhidrat adalah tidak berbau, berwarna putih, dan tidak menyerap air. Asam oksalat dihidrat merupakan jenis asam oksalat yang dijual di pasaran yang mempunyai rumus bangun ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), dengan berat molekul 126,07 gr/mol dan *melting point* 101,5 °C dan mengandung 71,42 % asam oksalat anhidrat dan 28,58 % air, bersifat tidak bau dan dapat kehilangan molekul air bila dipanaskan sampai suhu 100 °C (Desi Andiani 2009).

Asam oksalat disintesa pertama kali pada tahun 1776 oleh Schleeete dengan oksidasi gula dengan asam nitrat. Sintesa secara komersil asam oksalat dilakukan dengan empat macam teknologi diantaranya peleburan alkali dari selulosa, oksidasi asam nitrat terhadap karbohidrat seperti glukosa, zat tepung atau selulosa dengan katalis Vanadium Pentaoksida, fermentasi larutan gula dengan jamur dan sintesa dari Sodium Format.

Asam oksalat terdistribusi secara luas dalam bentuk garam pottasium dan kalsium yang terdapat pada daun, akar dan rhizoma dari berbagai macam tanaman. Asam oksalat juga terdapat pada air kencing manusia dan hewan dalam bentuk garam kalsium yang merupakan senyawa terbesar dalam ginjal. Kelarutan asam oksalat dalam etanol pada suhu 15,6 °C dan etil eter pada suhu 25 °C adalah 23,7 g/100 g solvent dan 1,5 g/100 g solvent. Makanan yang banyak mengandung asam oksalat adalah coklat, kopi, strawbery, kacang dan bayam.

(Sumber: Kirk R.E, Othmer D.F, 1945)

Rumus bangun asam oksalat dapat dilihat pada gambar 7.



(sumber: www.google.com)

Gambar 7. Rumus bangun asam oksalat

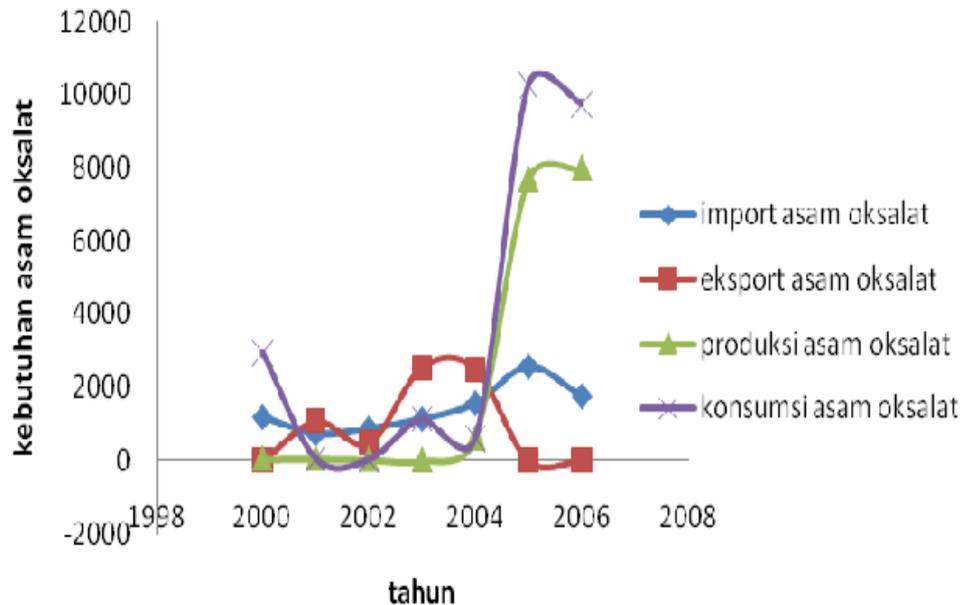
Sumber mutu asam oksalat di Indonesia tercantum dalam Standar Nasional Indonesia SNI 06-0941-1989. Asam oksalat digunakan sebagai bahan *reagensia* di laboratorium, pada industri kulit dalam proses penyamakan, sebagai bahan pembersih radiator motor, *bleaching agent*, untuk industri lilin, industri tekstil, industri lainnya digunakan untuk membuat seluloid, rayon, bahan warna, tinta, bahan kimia dalam fotografi, pemurnian gliserol, dibidang obat-obatan dapat dipakai sebagai haemostatik dan septik luar (Rumintang, 2008).

Kebutuhan asam oksalat di Indonesia setiap tahun selalu meningkat. Saat ini Indonesia masih mengimpor asam oksalat dari luar negeri untuk memenuhi sebagian kebutuhan asam oksalat dalam negeri.

Asam oksalat adalah asam dikarboksilat yang hanya terdiri dari dua atom C pada masing-masing molekul, sehingga dua gugus karboksilat berada berdampingan. Letak gugus karboksilat yang berdekatan mengakibatkan asam oksalat mempunyai konstanta disosiasi yang lebih besar daripada asam-asam organik lain. Besarnya konstanta disosiasi ($K_1 = 6,24 \cdot 10^{-2}$ dan $K_2 = 6,1 \cdot 10^{-5}$). Keadaan yang demikian dapat dikatakan asam oksalat lebih kuat daripada senyawa homolognya dengan rantai atom karbon lebih panjang. Namun demikian dalam medium asam kuat ($\text{pH} < 2$) proporsi asam oksalat yang terionisasi menurun.

Kebutuhan asam oksalat di Indonesia setiap tahun selalu meningkat. Saat ini Indonesia masih mengimpor asam oksalat dari luar negeri untuk memenuhi sebagian kebutuhan asam oksalat dalam negeri. Berikut ini adalah Grafik kebutuhan impor,

expor, produksi dan konsumsi asam oksalat selama periode tahun 2000 – 2006 berdasarkan data dari BPS.



(Sumber: BPS, Balai Pusat Statistik)

Gambar 8. grafik. Perbandingan kebutuhan import, ekspor, produksi dan konsumsi asam oksalat

Dari Grafik 1 dapat diketahui import asam oksalat di Indonesia semakin tinggi setiap tahunnya. Hal ini disebabkan karena penggunaan asam oksalat dalam kebutuhan industri dalam negeri sangat besar dan beraneka ragam, misalnya dalam industri tekstil, asam oksalat digunakan untuk mewarnai wool, menetralkan kelebihan alkali pada pencucian dan sebagai pemucat warna. Pada industri logam, asam oksalat dipakai sebagai bahan pelapis yang melindungi logam dari korosif dan pembersih untuk radiator otomotif, metal dan peralatan, sedangkan dalam pabrik polimer, asam oksalat dipakai sebagai inisiator. Import asam oksalat yang sangat tinggi juga disebabkan karena produksi asam oksalat yang sangat rendah dan tidak dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga Indonesia banyak mengimport asam oksalat dari beberapa negara misalnya Amerika Serikat, Jepang, Hongkong, Taiwan, China, Australia dan Itali, sedangkan pada tahun 2006 import asam oksalat tidak terlalu tinggi dibanding tahun-tahun sebelumnya karena di beberapa daerah di Indonesia telah berdiri beberapa industri kecil untuk memproduksi asam oksalat dalam jumlah yang tidak terlalu besar, sehingga hasil produksinya hanya digunakan di dalam negeri dan tidak mengekspornya, karena hasil produksinya belum cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Kapasitas produksi merupakan jumlah produk yang dihasilkan dalam waktu satu tahun. Berikut

tabel kebutuhan asam oksalat:

Tabel 2. Data Impor Asam Oksalat di Indonesia

Tahun	Kebutuhan Asam Oksalat (ton/tahun)
2000	1191,647
2001	740,026
2002	880,329
2003	1140,093
2004	1573,582
2005	2578,510
2006	1770,963
2007	1655,439
Pekembangan Rata-rata	1441,323

(Sumber: Data BPS, Balai Pusat Statistik)

2.3.4 Sifat-sifat umum Asam Oksalat

(Desi Andini, 2009) Asam oksalat dalam keadaan murni berupa senyawa kristal, larut dalam air (8% pada 10°C) dan larut dalam alkohol. Asam oksalat membentuk garam netral dengan logam alkali (NaK), yang larut dalam air (5-25%), sementara itu dengan logam dari alkali tanah, termasuk Mg atau dengan logam berat, mempunyai kelarutan yang sangat kecil dalam air. Jadi kalsium oksalat secara praktis tidak larut dalam air. Berdasarkan sifat tersebut asam oksalat digunakan untuk menentukan jumlah kalsium. Asam oksalat ini terionisasi dalam media asam kuat. Mudah untuk dioksidasi oleh KMnO_4 dalam suasana pada temperatur 60-70°C. Dapat membentuk kristal dengan mengikat dua molekul air dan bila dipanaskan sedikit diatas 100°C airnya menguap

Tabel 3. Sifat-sifat Asam Oksalat Dihidrat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Keterangan	Unit	Nilai
Rumus Molekul	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
Berat Molekul	gr/mol	126,07
Density	gr/ml	1,653
Titik Leleh	°C	101-102
Solubility		
Air	20°C	10 gr/100ml
	100°C	120 gr/100ml
Alkohol	15°C	24 gr/100ml
Densitas	Gr/cm ³	1,653

(Sumber: Wilasita, dkk, 2009)

2.4. Proses Pembuatan Asam Oksalat

(Desi Andiani, 2009) Pengolahan bahan buangan hasil perkebunan menjadi asam oksalat ada beberapa macam cara, antara lain proses peleburan dengan basa kuat dan proses oksidasi dengan asam nitrat.

a. Proses Peleburan dengan Basa Kuat

Proses peleburan dengan basa kuat menggunakan larutan soda api, kalsium hidroksida atau campuran antara soda api dan kalsium hidroksida. Bahan-bahan yang diolah dengan proses ini adalah zat-zat yang mengandung selulosa. Suhu peleburan yaitu 240°C dan 285°C. Pada pemasakan akan terbentuk garam oksalat dan karbonat. Pemisahan kedua garam ini dapat dilakukan dengan jalan menambahkan kalsium hidroksida dan kalsium klorida, maka akan terbentuk endapan kalsium oksalat, sesuai dengan reaksi :



Selanjutnya endapan yang diperoleh dilarutkan dengan asam sulfat sehingga didapat endapan kalsium sulfat dengan larutan asam oksalat, berdasarkan reaksi berikut ini



b. Oksidasi karbohidrat dengan HNO₃

Oksidasi adalah jenis reaksi kimia yang melibatkan pengikatan oksigen, pelepasan hydrogen, atau pelepasan elektron.

Cara ini ditemukan oleh Scheele pada tahun 1776. Karbohidrat yang dapat digunakan pada proses ini antara lain: gula, glukosa, fruktosa, maizena, pati gandum, pati kentang, tapioka, molasses, dan lain-lain. Oksidasi karbohidrat dengan asam nitrat pekat menghasilkan asam oksalat dengan kemurnian yang cukup tinggi.

Di Indonesia banyak dijumpai tanaman yang menghasilkan pati. Tanaman-tanaman itu seperti padi, jagung, ketela pohon, umbi-umbian, aren, dan

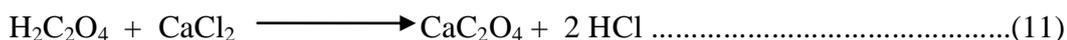
sebagainya. Pada penelitian ini tanaman yang digunakan adalah umbi-umbian yaitu kulit kentang.

Proses oksidasi bahan buangan dari pabrik pengolahan hasil perkebunan dengan asam nitrat dipelajari Bailey dengan temperatur berkisar antara 70°C-75°C. Proses oksidasi dari glukosa yang terkandung di dalam bahan buangan tersebut dengan asam nitrat akan menghasilkan asam oksalat H₂O dan gas NO.

Sesuai dengan reaksi berikut ini



Adanya ion oksalat, dapat ditunjukkan dengan reaksi sebagai berikut :



Hasil reaksi tersebut akan menghasilkan endapan berwarna putih yang menunjukkan adanya Ca-oksalat . Selanjutnya endapan yang diperoleh dilarutkan

(Desi Andiani 2009) Pada proses oksidasi dengan asam nitrat ini variabel yang berpengaruh adalah konsentrasi dari asam nitrat dan waktu pemanasan. Semakin tinggi konsentrasi asam nitrat maka semakin besar % yield asam oksalat yang dihasilkan. Dari penelitian sebelumnya konsentrasi asam nitrat yang optimum adlah pada konsentrasi 60%, sedangkan waktu pemanasan pada proses oksidasi semakin lama waktu pemanasan maka % yield akan semakin tinggi, akan tetapi jika waktu pemanasan terlalu lama % yield juga akan terus menurun. Waktu pemanasan yang optimum adalah 90 menit sedangkan pada waktu 120 menit % yield akan kembali menurun.

Variabel-variabel yang berpengaruh (Dieto, 2010)

a. Katalisator

Hampir semua reaksi memerlukan katalisator untuk mempercepat jalannya reaksi. Katalisator yang dipakai dapat berupa enzim atau asam sebagai katalisator, karena kerjanya lebih cepat., Asam sulfat sampai asam nitrat.

b. Suhu dan tekanan

Pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius. makin tinggi suhu, makin cepat jalannya reaksi.

c. Pencampuran (pengadukan)

Supaya zat pereaksi dapat saling bertumbukan dengan sebaik-baiknya, maka perlu adanya pencampuran. Untuk proses batch, hal ini dapat dicapai dengan bantuan pengaduk atau alat pengocok (Agra dkk, 1973). Apabila prosesnya berupa proses alir (kontinyu), maka pencampuran dilakukan dengan cara mengatur aliran di dalam reaktor supaya berbentuk olakan.

2.5 Kegunaan Asam Oksalat

Asam oksalat merupakan salah satu bahan baku yang dibutuhkan pada industri, yang mempunyai kegunaan lain sebagai berikut:

1. *Metal Treatment*

Asam oksalat digunakan pada industri logam untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada permukaan logam yang akan di cat. Hal ini dilakukan karena kotoran tersebut dapat menimbulkan korosi pada permukaan logam setelah proses pengecatan selesai dilakukan.

2. *Oxalate Coatings*

Pelapisan oksalat telah digunakan secara umum, karena asam oksalat dapat digunakan untuk melapisi logam *stainless steel*, *nickel alloy*, kromium dan titanium.

3. *Anodizing*

Proses pengembangan asam oksalat dikembangkan di Jepang dan dikenal lebih jauh di Jerman. Pelapisan asam oksalat menghasilkan tebal lebih dari 60 μm dapat diperoleh tanpa menggunakan teknik khusus. Pelapisannya bersifat keras, abrasi dan tahan terhadap korosi dan cukup atraktif warnanya sehingga tidak diperlukan pewarnaan. Tetapi bagaimanapun juga proses asam oksalat lebih mahal apabila dengan dibandingkan dengan proses asam sulfat.

4. *Metal Cleaning*

Asam oksalat adalah senyawa pembersih yang digunakan untuk *automotive radiator, boiler*, dan kontaminan radioaktif untuk plant reaktor pada proses pembakaran. Dalam membersihkan logam besi dan non besi asam oksalat menghasilkan kontrol pH sebagai indikator yang baik. Banyak industri yang mengaplikasikan cara ini berdasarkan sifatnya dan keasamannya.

5. *Textiles*

Asam oksalat banyak digunakan untuk membersihkan tenun dan zat warna. Dalam pencucian, asam oksalat digunakan sebagai zat asam, kunci penetralan alkali dan melarutkan besi pada pewarnaan tenun pada suhu pencucian, selain itu juga asam oksalat juga digunakan untuk membunuh bakteri yang ada didalam kain.

6. *Dyeing*

Asam oksalat dan garamnya juga digunakan untuk pewarnaan wool. Asam oksalat sebagai agen pengatur mordan kromium florida. Mordan yang terdiri dari 4% kromium florida dan 2% berat asam oksalat. Wool di didihkan dalam waktu 1 jam. Kromic oksida pada wool diangkat dari pewarnaan. Ammonium oksalat juga digunakan sebagai pencetakan Vigoreus pada wool, dan juga terdiri dari mordan (zat kimia) pewarna (Kirk R.E, Othmer D.F, 1945).

2.6 Bahan Makanan yang Mengandung Asam Oksalat

Asam oksalat dapat ditemukan dalam bentuk bebas ataupun dalam bentuk garam. Bentuk yang lebih banyak ditemukan adalah bentuk garam. Kedua bentuk asam oksalat tersebut terdapat baik dalam bahan nabati maupun hewani. Jumlah asam oksalat dalam tanaman lebih besar daripada hewan. Diantara tanaman yang digunakan untuk nutrisi manusia dan hewan, atau tanaman yang ditemukan dalam makanan hewan; yang paling banyak mengandung oksalat adalah spesies *Spinacia, Beta, Atriplex, Rheum, Rumex, Portulaca, Tetragonia, Amarantus, Musa parasisiaca*. Daun teh, daun kelembak dan kakao juga mengandung oksalat cukup banyak. Demikian juga beberapa *spesies mushrooms* dan jamur (*Aspergillus niger, Baletus sulfurous, Mucor, Sclerotinia* dan sebagainya.)

menghasilkan asam oksalat dalam jumlah banyak (lebih dari 4-5 gram untuk setiap 100 gram berat kering), baik dalam bentuk penanaman terisolasi dan dalam bahan makanan atau makanan ternak dimana jamur tersebut tumbuh.

Distribusi asam oksalat pada bagian-bagian tanaman tidak merata. Bagian daun umumnya lebih banyak mengandung asam oksalat dibandingkan dengan tangkai, sedangkan dalam *Poligonaceae*, kandungan asam oksalat pada petiole hampir dua kali lebih besar daripada tangkai. Umumnya daun muda mengandung asam oksalat lebih sedikit dibandingkan dengan daun tua. Misalnya pada daun *Chenopodiaceae*, proporsi asam oksalat dapat bertambah dua kali lipat selama proses penuaan (Andi Kiantoro, 2011)

Bahan makanan yang mengandung oksalat dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu :

- a. Produk-produk dimana miliequivalen asam oksalat yang terkandung jumlahnya 2-7 kali lebih besar daripada kalsium, seperti bayam, orach, daun beet dan akar beet, sorrel, sorrel kebun, kelembak dan bubuk kakao. Bahan makanan ini tidak hanya menyebabkan kalsium yang terkandung di dalamnya tak dapat dimanfaatkan tetapi dengan besarnya asam oksalat yang terkandung dapat mengendapkan kalsium yang ditambahkan dari produk-produk lain, atau jika tidak ada kalsium yang ditambahkan, dapat berpengaruh toksis.
- b. Pada produk-produk seperti kentang, amaranth, gooseberries, dan currants, asam oksalat dan kalsium terdapat dalam jumlah yang hampir setara ($1 \pm 0,2$), dengan demikian diantara keduanya saling menetralkan/menghapuskan, oleh karena itu tidak memberikan kalsium yang tersedia bagi tubuh. Tetapi mereka tidak mengganggu penggunaan kalsium yang diberikan oleh produk lain dan oleh karena itu tidak menimbulkan pengaruh anti mineralisasi seperti pada produk kelompok pertama.
- c. Bahan makanan yang meskipun mengandung asam oksalat dalam jumlah yang cukup banyak, tapi karena pada bahan tersebut kaya akan kalsium, maka bahan

makanan tersebut merupakan sumber kalsium. Yang termasuk dalam kelompok ini adalah selada, *dandelion*, *cress*, kobis, bunga kol (terutama brokoli), kacang hijau, dan terutama *green peas*, *koherabbi*, *block raddish*, *green turnip*, dan dalam jumlah sedikit pada semua sayuran dan buah-buahan (Andi Kiantoro, 2011)

2.7 Pengaruh Asam Oksalat terhadap tubuh manusia

Asam oksalat bersama-sama dengan kalsium dalam tubuh manusia membentuk senyawa yang tak larut dan tak dapat diserap tubuh, hal ini tak hanya mencegah penggunaan kalsium yang juga terdapat dalam produk-produk yang mengandung oksalat, tetapi menurunkan CDU dari kalsium yang diberikan oleh bahan pangan lain. Hal tersebut menekan mineralisasi kerangka dan mengurangi penambahan berat badan.

Asam oksalat dan garamnya yang larut air dapat membahayakan, karena senyawa tersebut bersifat toksis. Pada dosis 4-5 gram asam oksalat atau kalium oksalat dapat menyebabkan kematian pada orang dewasa, tetapi biasanya jumlah yang menyebabkan pengaruh fatal adalah antara 10 dan 15 gram. Gejala pada pencernaan (*pyrosis*, *abdominal kram*, dan muntah-muntah) dengan cepat diikuti kegagalan peredaran darah dan pecahnya pembuluh darah inilah yang dapat menyebabkan kematian. (Desi Andiani, 2009)

Kadar asam oksalat dalam tubuh harus dikurangi karena pengaruh distropik oleh oksalat tergantung pada ratio molar antara asam oksalat dan kalsium, hal itu dapat dicegah melalui cara, yaitu:

1. Menghilangkan oksalat dengan membatasi konsumsi bahan makanan yang banyak mengandung oksalat yang larut, yaitu dengan menghindari makan dalam jumlah besar atau juga menghindari makan dalam jumlah kecil tetapi berulang-ulang. Mengkombinasikan beberapa makanan yang banyak mengandung oksalat perlu juga dihindari.
2. Dengan cara menaikkan *supply* kalsium yang akan dapat menetralkan pengaruh dari oksalat.
3. Memasak bahan makanan yang mengandung asam oksalat hingga mendidih dan membuang airnya sehingga dapat memperkecil proporsi asam oksalat dalam bahan makanan (Benny, 2009).

2.8 Titik Leleh

Titik leleh dari sebuah benda padat adalah suhu di mana benda tersebut akan berubah wujud menjadi benda cair. Dengan kata lain, titik leleh merupakan suhu ketika fase padat dan cair sama-sama berada dalam kesetimbangan.

Titik leleh zat padat adalah suhu di mana zat tersebut akan berubah wujud menjadi cair. Titik leleh suatu zat padat tidak mengalami perubahan yang berarti dengan adanya perubahan tekanan. Pengaruh ikatan hidrogen terhadap titik leleh tidak begitu besar karena pada wujud padat jarak antarmolekul cukup berdekatan dan yang paling berperan terhadap titik leleh adalah berat molekul zat dan bentuk simetris molekul. Titik leleh senyawa organik mudah untuk diamati sebab temperatur dimana pelelehan mulai terjadi hampir sama dengan temperatur dimana zat telah habis meleleh semuanya.

Perbedaan titik leleh senyawa-senyawa dipengaruhi oleh beberapa hal, di antaranya adalah perbedaan kuatnya ikatan yang dibentuk antar unsur dalam senyawa tersebut. Semakin kuat ikatan yang dibentuk, semakin besar energi yang diperlukan untuk memutuskannya. Dengan kata lain, semakin tinggi juga titik leleh unsur tersebut. Perbedaan titik leleh antara senyawa-senyawa pada golongan yang sama dapat dijelaskan dengan perbedaan elektronegativitas unsur-unsur pembentuk senyawa tersebut.

Dalam menentukan titik leleh suatu zat, adapun faktor-faktor yang mempengaruhi cepat atau lambatnya zat tersebut meleleh adalah

1. Ukuran Kristal

Ukuran Kristal sangat berpengaruh dalam menentukan titik leleh suatu zat. Apabila semakin besar ukuran partikel yang digunakan, maka semakin sulit terjadinya pelelehan.

2. Banyaknya Sampel.

Banyaknya sampel suatu zat juga dapat mempengaruhi cepat lambatnya proses pelelehan. Hal ini dikarenakan, apabila semakin sedikit sampel yang digunakan maka semakin cepat proses pelelehannya, begitu pula sebaliknya jika semakin banyak sampel yang digunakan maka semakin lama proses pelelehannya.

3. Pemanasan Dalam Kapiler.

Pemanasan dalam suatu pemanas harus menggunakan bara api atau panas yang bertahan. Adanya senyawa lain yang dapat mempengaruhi range titik leleh.

(Sumber : Ramdhoni, 2009)

2.9 Kelarutan

Kelarutan atau solubilitas adalah kemampuan suatu zat kimia tertentu, zat terlarut (*solute*), untuk larut dalam suatu pelarut (*solvent*) Kelarutan dinyatakan dalam jumlah maksimum zat terlarut yang larut dalam suatu pelarut pada kesetimbangan. Larutan hasil disebut larutan jenuh. Zat-zat tertentu dapat larut dengan perbandingan apapun terhadap suatu pelarut. Contohnya adalah etanol di dalam air. Sifat ini lebih dalam bahasa Inggris lebih tepatnya disebut *miscible*.

Pelarut umumnya merupakan suatu cairan yang dapat berupa zat murni ataupun campuran. Zat yang terlarut, dapat berupa gas, cairan lain, atau padat. Kelarutan bervariasi dari selalu larut seperti etanol dalam air, hingga sulit terlarut, seperti perak klorida dalam air. Istilah "tak larut" (*insoluble*) sering diterapkan pada senyawa yang sulit larut, walaupun sebenarnya hanya ada sangat sedikit kasus yang benar-benar tidak ada bahan yang terlarut. Dalam beberapa kondisi, titik kesetimbangan kelarutan dapat dilampaui untuk menghasilkan suatu larutan yang disebut lewat jenuh (*supersaturated*) yang metastabil.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kelarutan

Faktor yang paling berpengaruh terhadap kelarutan adalah suhu dan tekanan.

a. Suhu

Kelarutan suatu solut pada pelarut tertentu sangat bergantung pada suhu. Pada sebagian besar padatan yang dapat larut dalam air, kelarutan akan semakin meningkat jika suhu dinaikkan melebihi 100° C. Solut ionik yang terlarut pada air bersuhu tinggi (mendekati suhu kritis) cenderung berkurang karena perubahan sifat dan struktur molekul air. Selain itu, tetapan dielektrik menyebabkan pelarut kurang polar. Kelarutan senyawa organik selalu meningkat dengan naiknya suhu. Inilah yang mendasari teknik pemurnian dengan rekristalisasi yang memanfaatkan perbedaan kelarutan solut pada suhu rendah dan tinggi.

b. Tekanan

Pada fase terembun, tekanan sangat berpengaruh terhadap kelarutan; namun biasanya lemah dan diabaikan pada praktiknya.

2.10 Berat jenis

(Linus Seta Adi Nugraha, 2010) Berat jenis adalah perbandingan relatif antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Air murni bermassa jenis 1 g/cm^3 atau 1000 kg/m^3 . Berat jenis tidak mempunyai satuan atau dimensi.

Berat Jenis = massa volume atau $\rho = mv$

Satuan dari berat jenis adalah kg/dm^3 , gr/cm^3 atau gr/ml . Berat jenis mempunyai harga konstan pada suatu temperatur tertentu dan tidak tergantung pada bahan cuplikan atau sampel.

Dikenal beberapa alat yang dapat digunakan untuk menentukan berat jenis yaitu aerometer, piknometer, dan neraca *whestopal*.

a. Penentuan Berat Jenis Zat Cair dengan Aerometer

Penentuan berat jenis zat cair dengan aerometer berdasarkan prinsip hukum Archimedes : “Setiap benda yang dicelukan ke dalam suatu cairan akan mengalami gaya angkat yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan”.

Aerometer berbentuk sebuah silinder yang berlubang, agar aerometer dapat tercelup dengan posisi yang tepat (skala tercelup dalam cairan), maka aerometer diisi dengan butir-butir Pb. Skala pada aerometer menunjukkan berat jenis cairan, semakin kecil berat jenis cairan, aerometer akan tercelup semakin dalam. Oleh karena itu skala aerometer menunjukkan angka yang semakin besar dari atas ke bawah.

b. Penentuan Berat Jenis dengan Piknometer

Berat jenis suatu zat cair dapat dihitung dengan mengukur secara langsung mengukur berat zat cair dalam piknometer (menimbang) dan volume zat ditentukan berdasarkan volume piknometer.

Berat jenis zat cair = berat zat cair dalam piknometer volume zat cair dalam piknometer

Dimana :

Berat zat cair dalam piknometer

$$= (\text{berat piknometer} + \text{berat zat cair}) - \text{piknometer kosong}$$

Volume zat cair dalam piknometer = volume piknometer

Volume piknometer ditentukan secara langsung dengan menggunakan zat cair yang lain yang diketahui berat jenisnya . Volume zat padat yang bentuknya tidak beraturan dapat ditentukan secara langsung dengan menggunakan piknometer, bila volume dan berat zat padat dapat diketahui, maka dapat diketahui berat jenisnya.

$$= \frac{\text{berat zat padat dalam piknometer}}{\text{volume zat padat dalam piknometer}}$$

Dimana :

Volume zat padat dalam piknometer = volume piknometer - volume zat cair.

Volume zat cair = $\frac{\text{berat zat cair dalam piknometer}}{\text{berat jenis zat air}}$

Berat jenis relatif adalah perbandingan antar berat jenis zat pada suhu tertentu terhadap berat jenis air pada suhu tertentu (Yuniar, 2011).