

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Teh Hijau (*Camellia Sinensis*)**

##### **2.1.1 Sejarah teh hijau**

Sejarah dari teh hijau ini berawal dari Negara Cina, yang telah menggunakan teh hijau sebagai pendukung pengobatan sejak 4.000 tahun yang lalu. Dan saat ini para peneliti nutrisi telah menemukan bahwa teh hijau sangat bermanfaat bagi kesehatan. Tahun 1994, bahkan sebuah jurnal yang diterbitkan untuk kalangan ahli kanker menyebutkan bahwa teh hijau yang dikunsumsi masyarakat Cina telah membuat mereka terhindar dari kanker. Belakangan ini, bukti baru telah ditemukan bahwa minum teh secara rutin bisa menurunkan kadar kolesterol darah, dan menyeimbangkan kadar tersebut. Sejarah bangsa Cina menyebutkan teh hijau mulai digunakan sebagai minuman sejak 2700 tahun sebelum Masehi pada dinasti Kaisar Shen Nung, namun tercatat dalam kamus kuno pada 350 tahun sebelum Masehi. Sekitar 200 tahun sebelum Masehi dalam buku tanaman obat Cina disebutkan daun teh berkhasiat menghilangkan racun dalam tubuh.

Di Jepang tradisi minum teh berasal dari Cina sekitar abad ke-6 Masehi. Pada zaman Kamakura, pendeta Eisai dan Dogen menyebarkan ajaran Zen sambil memperkenalkan matcha (teh hijau dalam bentuk bubuk) yang dibawanya dari Tiongkok sebagai obat. Teh dan ajaran Zen menjadi populer sebagai unsur utama dalam penerangan spiritual. Sejak itu teh hijau mulai dikenal berkhasiat untuk kesehatan dan digunakan awak kapal dalam pelayaran jauh. Penanaman teh lalu mulai dilakukan di mana-mana sejalan dengan makin meluasnya kebiasaan minum teh.

Di Indonesia sendiri tanaman teh pertama dibawa dan dikembangkan oleh penjajah Belanda hingga dapat diekspor ke negeri kincir tersebut. Sejak itu teh terus dikembangkan dan diperluas penanamannya. Hingga pada masa kemerdekaan usaha perkebunan dan industri Teh diambil alih dan diperbaiki oleh pemerintah Republik Indonesia. Walaupun luasannya tidak mencapai keadaan sebelum perang tetapi produksinya meningkat tajam. Sekarang, perkebunan dan perdagangan Teh juga dilakukan oleh pihak swasta. (Apriliany, 2015)

### 2.1.2 Pengertian Teh Hijau



Gambar 1. Daun Teh Hijau

Teh hijau adalah jenis teh yang juga tidak mengalami proses fermentasi akan tetapi mengalami proses pengeringan dan penguapan daun yang sedikit lebih lama dibandingkan teh putih. Semua jenis teh mengandung katekin, akan tetapi saat ini teh hijau lebih populer karena kandungan katekinnya lebih tinggi dibandingkan dengan teh hitam. Sehingga teh hijau lebih dikenal sebagai jenis teh yang dapat mencegah pertumbuhan penyakit kanker.

Manfaat lain dari teh hijau adalah untuk mencegah dan menurunkan tekanan darah tinggi, menurunkan kadar kolesterol jahat (LDL), resiko terkena stroke dan menghaluskan kulit. Teh hijau alias green tea adalah salah satu jenis teh yang cukup populer dikonsumsi, terutama di negara-negara Asia seperti Jepang dan Indonesia sendiri. Di Jepang, teh hijau (ryokucha) adalah teh yang sangat sering dikonsumsi sehingga bila disebut teh (ocha) kemungkinan besar yang dimaksud adalah teh hijau.

Berasal dari bahan yang sama dengan black tea — daun *Camellia sinensis* — teh hijau tidak mengalami fermentasi seperti teh hitam. Proses pembuatannya secara garis besar terdiri dari 5 tahap, yaitu:

- Proses Pelayuan

Daun teh segar hasil pemetikan dari kebun ditebar dan diaduk untuk mengurangi kandungan air yang ada. Kemudian, daun dilayukan dengan uap panas tekanan tinggi. Proses ini akan mematikan aktivitas enzim yang bisa menghambat proses fermentasi. Langkah ini pula bisa menurunkan air hingga 60 – 70%.

- Proses Pendinginan.

Proses Penggulungan Daun. Proses ini bertujuan untuk memecah sel dan sehingga menghasilkan rasa sepet. Langkah ini mirip dengan proses pembuatan teh hitam, namun daun tidak sampai hancur seperti halnya pada black tea.

- Proses Pengeringan.

Proses ini dilakukan dalam 2 tahap. Yang pertama pada suhu 110 – 135 derajat celcius selama 30 menit dan yang kedua pada suhu 70 – 90 derajat celcius selama 60 – 90 menit.

- Proses Sortasi

Pada tahap ini, teh hijau terbagi dalam beberapa kualitas mutu, seperti pekko (daun pucuk), jikeng (daun bawah / tua), bubuk / kempring (remukan daun), dan tulang.

Secara taksonomi, teh hijau (*Camellia sinensis*) di klasifikasikan sebagai berikut (Tuminah, 2004):

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Sub Kelas	: Dialypetalae
Ordo	: Guttiferales (Clusiales)
Genus	: <i>Camellia</i>
Spesies	: <i>Camellia sinensis</i>

### 2.1.3 Kandungan teh hijau

Teh hijau memiliki kandungan kimia berupa:

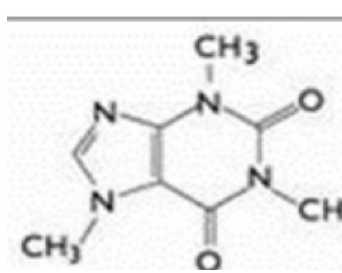
#### A. Substansi Fenol

##### 1. Katekin (Polifenol)

Polifenol teh atau sering disebut dengan katekin merupakan zat yang unik karena berbeda dengan katekin yang terdapat pada tanaman lain. Katekin dalam teh tidak bersifat menyamak dan tidak berpengaruh buruk terhadap pencernaan makanan. Katekin teh bersifat antimikroba (bakteri dan virus), antioksidan, antiradiasi, memperkuat pembuluh darah, melancarkan sekresi air seni, dan menghambat pertumbuhan sel kanker.

Katekin merupakan kelompok utama dari substansi teh hijau dan paling berpengaruh terhadap seluruh komponen teh. Dalam pengolahannya, senyawa tidak berwarna ini, baik langsung maupun tidak langsung selalu dihubungkan dengan semua sifat produk teh, yaitu rasa, warna, dan aroma.

Katekin merupakan komponen daun teh, terutama Katekin tersintesis dalam daun dan asam shikimik. Sedangkan, produk antara yang diproduksi shikimik.



kelompok terbesar dari kelompok katekin flavanol. teh melalui jalur asam melanik asam galik diturunkan dari suatu dalam jalur metabolik asam

Katekin tanaman teh dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu proanthocyanidin dan poliester. Katekin teh hijau tersusun sebagian besar atas senyawa-senyawa katekin, (C), epikatekin (EC), galokatekin (GC), epigalokatekin (EGC), epikatekin galat (ECG), galokatekin galat (GCG), dan epigalokatekin galat (EGCG). Konsentrasi katekin sangat tergantung pada umur daun. Pucuk dan daun pertama paling kaya katekin galat. Kadar katekin bervariasi tergantung pada varietas tanaman tehnya.

Diketahui bahwa katekin membentuk beberapa kompleks dalam reaksi dengan kafein, protein, peptida, ion tembaga, atau siklodekstrin. Dalam kemunculan oksigen tidak terlarut, tampak bahwa sifat-sifat kimia pembentukan katekin kompleks teh hijau dengan substansi yang disebutkan di atas sangat berhubungan dengan fungsi fisiologis katekin teh hijau.

## Gambar 2. Rumus bangun Katekin

### 2. Flavanol

Flavanol tanaman teh menunjukkan suatu kelompok senyawa yang sangat mirip komposisi kimianya dengan katekin. Flavanol pada teh meliputi quersetin, kaemmerferol, dan mirisetin. Flavanol merupakan satu di antara sekian banyak antioksidan alami yang terdapat dalam tanaman pangan dan mempunyai kemampuan mengikat logam. Aktivitas antioksidan flavanol meningkat seiring dengan bertambahnya gugus hidroksil dalam cincin A dan B.

### B. Enzim-Enzim

Beberapa enzim terdapat dalam daun teh. Peranan penting dari enzim-enzim ini adalah sebagai biokatalisator pada setiap kali reaksi kimia di dalam tanaman. Enzim yang dikandung dalam daun teh di antaranya invertase, amilase, b-glukosidase, oximetilase, protease, dan peroksidase.

Enzim lain yang tidak penting dalam proses kehidupan tanaman tetapi penting pada proses pengolahan teh adalah polifenol oksidase yang dapat mengatalisa reaksi oksidasi katekin. Enzim ini tersimpan dalam sitoplasma, sedangkan katekin ada dalam vakuola. Oleh karena itu, dalam keadaan tidak ada perusakan sel, kedua bahan ini tidak saling bertemu untuk bereaksi.

Enzim polifenol oksidase teh merupakan bagian terpenting dalam pengolahan teh, karena bertanggung jawab langsung atau tidak langsung pada sebagian besar atau keseluruhan reaksi yang terjadi selama oksidasi enzimatis. Aktivitas polifenol oksidase yang paling besar terdapat pada daun teh yang paling muda.

No.	Komponen	% Berat kering
1.	Kafein	7,56
2.	Theobromin	0,69
3.	Theofilin	0,25
4.	(-) Epicatechin	1,21
5.	(-) Epicatechin gallat	3,86
6.	(-) Epigallocatechin	1,09
7.	(-) Epigallocatechin gallat	4,63
8.	Glikosida flavonol	Trace
9.	Bisflavanol	Trace
10.	Asam Theaflavat	Trace
11.	Theaflavin	2,62
12.	Thearubigen	35,90
13.	Asam gallat	1,15
14.	Asam klorogenat	0,21
15.	Gula	6,85
16.	Pektin	0,16
17.	Polisakarida	4,17
18.	Asam oksalat	1,50
19.	Asam malonat	0,02
20.	Asam suksinat	0,09
21.	Asam malat	0,31
22.	Asam akonitat	0,01
23.	Asam sitrat	0,84
24.	Lipid	4,79
25.	Kalium (potassium)	4,83
26.	Mineral lain	4,70
27.	Peptida	5,99
28.	Theanin	3,57
29.	Asam amino lain	3,03
30.	Aroma	0,01

Tabel 1. Tabel Kandungan Daun Teh Hijau

## 2.2 Proses Blanching

*Blanching* merupakan suatu cara atau perlakuan pemanasan tipe pasteurisasi yang dilakukan pada suhu kurang dari 100°C selama beberapa menit, dengan menggunakan air panas atau uap. proses *blanching* sendiri termasuk ke dalam proses termal dan umumnya membutuhkan suhu berkisar 75 – 95°C selama 10 menit. Tujuan utama dari *blanching* ialah menonaktifkan enzim dalam bahan pangan, diantaranya adalah enzim peroksidase dan katalase. Kedua jenis enzim ini paling tahan terhadap panas. Namun bukan hanya enzim yang menjadi nonaktif, sebagian dari mikroba yang ada dalam bahan pangan tersebut pun ikut mati. *Blanching* pada umumnya dilakukan untuk sayur-sayuran dan buah-buahan yang akan dikalengkan atau dikeringkan (Dian Aphe, 2011).

## 2.3 Ekstraksi Daun The Hijau

Song (2001) dalam penelitiannya melakukan optimalisasi ekstraksi the hijau dengan metode maserasi menggunakan pelarut air dengan variasi suhu, waktu, dan nisbah bahan baku pelarut. Maserasi dengan suhu 90°C selama 10 menit secara signifikan meningkatkan rendemen ekstrak polifenol dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah. Namun, agar mendapatkan mutu ekstrak yang lebih baik, digunakan suhu 80°C karena beberapa senyawa tidak diinginkan akan ikut terekstrak pada suhu 90°C atau lebih.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pelarut yang efektif untuk ekstraksi polifenol dari bahan makanan ialah etanol dan air mendidih (Shie et al.2003). Hal ini karena polifenol memiliki gugus hidroksil yang polar, sehingga terekstraksi sempurna dengan air. Akan tetapi, air sendiri dapat melarutkan protein dan polisakarida yang tidak diinginkan, terutama pada suhu tinggi (Handoko, 2013).

## 2.4 Evaporasi

Evaporasi adalah suatu proses yang bertujuan memekatkan suatu larutan yang terdiri atas pelarut (solvent) yang volatile dan zat terlarut (solute) yang non volatile. (Widjaja, 2010)

Dalam kebanyakan proses evaporasi, pelarutnya adalah air. Evaporasi dilakukan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Evaporasi tidak sama dengan pengeringan. Dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair yang sangat kental, bukan zat padat. Evaporasi berbeda pula dengan destilasi, karena uapnya adalah komponen tunggal. Evaporasi berbeda dengan kristalisasi, karena evaporasi digunakan untuk memekatkan larutan bukan untuk membuat zat padat atau kristal. (Mc Cabe, dkk., 1993)

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses evaporasi menurut Haryanto dan Masyithah, (2006) antara lain.

- Luas permukaan bidang kontak

Semakin luas permukaan bidang kontak antara cairan dengan pemanas, maka semakin banyak molekul air yang teruapkan, sehingga proses evaporasi akan semakin cepat.

- Tekanan

Kenaikan tekanan sebanding dengan kenaikan titik didih. Tekanan bisa dibuat vakum untuk menurunkan titik didih cairan sehingga proses penguapan semakin cepat.

- Konsentrasi

Walaupun cairan yang diumpankan ke dalam evaporator cukup encer sehingga beberapa sifat fisiknya sama dengan air, tetapi jika konsentrasinya meningkat, larutan itu akan semakin bersifat individual.

- Pembentukan busa

Beberapa bahan tertentu, terutama zat-zat organik berbuisa pada waktu diuapkan. Buisa yang dihasilkan akan ikut ke luar evaporator bersama uap.

- Kepekaan terhadap suhu

Beberapa bahan kimia, bahan kimia farmasi dan bahan makanan dapat rusak bila dipanaskan pada suhu tinggi dalam waktu yang lama. Dalam mengatur konsentrasi bahan-bahan seperti itu maka diperlukan teknik khusus untuk menurunkan suhu zat cair dan mengurangi waktu pemanasan.

- Kerak

Beberapa larutan tertentu menyebabkan pembentukan kerak pada permukaan pemanasan. Hal ini menyebabkan koefisien menyeluruh semakin lama semakin berkurang.

### **2.5 Prinsip Kerja Alat Evaporator**

Evaporator adalah alat yang banyak digunakan dalam industri kimia untuk memekatkan suatu larutan. Rotary vakum evaporator adalah instrumen yang menggunakan prinsip destilasi (pemisahan). Prinsip utama rotary evaporator yaitu terletak pada penurunan tekanan sehingga pelarut dapat menguap pada suhu dibawah titik didihnya. Rotary evaporator memiliki suatu teknik yang berbeda dengan teknik pemisahan yang lainnya. Dan teknik yang digunakan dalam rotary evaporator ini bukan hanya terletak pada pemanasannya tapi dengan menurunkan tekanan pada labu alas bulat dan memutar labu alas bulat dengan kecepatan tertentu. Karena teknik



itulah, sehingga suatu pelarut akan menguap dan senyawa yang larut dalam pelarut tersebut tidak ikut menguap namun mengendap. Dan dengan pemanasan dibawah titik didih pelarut, sehingga senyawa yang terkandung dalam pelarut tidak rusak oleh suhu tinggi. (Alex,2014)

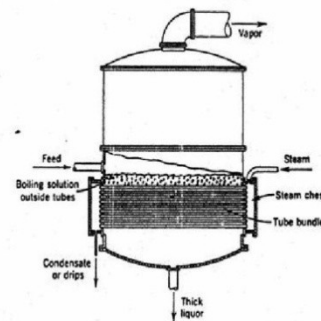
## 2.6 Macam – macam Evaporator

Menurut Kern, (1983) ada 6 jenis evaporator, antara lain sebagai berikut.

### 1. Evaporator Tabung-Horizontal

Evaporator tabung-horizontal, sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 4, merupakan evaporator jenis klasik yang telah lama digunakan. Larutan yang akan dievaporasikan berada diluar tabung horizontal dan uap mengalir di dalam tabung horizontal. Tabung horizontal diliputi dan dikelilingi oleh sirkulasi alami dari cairan yang mendidih, sehingga meminimumkan pengadukan cairan.

Sebagai hasilnya evaporator jenis ini mempunyai koefisien perpindahan panas keseluruhan yang lebih rendah dibanding pada evaporator ini bermanfaat khususnya untuk mengevaporasikan larutan yang viskos.

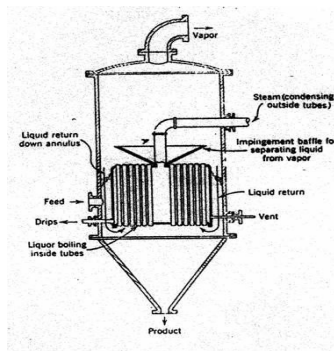


Gambar 3. Evaporator Tabung Horizontal

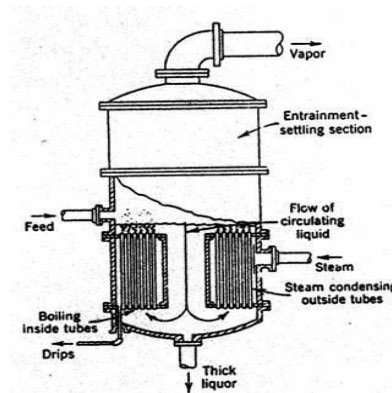
### 2. Evaporator Satu Lintas dan Evaporator Sirkulasi

Evaporator dapat dioperasikan sebagai unit satu lintas atau sebagai unit sirkulasi. Evaporator satu lintas dan evaporator sirkulasi ditunjukkan pada gambar 5 dan gambar 6 secara berurutan.

Pada kedua evaporator ini larutan mendidih di dalam tabung vertikal dan media pemanas di luar tabung vertikal dan media pemanas yang digunakan berupa uap yang terkondensasi. Pada evaporator satu lintas, cairan umpan dilewatkan melalui tabung satu kali lewat saja.



Gambar 4. Evaporator Satu Lintas



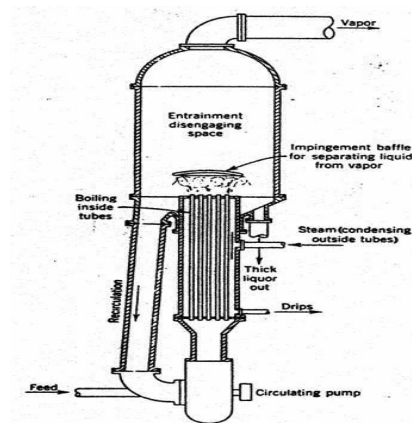
Gambar 5. Evaporator Sirkulasi.

Pada evaporator sirkulasi (circulation evaporator) terdapat suatu kolam zat cair di dalam alat. Umpan masuk akan bercampur dengan zat cair di dalam kolam dan campuran itu dialirkan melalui tabung-tabung evaporator. Zat cair yang tidak menguap dikeluarkan dari tabung dan kembali ke kolam, sehingga hanya sebagian saja dari keseluruhan evaporasi yang berlangsung dalam satu lewatan.

Evaporator sirkulasi tidak terlalu cocok untuk memekatkan zat cair yang peka terhadap panas, namun evaporator ini dapat beroperasi dengan jangkauan konsentrasi yang cukup luas.

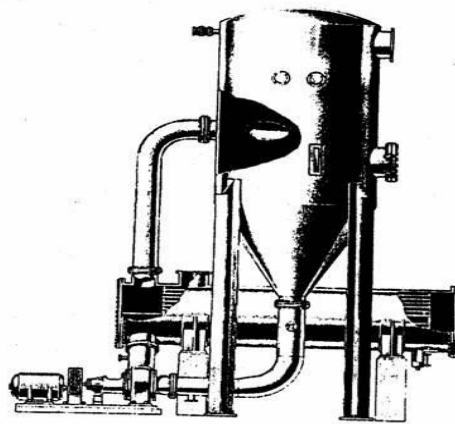
### 3. Evaporator Sirkulasi Paksa

Evaporator sirkulasi paksa mempunyai bentuk seperti ditunjukkan pada gambar 7 dan gambar 8. Gambar 7 merupakan evaporator sirkulasi paksa dengan elemen pemanas tersusun vertikal yang berada di dalam tabung. Cairan yang akan dievaporasikan dipompakan melewati penukar panas (heat exchanger), dimana media pemanas mengelilingi pipa-pipa yang membawa cairan yang akan dievaporasikan.



Gambar 6. Evaporator Sirkulasi Paksa dengan Pemanas Vertikal di dalam Tabung.

Gambar 7 merupakan evaporator sirkulasi paksa dengan elemen pemanas tersusun horizontal dan terletak terpisah dengan tabung. Pada evaporator dengan pemanasan luar, pendidihan dapat dicegah dengan meletakkan pemanas pada posisi yang lebih rendah dibandingkan letak ruang pemanasan.



Gambar 7. Evaporator Sirkulasi Paksa dengan Elemen Pemanas Horizontal.

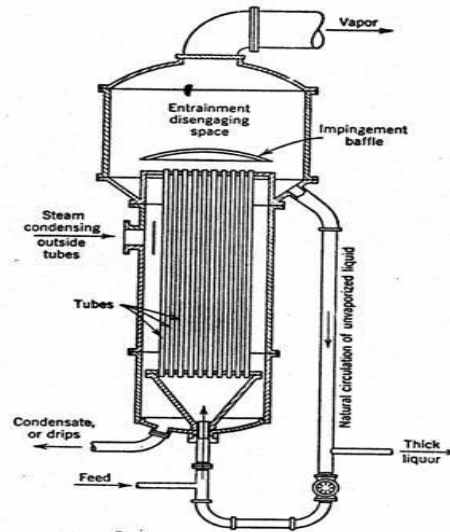
#### 4. Evaporator Vertikal Tabung Panjang

Contoh evaporator vertikal tabung panjang dengan aliran zat cair ke atas terlihat pada gambar 9. Bagian-bagian utama evaporator jenis ialah, sebuah penukar panas jenis tabung dengan uap dalam selongsong, zat cair yang akan dipekatkan di dalam pipa/tabung, sebuah separator atau ruang uap (vapour space) untuk memisahkan zat cair yang terbawa uap.

Umpan encer dengan suhu disekitar suhu kamar, masuk ke dalam sistem dan bercampur dengan zat cair yang kembali dari separator. Umpan mengalir ke atas tabung sebagai zat cair sambil menerima kalor dari uap.

Di dalam zat cair terbentuk gelembung-gelembung. Di dekat ujung tabung gelembung bertambah besar. Pada zona ini gelembung uap berganti-ganti dengan zat cair dan keluar dengan

kecepatan tinggi dari ujung atas tabung. Dari tabung, campuran zat cair selanjutnya masuk ke dalam separator.



Gambar 8. Evaporator Vertikal Tabung Panjang

#### 5. Evaporator Film Jatuh (*Falling Film Evaporator*)

Masalah pemekatan bahan-bahan yang sangat peka terhadap panas, dapat diatasi dengan evaporator film jatuh. Pada evaporator film-jatuh satu lintas, zat cair masuk dari atas, lalu mengalir ke bawah tabung dalam bentuk film, kemudian keluar dari bawah. Uap yang keluar dari zat cair itu biasanya terbawa turun bersama zat cair, dan keluar dari bagian bawah. Evaporator dilengkapi dengan separator zat cair uap di bawah, dan distributor/penyebar zat cair di atas.

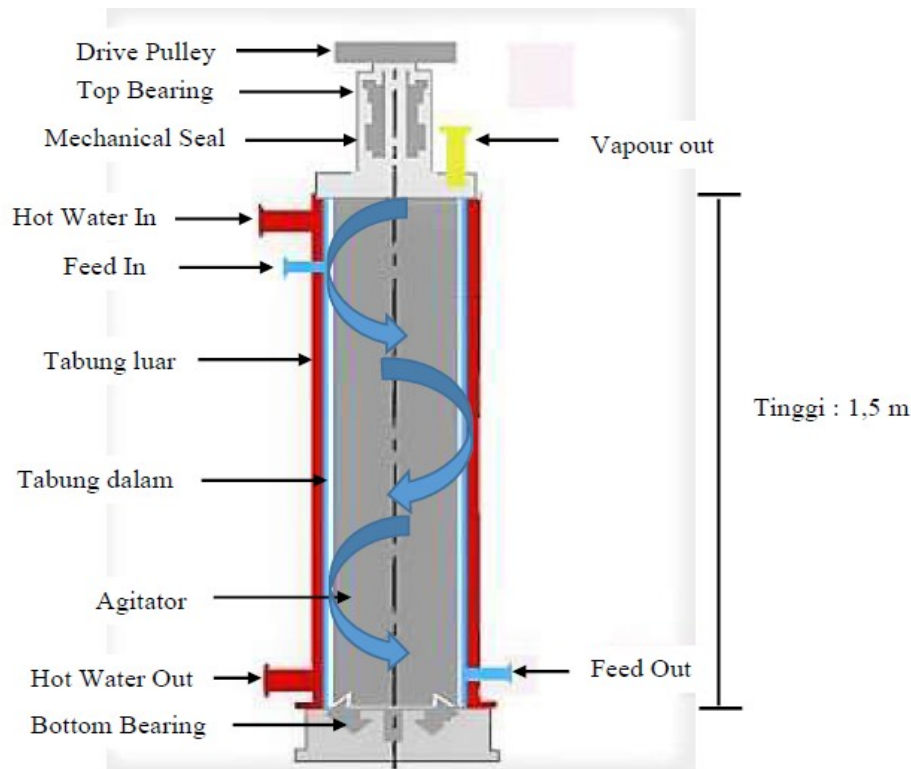
#### 6. Agitated Film Evaporator

Agitated Film Evaporator terlihat pada gambar 10 dengan Nama lain : turbulent film evaporator atau wioed horisontal). Evaporator berbentuk tabung (shell) vertikal atau horizontal, dengan pemanas diluar tabung. Pada sumbu tabung terdapat batang yang dapat diputar, yang dilengkapi dengan sirip-sirip. Pada vertical agitated film evaporator, saat batang berputar, cairan bergerak kebawah akan terlempar ketepi tabung (bagian panas) karena putaran sirip. Cairan ditepi tabung akan terpental kembali ketengah tabung. Pada bagian atas tabung disediakan ruang untuk pemisahan uap cairan. Transfer Agitated Film Evaporator Nama lain : turbulent film evaporator atau wioed-film evaporator (untuk yang Evaporator berbentuk tabung (shell) vertikal atau horizontal, dengan pemanas diluar tabung. Pada sumbu tabung terdapat batang yang dapat

diputar, yang sirip. Pada vertical agitated film evaporator, saat batang ke bawah akan terlempar ketepi tabung (bagian panas) karena putaran sirip. Cairan ditepi tabung akan terpental kembali ketengah tabung. Pada bagian atas tabung disediakan ruang untuk pemisahan uap cairan. Transfer panas berjalan dengan sangat efisien.

Pro yang dapat

tinggi teratasi.



Gambar 9.

### Agitated Film Evaporator

Agitated film evaporator dirancang untuk larutan yang sangat kental (viskositas tinggi) atau untuk memproduksi padatan. Meskipun demikian, alat konstruksinya sulit dan biaya operasi panas berjalan dengan sangat efisien. Problem penyumbatan dan konsentrasi loca yang tinggi dapat teratasi. Agitated film evaporator dirancang untuk larutan yang sangat kental (viskositas tinggi) atau untuk memproduksi padatan. Meskipun demikian, alat konstruksinya sulit dan biaya operasinya tinggi (karena perlu tenaga pengadukan).

## 2.7 Densitas

Massa jenis atau **densitas** adalah suatu besaran kerapatan massa benda yang dinyatakan dalam berat benda per satuan volume benda tersebut. Besaran massa jenis dapat membantu menerangkan mengapa benda yang berukuran sama memiliki berat yang berbeda.

$$\rho = \frac{(\text{massa piknometer} + \text{zat}) - (\text{massa piknometer kosong})}{\text{Volume Piknometer}}$$

## 2.8 Viskositas

Viskositas merupakan pengukuran dari ketahanan [fluida](#) yang diubah baik dengan [tekanan](#) maupun [tegangan](#). Pada masalah sehari-hari (dan hanya untuk fluida), viskositas adalah "Ketebalan" atau "pergesekan internal". Oleh karena itu, [air](#) yang "tipis", memiliki viskositas lebih rendah, sedangkan [madu](#) yang "tebal", memiliki viskositas yang lebih tinggi. Sederhananya, semakin rendah viskositas suatu fluida, semakin besar juga pergerakan dari fluida tersebut.

Viskositas menjelaskan ketahanan internal fluida untuk mengalir dan mungkin dapat dipikirkan sebagai pengukuran dari [pergeseran](#) fluida. Sebagai contoh, viskositas yang tinggi dari [magma](#) akan menciptakan statovolcano yang tinggi dan curam, karena tidak dapat mengalir terlalu jauh sebelum mendingin, sedangkan viskositas yang lebih rendah dari [lava](#) akan menciptakan volcano yang rendah dan lebar. Seluruh fluida (kecuali superfluida) memiliki ketahanan dari tekanan dan oleh karena itu disebut kental, tetapi fluida yang tidak memiliki ketahanan tekanan dan tegangan disebut fluida ideal.

$$\mu_x = \frac{t_x \cdot d_x}{\bar{t} \cdot d_o} \times \mu_o$$

Keterangan:

$\mu_x$  : viskositas zat cair

$t_x$  : waktu alir zat cair

$\bar{t}$  : waktu alir zat cair rata-rata

$d_x$  : densitas zat cair

$d_o$  : densitas air (1 Cp)

$\mu^0$  : viskositas air (1,004 Cp)