

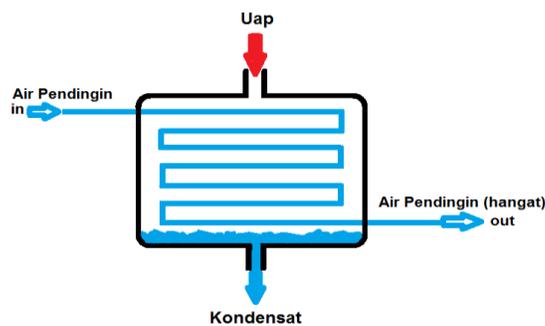
## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kondensor

Adalah salah satu jenis mesin penukar kalor (heat exchanger) yang berfungsi untuk mengkondensasikan fluida kerja. Pada sistem tenaga uap, fungsi utama kondensor adalah untuk mengembalikan exhaust steam dari turbin ke fase cair nya agar dapat dipompakan kembali ke boiler dan digunakan kembali. Menurut Saut Siagian (2015)

*Gambar 2.2.1 Kondensor*



*Sumber: Google.com*

##### 2.1.1 Prinsip Kerja Kondensor

Prinsip kerja kondensor tergantung dari jenis kondensor tersebut, secara umum terdapat dua jenis kondensor yaitu surface condenser dan direct contact condenser. Berikut klasifikasi kedua jenis kondensor tersebut:

##### 1. Surface Condenser

Cara kerja dari jenis alat ini ialah proses perubahan dilakukan dengan cara mengalirkan uap kedalam ruangan yang berisi susunan pipa dan uap tersebut akan memenuhi permukaan luar pipa sedangkan air yang berfungsi sebagai pendingin akan mengalir di dalam pipa (tube side), maka akan terjadi kontak antara keduanya dimana uap yang memiliki temperatur panas akan bersinggungan dengan air pendingin yang berfungsi untuk menyerap kalor dari uap tersebut, sehingga temperatur steam (uap) akan

turun dan terkondensasi. Surface condenser terdiri dari dua jenis yang dibedakan oleh cara masuknya uap dan air pendingin, berikut jenis-jenisnya:

#### 1. Type Horizontal Condenser

Pada type kondensor ini, air pendingin masuk melalui bagian bawah, kemudian masuk kedalam pipa (tube) dan akan keluar pada bagian atas, sedangkan uap akan masuk pada bagian tengah kondensor dan akan keluar sebagai kondensat pada bagian bawah.

#### 2. Type Vertical condenser

Pada jenis kondensor ini, tempat masuknya air pendingin melalui bagian bawah dan akan mengalir di dalam pipa selanjutnya akan keluar pada bagian atas kondensor, sedangkan steam akan masuk pada bagian atas dan air kondensat akan keluar pada bagian bawah.

### **2. Direct Contact Condenser**

Cara kerja dari kondensor jenis ini yaitu proses kondensasi dilakukan dengan cara mencampurkan air pendingin dan uap secara langsung. Jenis dari kondensor ini disebut spray condenser, pada alat ini proses pencampuran dilakukan dengan menyemprotkan air pendingin ke arah uap. Sehingga steam akan menempel pada butiran-butiran air pendingin tersebut dan akan mengalami kontak temperatur, selanjutnya uap akan terkondensasi dan tercampur dengan air pendingin yang mendekati fase saturated (basah).

Perlu kita ketahui, bahwa setiap industri terkadang memiliki cara kerja pertukaran panas yang berbeda-beda, misalnya saja pada industri migas, fraksi yang panas akan mengalir melalui pipa sedangkan minyak mentah (dingin) akan mengalir diluar pipa. Hal ini dikarenakan fraksi yang mengalir di dalam pipa merupakan hasil yang telah diolah pada menara destilasi sehingga memiliki temperatur yang panas, panas dari fraksi inilah yang dimanfaatkan untuk memanaskan minyak mentah yang akan dimasukkan kedalam kolom destilasi.

#### 2.1.2 Air Pendingin Kondensor

Air pendingin dalam kondensor sangat memiliki peranan penting dalam proses kondensasi uap menjadi kondensat water. Bahan baku air pendingin biasanya didapatkan

dari danau dan air laut (sea water, dalam proses pengambilannya biasanya digunakan alat sejenis jaring yang berfungsi untuk menjaring kotoran serta benda-benda padat lainnya agar tidak terikut kedalam hisapan pompa yang tentunya dapat mengganggu kinerja kondensor bahkan kerusakan pada peralatan. Menurut Hilda Porawati dan Ari Kurniawan (2019)

### 2.1.3 Penyebab Penurunan Kinerja Kondensor

Menurut Hilda Porawati dan Ari Kurniawan (2019). Kondensor sangat rentan terhadap gangguan-gangguan yang dapat menghambat kinerjanya, berikut masalah-masalah yang sering terjadi pada kondensor:

#### 1. Non-Condensable Gases (gas yang tidak dapat terkondensasi).

Gas ini dapat menyebabkan kenaikan pressure terhadap kondensor dan menyelimuti permukaan tube-tube yang dapat menghambat transfer panas antara uap dengan cooling water, sehingga gas-gas ini harus dikeluarkan atau dibuang dari dalam kondensor. Cara untuk mengeluarkan udara tersebut biasanya dilakukan dengan bantuan venting pump dan priming pump yang merupakan pompa vakum.

#### 2. Terjadi Fouling Terhadap Kondensor.

Fouling atau endapan sangat mungkin terjadi pada kondensor, endapan yang mengotori tube-tube kondensor ini berasal dari sumber pengambilan bahan baku air pendingin. Seperti yang kita ketahui tempat pengambilan air pendingin berasal dari laut dan kemungkinan besar air tersebut mengandung endapan-endapan kotoran yang ikut masuk dan mengendap pada tube-tube kondensor, hal ini dapat menyebabkan menurunnya laju perpindahan panas pada kondensor, sehingga kualitas air pendingin sangat diperlukan agar mengurangi penyebab fouling pada kondensor. Cara untuk mengeluarkan kotoran tersebut biasanya dilakukan dengan cara:

- backwash kondensor, yaitu dengan membalikkan arah aliran air pendingin dengan tujuan membuang kotoran yang masuk ke dalam water

box inlet yang menghalangi proses perpindahan panas pada kondensor, proses ini dilakukan dengan cara membalikkan arah aliran inlet dan outlet.

- Ball Cleaning, proses pembersihan dengan cara ini dapat dilakukan dengan bola sebagai alat untuk membersihkan tube kondensor. Cara kerjanya yaitu bola akan dimasukkan pada inlet mengikuti aliran kondensor dan keluar pada water box outlet.

## 2.2 Kondensasi

Kondensasi atau pengembunan adalah perubahan wujud benda ke wujud yang lebih padat, seperti gas menjadi cairan. Kondensasi terjadi ketika uap didinginkan menjadi cairan, tetapi dapat juga terjadi bila sebuah uap dikompresi menjadi cairan, atau mengalami kombinasi dari pendinginan dan kompresi.

Proses terjadinya kondensasi merupakan pemampatan atau pendinginan yang apabila dapat tercapai tekanan maksimum dan suhu dibawah kritis. Proses terjadinya kondensasi apabila uap didinginkan menjadi cairan, akan tetapi dapat juga apabila sebuah uap dikompresi (yaitu tekanan ditingkatkan) menjadi cairan, atau mengalami suatu kombinasi dari pendinginan kompresi.

Menurut Karnaningroem (1990) bahwa proses pengembunan atau kondensasi adalah proses perubahan wujud gas menjadi wujud cair disebabkan oleh adanya perbedaan temperatur suhu. Temperatur pengembunan berubah seiring dengan tekanan uap yang terjadi.

Oleh sebab itu temperature pengembunan atau kondensasi diartikan sebagai suhu temperature pada kondisi yang jenuh akan tercapai ketika udara didinginkan pada tekanan yang tetap tanpa penambahan kelembaban. Untuk menghasilkan pengembunan atau kondensasi dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Menurunkan temperatur sehingga mereduksi kapasitas daripada uap air
2. Menambah jumlah uap air
3. Proses terjadinya kondensasi terjadi apabila terdapat pelepasan kalor dari suatu sistem yang mana menyebabkan (uap) berubah kedalam bentuk yang cair (liquid)

Pada kondensor, terjadi kondensasi pada uap yang mengembun di luar pipa. Koefisien kondensasi yang terjadi di luar pipa dihitung dengan persamaan:

### **2.3 Penyulingan**

Minyak atsiri, bisa dikategorikan sebagai minyak yang sangat mudah sekali menguap, atau juga minyak terbang yang merupakan campuran dari senyawa yang berwujud cairan atau padatan yang memiliki komposisi maupun titik didih yang beraneka ragam. Penyulingan dapat didefinisikan juga sebuah proses pemisahan komponen-komponen suatu campuran yang terdiri atas dua cairan atau lebih berdasarkan perbedaan tekanan uap iu sendiri atau berdasarkan perbedaan titik didih komponen-komponen senyawa tersebut. (Hardjono, 2004). Bila dilihat secara umum, terdapat dua jenis penyulingan, diantaranya :

1. Penyulingan suatu campuran yang berwujud cairan yang tidak saling bercampur, hingga membentuk dua fasa atau lapisan. Keadaan ini terjadi pada pemisahan minyak atsiri dengan uap air. Penyulingan dengan uap air disebut juga *hidrodestilasi*. Pengertian umum ini memberikan gambaran bahwa penyulingan dapat dilakukan dengan cara mendidihkan bahan tanaman atau minyak atsiri dengan air. Pada proses ini akan dihasilkan uap air yang dibutuhkan oleh alat penyuling. Uap air tersebut dapat juga dihasilkan dari alat pembangkit uap air yang terpisah (seperti pada alat destilasi rotary screw yang digunakan menggunakan penghasil uap air yang terpisah).
2. Penyulingan satu fasa. Pada keadaan ini pemisahan minyak atsiri menjadi beberapa komponennya, sering disebut fraksinasi, tanpa menggunakan uap air.

### **2.4 Cara Umum Penyulingan**

Secara umum cara isolasi minyak atsiri adalah sebagai berikut ; uap menembus jaringan spesimen atau tanaman dan menguapkan semua senyawa yang mudah menguap. Jika hal ini benar, maka seakan-akan isolasi minyak atsiri dari spesimen atau tanaman cara hidrodestilasi merupakan proses yang sederhana, hanya membutuhkan jumlah uap yang cukup. Namun kenyataannya hal tersebut tidak sederhana yang kita bayangkan. Hidrodestilasi atau penyulingan dengan air terhadap spesimen atau tanaman meliputi beberapa proses (Hardjono, 2004). Dalam pengertian di dalam industri minyak atsiri dibedakan tida tipe hidrodestilasi, yaitu :

1. Penyulingan air ;
2. Penyulingan uap dan air ;
3. Penyulingan uap langsung.

Pada dasarnya ketiga tipe diatas memiliki kesamaan yaitu suatu pengertian penyulingan dari sistem dua fasa. Perbedaannya terutama terletak pada cara penanganan bahan tanaman yang akan diproses.

## **2.5 Peralatan untuk Proses Penyulingan**

Peralatan yang akan digunakan dalam penyulingan spesimen atau bahan tanaman tergantung pada kapasitas dan juga tipe penyulingan yang akan digunakan. Namun demikian terdapat tiga bagian yang paling utama yang merupakan bentuk dasar untuk semua tipe-tipe hidrodestilasi. Tiga bagian utama tersebut yaitu :

1. Alat penyulingan ;
2. Pendingin ;
3. Penampung hasil daripada penyulingan atau juga disebut kondensat.

Sebenarnya masih ada satu komponen lagi yaitu alat pembangkit uap. Alat pembangkit uap ini digunakan pada penyulingan uap yang terpisah. Keempat bagian daripada alat penyulingan akan dijabarkan secara terpisah.

### **2.5.1 Alat Penyulingan**

Alat penyulingan sering disebut juga dengan tanki yang berfungsi sebagai wadah atau bejana untuk menempatkan spesimen atau bahan tanaman yang akan diproses. Dalam wadah tersebut terdapat air dan atau uap yang berhubungan dengan spesimen atau bahan tanaman dan menguapkan minyak atsiri yang ada didalamnya. Alat penyulingan bila dilihat secara umum berbentuk silinder yang memiliki diameter yang hampir sama dengan atau sedikit lebih pendek bila dibandingkan dengan tingginya. Di dalam alat penyuling ini terdapat wadah yang ukurannya lebih kecil daripada wadah utamanya. Wadah ini dapat diangkat dan dikembalikan lagi. Bagian bawah wadah ini berlobang – lobang untuk masuknya uap. Untuk penyulingan uap dan air bagian wadah yang berlobang – lobang ini disokong oleh penyangga di atas dasar alat penyulingan, hingga air yang mendidih dan spesimen atau bahan tanaman tidak berhubungan. Lazim air yang

terdapat dalam alat penyulingan dididihkan dengan api langsung. Sedangkan pada penyulingan uap wadah bagian dalam yang berlobang – lobang tersebut diletakkan lebih dekat dengan dasar alat penyulingan. Uap yang dimasukkan atau diinjeksikan sangat dekat dengan bagian dasar. Pada bagian dasar alat penyulingan dilengkapi kran untuk mengeluarkan air. Pada alat penyulingan uap dan air, maka air yang dikeluarkan adalah air sisa setelah proses penyulingan selesai. Sedangkan pada penyulingan uap, air ini merupakan hasil kondensasi uap yang digunakan. Tanki alat penyulingan terbuat dari baja, aluminium, atau bahkan tembaga. Bila tanki terbuat dari tembaga, minyak atsiri yang diperoleh akan mengandung tembaga hingga minyak atsiri akan berwarna kebiru – biruan. Warna yang harus dihilangkan terlebih dahulu sebelum minyak atsiri dijual ke pasaran. Tanki yang terbuat dari aluminium tidak baik untuk minyak atsiri yang mengandung senyawa fenol, karena fenol dapat merusak aluminium.

### 2.5.2 Pendingin

Fungsi utama mesin pendingin adalah untuk mengubah uap air yang mengandung uap minyak atsiri menjadi cairan. Pada umumnya pendingin yang berwujud pipa yang dikumparkan direndam dalam suatu bejana yang dialiri dengan air dingin. Arah air pendingin masuk dari bagian bawah bejana dan alirannya berlawanan dengan arah uap air yang mengandung uap minyak atsiri. Pipa pendingin dapat terbuat dari berbagai macam logam, seperti tembaga, timah putih, aluminium, atau juga baja tahan karat. Pendingin yang dapat memberikan warna terhadap minyak atsiri seperti besi atau tembaga harus dihindarkan penggunaannya karena memengaruhi kualitas uap minyak atsiri.

### 2.5.3 Pemisah Minyak Atsiri

Bagian ketiga ini merupakan yang paling penting dari alat penyulingan adalah alat penampung kondensat, decanter atau pemisah minyak atsiri. Fungsi pemisah adalah memisahkan secara sempurna minyak atsiri dari air yang terkondensat atau terembunkan. Karena kuantitas atau volume air yang terembunkan biasanya selalu lebih banyak daripada minyak atsiri yang dihasilkan, maka air tersebut harus dikeluarkan terus menerus. Kondensat mengalir dari pendingin ke dalam pemisah minyak atsiri dan akan terlihat bahwa air penyulingan dan minyak atsiri yang mudah menguap dengan air akan terpisah dengan sendirinya. Minyak atsiri yang mudah menguap dengan air akan terpisah karena minyak atsiri tidak mau larut dalam air karena berbeda berat jenis. Kedua

cairan tersebut membentuk dua lapisan yang terpisah, biasanya minyak atsiri lebih ringan, mengambang diatas air. Namun demikian bila minyak atsiri memiliki berat jenis lebih besar daripada 1,0; maka minyak atsiri akan tenggelam di dasar alat pemisah. Dengan demikian perlu direkayasa alat pemisah untuk menampung hasil minyak atsiri yang lebih berat atau lebih ringan daripada air. Perlu diingat bahwa air yang terembunkan selalu jenuh dengan minyak atsiri, menurut Ernest (1990) menyatakan bahwa minyak yang baru disuling hampir tidak berwarna sampai kekuningan, cairan refraktif kuat, yang semakin menggelap oleh aging atau ketuaan. Bau dan flavor nya bersifat tipikal rempah, aromatik tinggi, kuat dan tahan lama. Bila air dipisahkan berarti ada sebagian minyak atsiri yang hilang. Bila yang digunakan adalah dengan cara penyulingan air atau penyulingan uap dan air maka air embunan yang akan dibuang bisa dikembalikan kedalam alat penyulingan untuk digunakan pada proses berikutnya dengan spesimen atau bagan tanaman yang sama. Proses penyulingan yang berkesinambungan ini disebut kohobasi. Untuk maksud ini maka letak pemisah minyak atsiri harus lebih tinggi daripada pipa saluran untuk memasukkan air dalam alat penyulingan.

## **2.6 Mesin Rotary**

Mesin *rotary* merupakan tempat penampungan spesimen daun cengkeh, pemanasan penghasil uap didalam ruangan tersebut. Demi memperoleh temperatur suhu udara yang sesuai dengan yang diinginkan banyak alternatif yang dapat diterapkan, diantaranya dengan meningkatkan koefisien perpindahan kalor kondensasi dan dengan menambahkan kalor yang dilepaskan dari tungku penghasil uap sehingga akan diperoleh harga koefisien yang lebih besar.

## **2.7 Evaporator**

Evaporator adalah alat untuk mengevaporasi larutan. Evaporasi merupakan suatu proses penguapan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Tujuan evaporasi yaitu untuk memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap. Dalam kebanyakan proses evaporasi pelarutnya adalah air. Evaporasi tidak sama dengan pengeringan, dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair, kadang-kadang zat cair yang sangat viskos, dan bukan zat padat. Begitu pula, evaporasi berbeda dengan distilasi, karena disini uapnya biasanya komponen tunggal, dan walaupun uap itu merupakan campuran, dalam proses evaporasi ini tidak ada usaha untuk

memisahkannya menjadi fraksi-fraksi. Biasanya dalam evaporasi, zat cair pekat itulah yang merupakan produk yang berharga dan uapnya biasanya dikondensasikan dan dibuang.

Koefisien perpindahan panas dapat dihitung dengan persamaan :

Proses evaporasi terdiri dari dua peristiwa yang berlangsung :

1. *Interface evaporation*, yaitu transformasi air menjadi uap air di permukaan tanah. Nilai ini tergantung dari tenaga yang tersimpan.
2. *Vertical vapour transfers*, yaitu perpindahan lapisan yang kenyang dengan uap air dari *interface* ke uap (atmosfer bebas).

Besar kecilnya penguapan dari permukaan air bebas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- 1) Kelembaban udara (semakin lembab semakin kecil penguapannya)
- 2) Tekanan udara
- 3) Kedalaman dan luas permukaan, semakin luas semakin besar penguapannya
- 4) Kualitas air, semakin banyak unsur kimia, biologi dan fisika, penguapan semakin kecil.
- 5) Kecepatan angin
- 6) Topografi,
- 7) Sinar matahari
- 8) Temperatur

## 2.8 Cengkeh



Gambar 2.2 Daun Cengkeh

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2020)

Cengkeh (*Syzygium aromaticum*, syn. *Eugenia aromaticum*), dalam bahasa Inggris disebut *cloves*, adalah kuncup bunga kering beraroma dari keluarga pohon Myrtaceae. Cengkih adalah tanaman asli Indonesia, banyak digunakan sebagai bumbu masakan pedas di negara-negara Eropa, dan sebagai bahan utama rokok kretek khas Indonesia. Cengkih ditanam terutama di Indonesia (Kepulauan Banda) dan Madagaskar; selain itu juga dibudidayakan di Zanzibar, India, dan Sri Lanka.

Cengkeh merupakan tanaman rempah yang termasuk dalam komoditas sektor perkebunan yang mempunyai peranan cukup penting antara lain sebagai penyumbang pendapatan petani dan sebagai sarana untuk pemerataan wilayah pembangunan serta turut serta dalam pelestarian sumber daya alam dan lingkungan.

### 2.8.1 Kandungan Kimia Dalam Daun dan Batang Cengkeh

Minyak cengkeh dapat diperoleh dari bunga cengkeh (*clove bud oil*), tangkai atau gagang bunga cengkeh (*clove stem oil*) dan dari daun cengkeh (*clove leaf oil*). Kandungan minyak atsiri di dalam bunga cengkeh mencapai 21,3% dengan kadar *eugenol* antara 78-95%, dari tangkai atau gagang bunga mencapai 6% dengan kadar *eugenol* antara 89-95%, dan dari daun cengkeh mencapai 2-3% dengan kadar *eugenol* antara 80-85%. Kandungan terbesar minyak cengkeh adalah 3 *eugenol*, yang bermanfaat dalam pembuatan *vanilin*, *eugenil metil eter*, *eugenil asetat*, dll. *Vanilin* merupakan bahan pemberi aroma pada makanan, permen, coklat dan parfum (Nurdjannah 2004).

Standar minyak cengkeh di Indonesia sudah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN). Minyak cengkeh yang sudah terverifikasi adalah minyak cengkeh yang berasal dari daun tanaman cengkeh. Namun, minyak cengkeh yang berasal dari bagian lain dapat disesuaikan dengan standar minyak cengkeh yang berasal dari daun tanaman cengkeh. Syarat mutu minyak cengkeh tercantum pada SNI 06-2387-2006 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2.1 Syarat Mutu Minyak Daun Cengkeh

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
<b>1</b>	Keadaan	-	
<b>1.1</b>	Warna	-	Kuning – coklat tua
<b>1.2</b>	Bau	-	Khas minyak cengkeh
<b>2</b>	Bobot Jenis 20 <sup>0</sup> C/20 <sup>0</sup> C	-	1,024 – 1,049
<b>3</b>	Indeks bias ( <sup>n</sup> D <sub>20</sub> )	-	1,528 – 1,535
<b>4</b>	Kelarutan dalam etanol 70%	-	1: 2 Jernih
<b>5</b>	Eugeno Total	%, v/v	Minimum 78
<b>6</b>	Beta caryophillene	%	Maksimum 17

Sumber: Badan Standarisasi Nasional ICS 71.100.60

Berdasarkan *Agricultural Produce Export Decree*, 6 Juli 1934 dan *Clove Export Rules 1939*, mutu cengkeh digolongkan dalam beberapa tingkatan seperti berikut ini :

1. *Special Grade*

Mutu cengkeh yang terbaik seperti yang bersifat utuh, berseri, penuh, *uniform*, merata, bebas dari jamur, dan tidak lebih dari :

**3%** ranting, cengkeh tua dan benda asing.

**2%** cengkeh kohker.

**16%** kadar air.

2. Mutu No. 2

Cengkeh yang bebas jamur dan mengandung tidak lebih dari :

**5%** ranting, cengkeh tua dan benda asing.

**7%** cengkeh kohker.

**16%** kadar air.

3. Mutu No. 3

Cengkeh yang mengandung tidak lebih dari :  
**5%** ranting, cengkeh tua, dan benda asing.  
**20%** cengkeh kohker.  
**16%** kadar air.

### 2.8.2 Minyak Daun Cengkeh

Minyak daun cengkeh diperoleh dengan penyulingan uap dan air terhadap daun tanaman cengkeh *Eugenia carophyllata* Tumberg yang telah gugur. Minyak daun cengkeh mengandung dua komponen utama, yaitu eugenol dengan kadar sekitar 80 – 85% dan karyofilen sekitar 10 – 15%. Di samping dua komponen utama tersebut terdapat komponen yang kuantitasnya relative kecil, yaitu alfa kubeben, alfa kopaen, humulen, delta kadinen, dan sebagainya. Seperti halnya minyak sereh, maka minyak daun cengkeh komponen utamanya, eugenol, dapat dipisahkan secara kimia dengan menggunakan larutan natrium hidroksida. Bila ke dalam minyak daun cengkeh ditambahkan larutan natrium hidroksida maka yang bereaksi hanya eugenol yang membentuk larutan eugenolat. Larutan natrium eugenolat larut dalam air sedangkan komponen yang lain dalam minyak daun cengkeh tidak larut dalam air, hingga akan terdiri dari dua lapisan cairan yang mudah dipisahkan. Hal ini mirip pada minyak sereh. Cairan lapisan bawah, yang mengandung eugenol, setelah dipisahkan kemudian dinetralkan dengan larutan asam sulfat. Menurut Ernest (1990) kualitas minyak daun cengkeh dievaluasi dari kandungan fenol, terutama eugenol. Karena minyak cengkeh mengandung beberapa aseteugenol (eugenol asetat), sebagai tambahan kepada eugenol bebas, telah menjadi kebiasaan untuk menyabungkan zat yang tersebut terdahulu dan melaporkan kandungan fenol total sebagai eugenol.

Tabel 2.2 Kualitas Minyak Cengkeh Dengan Penyulingan Berbeda

	Minyak Hasil Penyulingan Air	Minyak Hasil Penyulingan Uap
Bobot jenis pada 15°	1,048 sampai 1,055	1.059 sampai 1,065
Kadar eugenol (per volume)	85 sampai 89%	91 sampai 95%

## 2.9 Perpindahan Panas Konduksi

Pengukuran dilakukan dengan mengukur perbedaan temperatur yang melalui suatu material yang diketahui nilai konduktivitas panasnya. konduktivitas termal (k) adalah propertis suatu material sebagai penghantar panas, sebagai berikut:

$$q'' = k \cdot \frac{T_1 - T_2}{L} \dots\dots\dots(\text{Asyari D. Yunus, 2009})$$

Dengan:

- k = Konduktivitas Termal (W/m<sup>0</sup>C)
- T<sub>1</sub> = Temperatur Rata-rata Yang Diuji (°C)
- T<sub>0</sub>= Temperatur Ruang (°C)
- L = Tebal Dinding Tangki Screw (m)

## 2.10 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi terjadi ketika aliran fluida membawa panas bersama dengan aliran materi. Persamaan untuk menghitung perpindahan panas konveksi :

$$H = h \cdot L \cdot \Delta T \dots\dots\dots(\text{Asyari D. Yunus, 2009})$$

Dimana :

- H = Laju Perpindahan (W/m<sup>0</sup>C)
- h = Koefisien Konveksi Termal (W/m<sup>2</sup>C)
- ΔT= T<sub>1</sub>-T<sub>0</sub>(°C)
- T<sub>1</sub> = Temperatur Rata-rata Yang Diuji (°C)
- T<sub>0</sub>= Temperatur Ruang (°C)

Menghitung Koefisien konveksi termal:

$$h = 0,664 \times \frac{k}{L} Re^{0.5} Pr^{0,333} \dots\dots\dots(\text{Asyari D. Yunus, 2009})$$

- k= Konduktivitas Termal(W/m<sup>0</sup>C)
- L= Panjang Plat(m)
- Re=Bilangan Reynold
- Pr= Bilangan Prandtl

Sehingga di dapat perhitungan sebagai berikut :

$$Re = \frac{(v.L)}{\nu} \dots\dots\dots(\text{Asyari D. Yunus, 2009})$$

Dimana :

$v$ = kecepatan fluida (m/s)

$L$ = panjang plat (m)

$\nu$ = viskositas kinematis ( $m^2/s$ )

### 2.11 Tahanan Thermal

Tahanan termal merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghambat laju aliran kalor yang dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$q'' = \frac{\Delta T}{R} \dots\dots\dots(\text{Asyari D. Yunus, 2009})$$

Dimana :

$q''$  = Perpindahan Panas Konduksi ( $W/m^2$ )

$R$  = Resistan ( $W/m$ )

$\Delta T$  =  $T_1 - T_0$  ( $^{\circ}C$ )

$T_1$  = Temperatur Rata-rata Yang Diuji ( $^{\circ}C$ )

$T_0$  = Temperatur Ruang ( $^{\circ}C$ )

