

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Mesin *Rotary Screw*

Proses penyulingan ini menggunakan sistem uap langsung, Pada sistem ini bahan baku tidak kontak langsung dengan air maupun api namun hanya uap bertekanan tinggi yang difungsikan untuk menyuling minyak. Uap yang di hasilkan dari boiler di tahan di dalam storage steam hingga suhu yang ingin di capai selanjutnya uap di lepaskan ke dalam ketel bahan setelah uap masuk ke dalam ketel bahan, uap yang mengandung partikel minyak cengkeh akan masuk ke dalam alat destilasi di sini temperatur uap di dalam tube akan di buang ke dalam media pendingin yang ada dalam shell hingga uap akan mengembun, proses ini di namakan proses Distilasi, hasil uap dari proses distilasi ini dinamakan kondensat. Kondensat akan di tampung di tempat penampung yang mana air dan minyak akan terpisah di akibatkan perbedaan masa jenis.

Rotary Screw berfungsi untuk mengatur kelembaban, pemanasan dan pendinginan udara di dalam 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 kecepatan udara pendingin pada kondensor sehingga akan diperoleh harga koefisien yang lebih besar.



Gambar 2.1. *Rotary Screw*

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2019)

2.1.1 Prinsip Kerja *Rotary Screw*

Rotary Screw menggunakan satu sekrup untuk mencapur potongan cengkeh dengan uap hasil pembakaran yang selanjutnya dikompresi gas hasil pencampuran tersebut. Screw ini terdiri dari motor yang bekerja untuk memutar screw yang berada didalam rotary.

2.1.2 Penggunaan *Rotary Screw*

Penggunaan *Rotary Screw* pada aliran ini bertujuan untuk mencampurkan potongan cengkeh dengan hasil uap pembakaran dari evaporator yang kemudian akan ditampung kedalam tangki penyimpanan sebelum dimasukan kedalam kondensor.

2.2 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.

2.2.1 Kandungan Kimia Dalam Daun dan Batang Cengkeh

Minyak cengkeh dapat diperoleh dari bunga cengkeh (*clove bud oil*), tangkai atau gagang bunga cengkeh (*clove steam oil*) dan dari daun cengkeh (*clover 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.

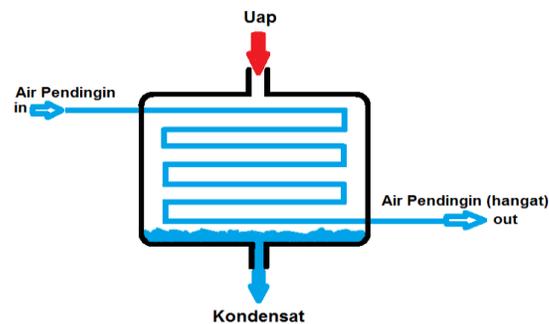
Tabel 2.1. Syarat Mutu Minyak Daun Cengkeh

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

Sumber: Badan Standarisasi Nasional ICS 71.100.60

2.3 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.

Gambar 2.3. Kondensor

Sumber: Google.com (2019)

2.3.1 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 ke dalam 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.

2.3.2 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.

2.3.3 Penyebab Penurunan Kinerja Kondensor

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.

2.4 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.

2.4.1 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

2.4.2 Fungsi Evaporator

Evaporator adalah sebuah alat yang berfungsi mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari sebuah larutan dari bentuk cair menjadi uap. Evaporator mempunyai dua prinsip dasar, yaitu untuk menukar panas dan untuk memisahkan uap yang terbentuk dari cairan. Evaporator umumnya terdiri dari tiga bagian, yaitu penukar panas, bagian evaporasi (tempat di mana cairan mendidih lalu menguap), dan pemisah untuk memisahkan uap dari cairan lalu dimasukkan ke dalam kondensor (untuk diembunkan/kondensasi) atau ke peralatan lainnya. Hasil dari evaporator (produk yang diinginkan) biasanya dapat berupa padatan atau larutan berkonsentrasi.

Larutan yang sudah di evaporasi bisa saja terdiri dari beberapa komponen volatile (mudah menguap). Evaporator biasanya digunakan dalam industri kimia dan industri makanan. Pada industri kimia, contohnya garam diperoleh dari air asin jenuh (merupakan contoh dari proses pemurnian) dalam evaporator. Evaporator mengubah air menjadi uap, menyisakan residu mineral di dalam evaporator. Uap dikondensasikan menjadi air yang sudah dihilangkan garamnya. Pada sistem pendinginan, efek pendinginan diperoleh dari penyerapan panas oleh cairan pendingin yang menguap dengan cepat (penguapan membutuhkan energi panas). Evaporator juga digunakan untuk memproduksi air minum, memisahkannya dari air laut atau zat kontaminasi lain.

2.4.3 Prinsip Kerja

Evaporator adalah alat untuk mengevaporasi larutan. Prinsip kerjanya dengan penambahan kalor atau panas untuk memekatkan suatu larutan yang terdiri dari zat terlarut yang memiliki titik didih tinggi dan zat pelarut yang memiliki titik didih lebih rendah sehingga dihasilkan larutan yang lebih pekat serta memiliki konsentrasi yang tinggi.

Proses evaporasi dengan skala komersial di dalam industri kimia dilakukan dengan peralatan yang namanya evaporator. Ada empat komponen dasar yang dibutuhkan dalam evaporasi yaitu: Evaporator, kondensor, injeksi uap, dan perangkap uap.

1. Evaporator.
2. Kondensor adalah salah satu jenis mesin penukar kalor (heat exchanger) yang berfungsi untuk mengkondensasikan fluida
3. Injeksi uap.
4. Perangkat uap

Evaporasi dilaksanakan dengan cara menguapkan sebagian dari pelarut pada titik didihnya, sehingga diperoleh larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Uap yang terbentuk pada evaporasi biasanya hanya terdiri dari satu komponen, dan jika uapnya berupa campuran umumnya tidak diadakan usaha untuk memisahkan komponen-komponennya.

2.4.4 Tipe-tipe

A. Tipe evaporator berdasarkan banyak proses

1. Evaporator efek tunggal (single effect)

Yang dimaksud dengan single effect adalah bahwa produk hanya melalui satu buah ruang penguapan dan panas diberikan oleh satu luas permukaan pindah panas.

2. Evaporator efek ganda

Di dalam proses penguapan bahan dapat digunakan dua, tiga, empat atau lebih dalam sekali proses, inilah yang disebut dengan evaporator efek majemuk. Penggunaan evaporator efek majemuk berprinsip pada penggunaan uap yang dihasilkan dari evaporator sebelumnya.

Tujuan penggunaan evaporator efek majemuk adalah untuk menghemat panas secara keseluruhan, hingga akhirnya dapat mengurangi ongkos produksi.

Keuntungan evaporator efek majemuk adalah merupakan penghematan yaitu dengan menggunakan uap yang dihasilkan dari alat penguapan untuk memberikan panas pada alat penguapan lain dan dengan memadatkan kembali uap tersebut.

Pada evaporator efek majemuk ada 3 macam penguapan, yaitu:

- a. Evaporator Pengumpan Muka (Forward-feed)

- b. Evaporator Pengumpan Belakang (Backward-feed)
- c. Evaporator Pengumpan Sejajar (Parallel-feed)

B. Tipe evaporator berdasarkan bentuknya

1. Evaporator Sirkulasi Alami/paksa

Evaporator sirkulasi alami bekerja dengan memanfaatkan sirkulasi yang terjadi akibat perbedaan densitas yang terjadi akibat pemanasan. Pada evaporator tabung, saat air mulai mendidih, maka buih air akan naik ke permukaan dan memulai sirkulasi yang mengakibatkan pemisahan liquid dan uap air di bagian atas dari tabung pemanas. Jumlah evaporasi bergantung dari perbedaan temperatur uap dengan larutan. Sering kali pendidihan mengakibatkan sistem kering, Untuk menghindari hal ini dapat digunakan sirkulasi paksa, yaitu dengan menambahkan pompa untuk meningkatkan tekanan dan sirkulasi sehingga pendidihan tidak terjadi.

2. Falling Film Evaporator

Evaporator ini berbentuk tabung panjang (4-8 meter) yang dilapisi dengan jaket uap (steam jacket). Distribusi larutan yang seragam sangat penting. Larutan masuk dan memperoleh gaya gerak karena arah larutan yang menurun. Kecepatan gerakan larutan akan mempengaruhi karakteristik medium pemanas yang juga mengalir menurun. Tipe ini cocok untuk menangani larutan kental sehingga sering digunakan untuk industri kimia, makanan, dan fermentasi.

3. Rising Film (Long Tube Vertical) Evaporator

Pada evaporator tipe ini, pendidihan berlangsung di dalam tabung dengan sumber panas berasal dari luar tabung (biasanya uap). Buih air akan timbul dan menimbulkan sirkulasi.

4. Plate Evaporator

Mempunyai luas permukaan yang besar, Plate biasanya tidak rata dan ditopang oleh bingkai (frame). Uap mengalir melalui ruang-ruang di antara plate. Uap mengalir secara co-current dan counter current terhadap larutan. Larutan dan uap masuk ke separasi yang nantinya uap akan disalurkan ke condenser. Evaporator

jenis ini sering dipakai pada industri susu dan fermentasi karena fleksibilitas ruangan. Tidak efektif untuk larutan kental dan padatan

5. Multi-effect Evaporator

Menggunakan uap pada tahap untuk dipakai pada tahap berikutnya. Semakin banyak tahap maka semakin rendah konsumsinya. Biasanya maksimal terdiri dari tujuh tahap, bila lebih seringkali ditemui biaya pembuatan melebihi penghematan energi. Ada dua tipe aliran, aliran maju dimana larutan masuk dari tahap paling panas ke yang lebih rendah, dan aliran mundur yang merupakan kebalikan dari aliran maju.

6. Horizontal-tabung Evaporator

Evaporator horisontal-tabung merupakan pengembangan dari panci terbuka, di mana panci tertutup dalam, umumnya dalam silinder vertikal. Tabung pemanas disusun dalam bundel horisontal direndam dalam cairan di bagian bawah silinder. Sirkulasi cairan agak miskin dalam jenis evaporator.

7. Vertikal-tabung Evaporator

Dengan menggunakan tabung vertikal, bukan horizontal, sirkulasi alami dari cairan dipanaskan dapat dibuat untuk memberikan transfer panas yang baik.

C. Tipe evaporator berdasarkan metode pemanasan:

1. Submerged combustion evaporator adalah evaporator yang dipanaskan oleh api yang menyala di bawah permukaan cairan, dimana gas yang panas bergelembung melewati cairan.
2. Direct fired evaporator adalah evaporator dengan pengapian langsung dimana api dan pembakaran gas dipisahkan dari cairan mendidih lewat dinding besi atau permukaan untuk memanaskan.
3. Steam heated evaporator adalah evaporator dengan pemanasan stem dimana uap atau uap lain yang dapat di kondensasi adalah sumber panas dimana uap terkondensasi di satu sisi dari permukaan pemanas dan panas di transmisi lewat dinding ke cairan yang mendidih.

2.4.5 Aplikasi

Pengaplikasian evaporator di berbagai industri seperti: pada pabrik gula, pabrik garam, industri bahan kimia, industri makanan dan minuman, dan kilang minyak. Proses evaporasi telah dikenal sejak dahulu, yaitu untuk membuat garam dengan cara menguapkan air dengan bantuan energi matahari dan angin. Kegunaan utama dari evaporator adalah menguapkan air pada larutan sehingga larutan memiliki konsentrasi tertentu. Pada industri makanan dan minuman, agar memiliki mutu yang sama pada jangka waktu yang lama, dibutuhkan evaporasi. Misalnya untuk pengawetan adalah pembuatan susu kental manis.

Evaporasi merupakan satu unit operasi yang penting dan biasa dipakai dalam industri kimia dan mineral, misalnya industri aluminium dan gula. Evaporator juga digunakan untuk mengolah limbah radioaktif cair. Kegunaan lainnya adalah mendaur ulang pelarut mahal seperti hexane ataupun sodium hydroxide pada Kraft pulping bisa juga untuk menguapkan limbah agar proses penanganan limbah lebih murah. Contoh-contoh Operasi Evaporasi dalam Industri Kimia lainnya yaitu: Pemekatan larutan NaOH, Pemekatan larutan KNO₃, Pemekatan larutan NaCl, Pemekatan larutan nitrat dan lain-lain.

Solenoid merupakan sebuah peralatan yang digunakan sebagai converter sinyal elektrik atau listrik menjadi gerak linear mekanik. Solenoid diciptakan dari kumparan dan inti besi yang bias digerakkan. Kekuatan menarik dan mendorong ditentukan berdasarkan oleh jumlah lilitan pada kumparan. Sentakan dari solenoid sangatlah penting. Katup otomatis, didorong oleh sebuah diafragma atau torak (*piston*) yang pada gilirannya mengaktifkan katup.

2.5 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.

Menurut Kreith (1991:524) bahwa pengertian kondensasi adalah proses yang terjadi apabila uap jenuh bersentuhan dengan suatu permukaan yang suhunya lebih rendah.

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

Proses terjadinya kondensasi terjadi apabila terdapat pelepasan kalor dari suatu sistem yang mana menyebabkan (uap) berubah kedalam bentuk yang cair (liquid).