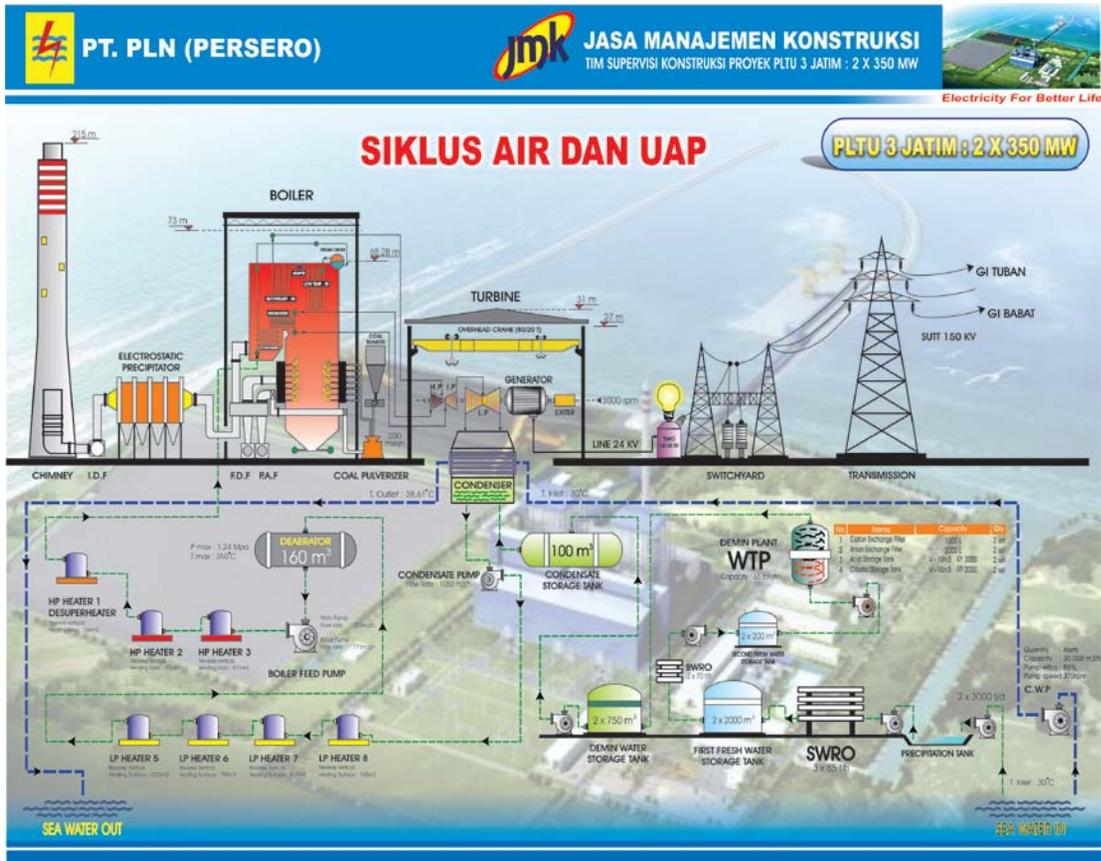


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Siklus Air dan Uap

Siklus air dan uap di PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar Awar sebagai tinjauan pustaka awal dan pembahasan awal yang nantinya akan merujuk ke unit kondensor. Siklus air dan uap di PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar Awar seperti pada gambar 2.1.



Sumber: PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar Awar

Gambar 2.1 Siklus Uap dan Air

Seperti gambar 2.1 siklus air dan uap dimulai dari pengambilan air laut dengan menggunakan pompa air laut (*Sea Water Pump*). Proses pertama pengolahan air adalah dengan disaring terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran-kotoran atau sampah yang berukuran cukup besar. Setelah itu air diinjeksikan dengan *chlorin* untuk membuat mabuk biota-biota laut yang ada di air laut, sehingga biota laut tidak membuat sarang atau berkembang biak di *tube condensor* dan pipa line CWP.

Setelah itu air menuju ke *desalination plant*. Di *desalination plant* ini air laut diolah untuk menghilangkan kadar garam dari air laut. *Desalination plant* di PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar-Awar menggunakan RO (*Reverse Osmosis*). Prosesnya adalah dengan memompakan air laut untuk masuk kedalam vessel-vessel yang didalamnya terdapat membran semi permeabel. Pada proses ini molekul garam tidak dapat menembus membran sehingga yang mengalir hanyalah molekul air saja. Air laut yang telah melewati proses RO akan berubah menjadi air tawar dan ditampung pada *fresh water storage tank*.

Proses selanjutnya adalah proses penghilangan mineral-mineral yang terkandung di air tawar yang terjadi di WTP (*Water Treatment Plant*). Proses yang terjadi di *Water Treatment Plant* adalah pengikatan ion-ion positif dan negatif dari *raw water* dengan menggunakan resin. Resin yang digunakan bermuatan positif dan negatif, jadi ion positif yang terkandung dalam air akan terikat oleh resin bermuatan negatif, sementara ion negatif yang terkandung dalam air akan terikat oleh resin bermuatan positif.

Hasil dari WTP adalah *demin water* (air bebas mineral) yang ditampung di *demin water tank*. *Demin water* dari *demin water tank* ini kemudian dipompakan menuju *condensate tank*. Pada *condensate tank* ini air ditampung dan akan digunakan untuk menambah air kondensat di *condensor* bila terjadi kekurangan. Setelah melewati *condenser*, air kondensat akan dipompakan menggunakan *condensate pump* menuju *Low Pressure Heater* untuk pemanasan awal. Media pemanasnya adalah uap ekstraksi yang diambil dari *low pressure turbine (LP Turbin)*. Pada PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar-Awar terdapat 4 *LP heater* yaitu *LP heater 5,6,7,8*.

Prinsip kerjanya adalah air pengisi dialirkan di dalam pipa, dan uap panas mengalir di luar pipa. Setelah dipanasi di *LP heater* air pengisi kemudian dialirkan menuju *deaerator* untuk proses penghilangan unsur oksigen yang masih terkandung dalam air pengisi. Di dalam *deaerator* terjadi kontak langsung antara air pengisi dan uap oleh karena itu disebut *open feed water (direct contact)*. Uap akan memisahkan gas dari air pengisi untuk kemudian gas-gas tersebut bergerak dengan cepat ke bagian atas *deaerator* dan selanjutnya dibuang ke atmosfer. Uap yang digunakan berasal dari ekstraksi uap *IP turbine*. Setelah dari *deaerator* air langsung dipompakan oleh *boiler feed pump* menuju *HP heater* untuk memanaskan air pengisi. Prinsip kerja dari *HP heater* sama dengan *LP heater*, bedanya hanya pada uap ekstraksi yang digunakan dimana *HP heater* menggunakan uap ekstraksi dari HP dan IP turbin. Pada PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar-Awar terdapat 3 *HP heater*, yaitu *HP heater 1,2,3*. Air kemudian masuk ke *economizer* untuk pemanasan akhir air sebelum masuk ke *steam*

drum. *Steam drum* adalah alat yang digunakan untuk menampung sekaligus memisahkan air pengisi boiler yang masih berbentuk air dengan yang sudah berbentuk uap basah. Prinsip kerjanya secara alami, maksudnya adalah air yang sudah menjadi uap akan berada di atas, dan yang masih berwujud air akan berada di bagian bawah *steam drum*. Uap akan langsung dialirkan ke *superheater*, sementara air akan turun melewati *water wall* untuk diuapkan dan kemudian dialirkan ke *superheater*.

Pada *superheater*, uap basah dari *steam drum* dan *water wall* akan dipanaskan lagi menjadi uap panas lanjut (uap kering). Uap panas lanjut ini kemudian dialirkan ke *HP turbine* untuk memutar sudu – sudu *HP turbine*. Setelah digunakan di *HP turbin*, uap akan mengalami ekspansi (tekanan dan temperatur uap turun). Uap dari *HP turbine* akan kembali dipanaskan di boiler melalui *reheater*. Pada *reheater*, uap akan dipanaskan lagi pada tekanan konstan lalu dialirkan ke *IP turbine* untuk memutar sudu – sudu *IP turbine*. Setelah digunakan di *IP turbin*, uap tidak dipanaskan lagi, tapi langsung dialirkan ke *LP turbine* untuk memutar sudu – sudu *LP turbine*. Terakhir, uap yang keluar dari *LP turbine* kemudian dialirkan ke *condensor* untuk dikondensasikan menjadi air pengisi. Proses kondensasi uap menggunakan media pipa-pipa kecil yang dialiri oleh air laut sebagai pendinginnya yang dipompakan oleh CWP (*Circulating Water Pump*). Air kondensat ini kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi boiler dengan proses yang sama. Begitulah siklus air dan uap yang terjadi di PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar-Awar.

Perpindahan Panas

Panas atau kalor merupakan salah satu bentuk energi. Panas dapat berpindah dari suatu zat ke zat lain. Panas dapat berpindah melalui tiga cara yaitu :

Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas melalui gelombang dari suatu zat ke zat yang lain. Jadi, selama memindahkan energi, panas tidak memerlukan apapun. Pada hakikatnya, proses perpindahan panas secara radiasi terjadi dengan perantaraan foton dan juga gelombang elektromagnetik. Apabila sejumlah energi panas menimpa suatu permukaan, maka energi panas tersebut akan dipantulkan sebagian, dan sebagian lainnya akan diserap ke dalam dinding dan sebagiannya lagi akan menembus bahan. Contoh peristiwa radiasi antara lain panas matahari yang dapat mengeringkan pakaian yang dijemur. Ciri - ciri dari perpindahan panas secara radiasi yaitu :

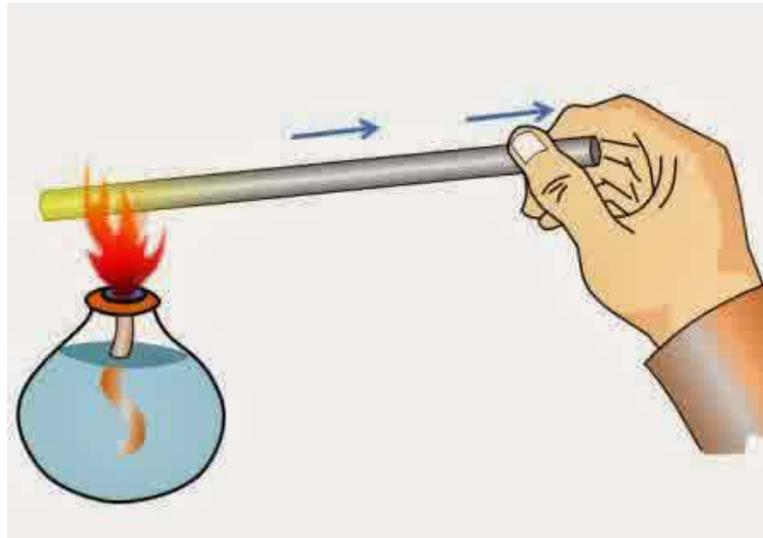
1. Perpindahan panas secara radiasi merambat lurus.
2. Tidak memerlukan media perantara selama memindahkan panas dari suatu zat ke zat lain.

Konduksi

Perpindahan secara konduksi adalah perpindahan kalor melalui zat penghantar tanpa disertai perpindahan bagian - bagian zat itu. Perpindahan kalor dengan cara konduksi pada umumnya terjadi pada zat padat. Suatu zat dapat menghantar kalor disebut konduktor, seperti berbagai jenis logam. Sedangkan zat penghantar kalor yang

buruk disebut isolator yang pada umumnya benda - benda non logam. Contoh konduksi adalah memanaskan batang besi di atas nyala api. Apabila salah satu ujung besi dipanaskan, kemudian ujung yang lainnya dipegang, maka semakin lama ujung yang dipegang semakin panas. Hal ini menunjukkan bahwa kalor atau panas berpindah dari ujung besi yang dipanaskan ke ujung besi yang dipegang. Dapat diambil kesimpulan bahwa berpindahnya kalor berasal dari bagian yang memiliki temperatur tinggi ke bagian yang memiliki temperatur rendah. Energi kalor pada ujung batang tersebut akan memindahkan sebagian energi kepada molekul dan elektron yang membangun bahan tersebut.

Sifat bahan yang digunakan untuk menyatakan bahwa bahan tersebut merupakan konduktor atau isolator ialah koefisien konduksi termal. Apabila nilai koefisien ini tinggi, maka bahan mempunyai kemampuan mengalirkan kalor dengan cepat. Sedangkan untuk isolator pasti memiliki nilai koefisien konduktivitas yang kecil. Pada umumnya, bahan yang dapat menghantar arus listrik dengan sempurna (logam) adalah penghantar panas yang baik dan sebaliknya apabila bahan tidak dapat menghantarkan listrik maka itu adalah penghantar panas yang buruk.



Sumber: www.pengertianahli.com

Gambar 2.2 Perpindahan Panas secara Konduksi

Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas melalui zat penghantar yang disertai dengan perpindahan bagian - bagian zat itu. Pada umumnya zat penghantar yang dipakai berupa zat cair dan gas. Kalor berpindah karena adanya aliran zat yang dipanaskan akibat adanya perbedaan massa jenis (berat jenis). Massa jenis bagian yang dipanaskan lebih kecil daripada massa jenis bagian zat yang tidak dipanaskan. Contoh konveksi adalah memanaskan air dalam panci hingga mendidih. Peristiwa sehari - hari yang berhubungan dengan konveksi kalor adalah terjadinya angin darat dan angin laut.

Proses perpindahan panas secara konveksi hanya terjadi pada permukaan bahannya saja. Keadaan permukaan dan keadaan di sekeliling dari permukaan itulah yang paling utama. Perpindahan panas secara konveksi tentu hanya terjadi pada zat yang mengalir.

Alat Penukar Kalor

Alat penukar kalor adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai uap lewat panas (*superheated steam*) dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung begitu saja.

Perpindahan panas pada alat penukar kalor biasanya melibatkan konveksi masing - masing fluida dan konduksi sepanjang dinding yang memisahkan kedua fluida. Laju perpindahan panas antara kedua fluida pada alat penukar kalor bergantung pada besarnya perbedaan temperatur pada lokasi tersebut, dimana bervariasi sepanjang alat penukar kalor. Berdasarkan kontak dengan fluida, alat penukar kalor tersebut dapat dibedakan menjadi dua macam, antara lain :

1. Alat penukar kalor yang langsung,

Pada alat ini fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin (tanpa adanya pemisah) dalam suatu bejana atau ruangan tertentu. Salah satu contohnya adalah deaerator.

2. Alat penukar kalor yang tidak langsung

Pada alat ini fluida panas tidak berhubungan langsung (*indirect contact*) dengan fluida dingin. Jadi proses perpindahan panasnya itu mempunyai media perantara,

seperti pipa, pelat atau peralatan jenis lainnya. Salah satu contohnya adalah kondensor.

Alat Penukar Kalor Berdasarkan Tingkat Kekompakan Permukaan Pemindah Panas

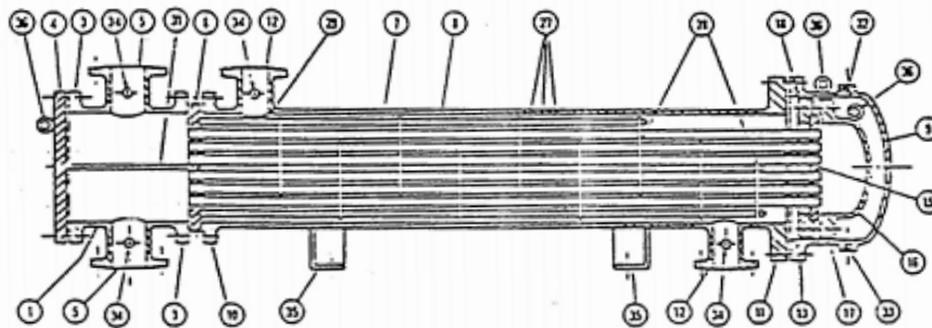
Maksud kata kekompakan luas permukaan perpindahan panas disini adalah permukaan efektif yang tersentuh oleh salah satu zat (biasanya diambil yang tertinggi nilainya dalam m^2) dibagi dengan volume penukar panas yang menempati ruangan dalam m^3 .

Alat Penukar Kalor Berdasarkan Profil Konstruksi Permukaan

Berdasarkan profil konstruksi permukaan, alat penukar panas yang digunakan di perindustrian antara lain dengan konstruksi pipa dan tabung (*shell and tube heat exchanger*), pipa bersirip (*tube with extended surface / fins and tube*), alat penukar panas pelat (*plate heat exchanger*), dan alat penukar panas tipe spiral (*spiral heat exchanger*).

1. Tipe tabung dan pipa (*shell and tube*)

Tipe tabung dan pipa merupakan jenis penukar kalor yang paling banyak digunakan di industri khususnya industri perminyakan. Jenis ini terdiri dari suatu tabung dengan diameter cukup besar yang di dalamnya berisi pipa dengan diameter relatif kecil. Salah satu fluida yang dipertukarkan energinya dilewatkan di dalam pipa atau berkas pipa sedang fluida yang lainnya dilewatkan di luar pipa atau di dalam tabung.



(a)

Sumber: www.real-world-physics-problems.com

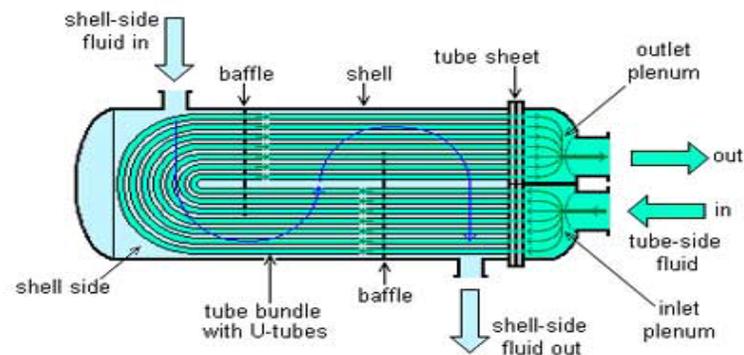
Gambar 2.3 *Shell and Tube Heat Exchanger*

Keterangan :

1. Tabung (*Shell*)
2. Tutup Tabung (*Shell Cover*)
3. Flens sisi alur (*shell flange channel end*)
4. Flens sisi tutup tabung (*shell flange cover end*)
5. Nosel (*Shell Nozzle*)
6. Pemegang pipa mengambang (*floating tube sheet*)
7. Penutup tabung mengambang (*floating head cover*)
8. Flens mengambang (*floating head flange*)
9. Peralatan di belakang flens (*floating head backing device*)
10. Pemegang pipa tetap (*stationary tubesheet*)
11. Kanal atau tutup tetap (*channel or stationary head*)
12. Tutup kanal (*channel cover*)
13. Nosel kanal (*channel nozzle*)

14. Batang penguat dan pemisah (*tie rod and spacers*)
15. *Baffle* pelat pendukung
16. *Impingement baffle*
17. *Pass partition*
18. Penghubung pengeluaran gas (*vent connection*)
19. Penghubung tempat pembuangan (*drain connection*)
20. Tempat alat ukur
21. Penopang (*saddles*)
22. *Lifting lugs*
23. Pipa - pipa (*tubes*)
24. Weir penyambung alat untuk melihat ketinggian cairan (*liquid level connection*)

Selain bentuk *shell and tube*, ada juga tipe lainnya yang sering dipakai di pembangkit listrik, yaitu tipe pipa U (*U - tube type*) dan tipe dua pipa (*double pipe type*).



Sumber: www.real-world-physics-problems.com

Gambar 2.4 Alat Penukar Kalor Tabung dan Pipa Tipe U

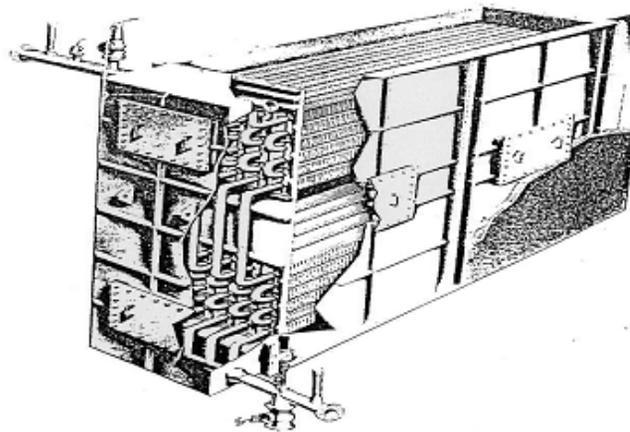
Pada *shell and tube heat exchanger* tipe pipa U ini memiliki kelebihan yaitu biasanya memiliki *heating surface area* yang lebih besar dengan volume *heat exchanger* yang lebih kecil sehingga memiliki kekompakan yang baik.

2. Tipe pipa bersirip (*fins and tubes*)

Salah satu contoh penukar kalor tipe pipa bersirip ini diperlihatkan pada Gambar 2.5. Contoh yang lain banyak dijumpai di lapangan antara lain radiator mobil, kondensor dan evaporator mesin pendingin dan masih banyak lagi yang lain. Pada umumnya penukar kalor jenis pipa bersirip ini dipergunakan untuk fluida cair dan gas dimana fluida gas dilalukan di luar pipa, yaitu bagian yang bersirip. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan efektivitas transfer energi karena biasanya pada sisi gas koefisien perpindahan kalor memiliki nilai yang kecil sehingga untuk kompensasi agar laju transfer energinya meningkat diperlukan luas permukaan perpindahan kalor yang relatif tinggi.

Namun demikian pada kenyataannya dengan peningkatan luas permukaan sirip bukan berarti laju transfer energi meningkat secara proporsional terhadap peningkatan luas tersebut karena adanya efektivitas penggunaan sirip. Secara umum tentunya di dalam sirip juga terjadi mekanisme perpindahan kalor, sementara itu sirip juga memiliki tahanan termal sehingga temperatur sirip akan bervariasi dengan nilai yang selalu berbeda

dengan temperatur fluida yang berada di dalam pipa. Oleh karena laju transfer energi sangat tergantung pada beda temperatur antara kedua fluida sedangkan dengan adanya sirip akan menambah tahanan termal proses dan bagi suatu tempat di sirip yang lokasinya jauh dari fluida yang berada di dalam pipa akan bertemperatur sedemikian rupa sehingga bedanya dengan fluida yang berada di luar pipa akan mengecil, maka efektivitas laju transfer energi akan mengecil.



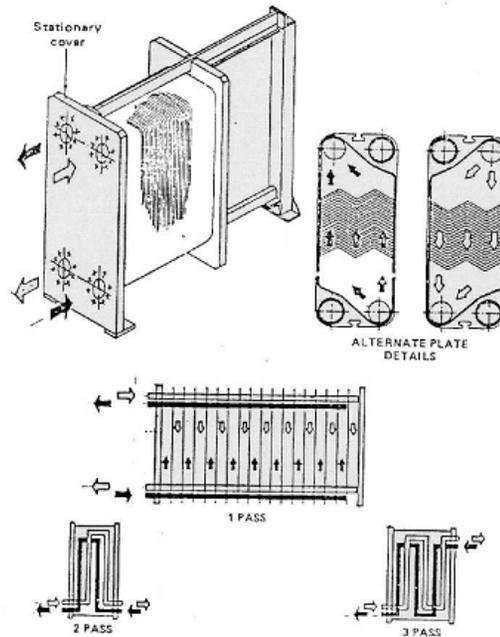
Sumber: eprints.undip.ac.id

Gambar 2.5 Penukar kalor tipe pipa bersirip (*fins and tube*)

3. Tipe pelat (*plate heat exchanger*)

Penukar kalor tipe pelat merupakan penukar kalor yang sangat kompak karena memiliki kekompakan yang sangat tinggi. Penukar kalor jenis ini terdiri dari pelat-pelat yang sudah dibentuk dan ditumpuk-tumpuk sedemikian rupa sehingga alur aliran untuk suatu fluida akan terpisahkan oleh pelat itu sendiri terhadap aliran fluida satunya serta dipisahkan dengan gasket. Jadi kedua fluida yang saling dipertukarkan energinya tidak saling

bercampur. Salah satu contoh penukar kalor tipe pelat ini diperlihatkan pada Gambar 2.6.

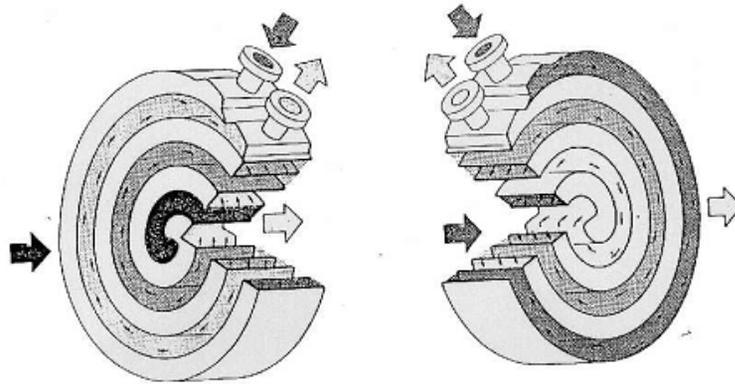


Sumber: eprints.undip.ac.id

Gambar 2.6 Penukar kalor tipe pelat (*plate heat exchanger*)

4. Tipe Spiral (*spiral heat exchanger*)

Penukar kalor tipe spiral diperlihatkan pada Gambar 2.7. Arah aliran fluida menelusuri pipa spiral dari luar menuju pusat spiral atau sebaliknya dari pusat spiral menuju ke luar. Permukaan perpindahan kalor efektif adalah sama dengan dinding spiral sehingga sangat tergantung pada lebar spiral dan diameter serta berapa jumlah spiral yang ada dari pusat hingga diameter terluar.



Sumber: eprints.undip.ac.id

Gambar 2.7 Penukar kalor tipe spiral

Alat Penukar Kalor Berdasarkan Susunan Aliran Fluida

Susunan aliran fluida didefinisikan sebagai jumlah berapa kali fluida mengalir sepanjang penukar panas sejak saat masuk hingga meninggalkannya serta jenis arah alirannya juga. Berdasarkan jumlah laluan yang dilakukan fluida melalui alat penukar panas dibedakan menjadi satu laluan dan banyak laluan.

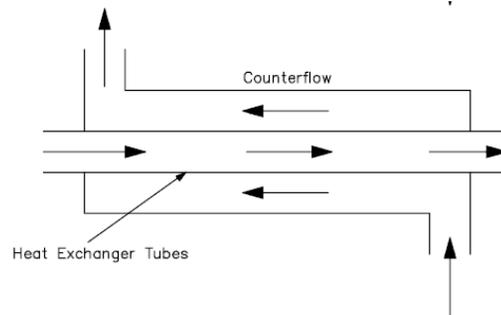
1. Fluida yang mengalir satu kali melalui alat penukar panas.

Pada alat penukar panas jenis ini, tipe aliran fluidanya dibedakan menjadi tiga macam, yaitu :

- a. Penukar Panas Tipe Aliran Berlawanan

Penukar kalor tipe aliran berlawanan yaitu bila kedua fluida mengalir dengan arah yang saling berlawanan. Pada tipe ini masih mungkin terjadi bahwa temperatur fluida yang menerima kalor saat keluar penukar kalor lebih tinggi dibanding temperatur fluida yang memberikan kalor saat meninggalkan penukar kalor. Bahkan idealnya apabila luas permukaan

perpindahan kalor adalah tak berhingga dan tidak terjadi rugi-rugi kalor ke lingkungan, maka temperatur fluida yang menerima kalor saat keluar dari penukar kalor bisa menyamai temperatur fluida yang memberikan kalor saat memasuki penukar kalor. Dengan teori seperti ini jenis penukar kalor berlawanan arah merupakan penukar kalor yang paling efektif.

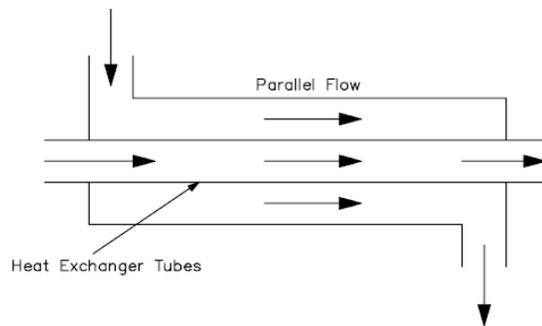


Sumber: www.academica.edu

Gambar 2.8 Aliran *Counterflow* pada alat penukar panas

b. Penukar Panas Tipe Aliran Sejajar

Penukar kalor tipe aliran sejajar yaitu bila arah aliran dari kedua fluida di dalam penukar kalor adalah sejajar. Artinya kedua fluida masuk pada sisi yang satu dan keluar dari sisi yang lain. Pada jenis ini temperatur fluida yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi dibanding yang menerima energi sejak mulai memasuki penukar kalor hingga keluar. Dengan demikian temperatur fluida yang menerima kalor tidak akan pernah mencapai temperatur fluida yang memberikan kalor saat keluar dari penukar kalor. Jenis ini merupakan penukar kalor yang paling tidak efektif.

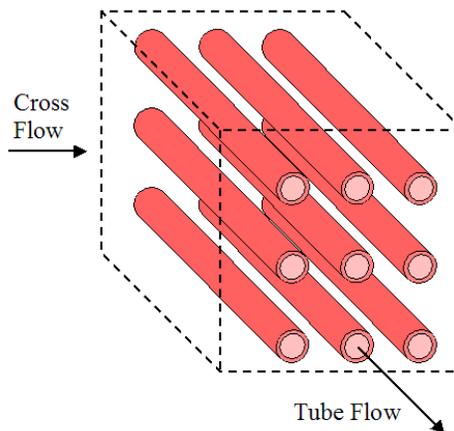


Sumber: www.academica.edu

Gambar 2.9 Aliran *Parallel* pada alat penukar panas

c. Alat Penukar Panas Tipe Aliran Silang

Penukar kalor dengan aliran silang artinya arah aliran kedua fluida saling bersilangan. Contoh yang sering ditemui adalah radiator mobil dimana arah aliran air pendingin mesin yang memberikan energinya ke udara saling bersilangan. Apabila ditinjau dari efektivitas pertukaran energi, penukar kalor jenis ini berada diantara kedua jenis di atas. Dalam kasus radiator mobil, udara melewati radiator dengan temperatur rata-rata yang hampir sama dengan temperatur udara lingkungan kemudian memperoleh kalor dengan laju yang berbeda di setiap posisi yang berbeda untuk kemudian bercampur lagi setelah meninggalkan radiator sehingga akan mempunyai temperatur yang hampir seragam.



Sumber: www.real-world-physics-problems.com

Gambar 2.10 Aliran *Crossflow* pada Alat Penukar Panas

2. Fluida yang mengalir beberapa kali melalui alat penukar panas

Pada alat penukar panas untuk multi laluan, terbagi ke dalam beberapa tipe sesuai dengan arah aliran kedua fluida yang saling bertukaran energinya, antara lain :

- a. Tipe gabungan antara aliran berlawanan dan bersilangan, misal pada tipe tabung dan pipa.
 - b. Tipe gabungan antara aliran sejajar dan bersilangan.
 - c. Tipe gabungan antara aliran berlawanan, sejajar dan bersilangan.
 - d. Tipe aliran fluida terbagi dan fluida bercampur, misal pada kondenser AC.
3. Alat Penukar Kalor Berdasarkan Jumlah Fluida yang Saling Ditransfer Energinya

Pada umumnya, alat penukar panas beroperasi menggunakan dua fluida (keduanya dapat merupakan zat yang sama). Namun, ada pula

penukar panas yang menggunakan tiga jenis fluida, seperti pada instalasi pemisah udara yang terdiri dari refrigeran, oksigen, dan nitrogen. Pada unit pemisah antara helium dan udara terdiri dari oksigen dan nitrogen serta penukar panas yang digunakan dalam proses sistesa gas amonia pada pabrik pupuk. Dengan demikian, berdasarkan jumlah fluida yang digunakan, ada dua kategori alat penukar panas, yaitu alat penukar panas dengan dua fluida dan alat penukar panas dengan lebih dari dua fluida kerja.

4. Alat Penukar Panas Berdasarkan Mekanisme Perpindahan Panas yang Dominan

Klasifikasi alat penukar panas berdasarkan mekanisme perpindahan panas yang dominan, alat penukar panas dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Alat Penukar Panas Tipe Konveksi Satu Fasa (Konveksi Alamiyah maupun Konveksi Paksa)

Mekanisme perpindahan panas pada alat penukar panas tipe konveksi satu fasa terjadi didominasi oleh mekanisme konveksi dan selama proses perpindahan panas tidak terjadi perubahan fasa pada kedua fluida yang saling ditukarkan energinya. Contoh alat penukar panas jenis ini adalah radiator mobil, pendingin pelumas dengan air dan lain - lain.

2. Alat Penukar Panas Tipe Konveksi Dua Fasa

Mekanisme untuk perpindahan panas pada alat penukar panas tipe konveksi dua fasa adalah konveksi masih dominan namun salah satu fluida akan mengalami perubahan fasa, misalnya evaporator AC, kondenser PLTU, dsb.

3. Alat Penukar Panas Tipe Konveksi dan Radiasi

Mekanisme pada alat penukar panas tipe konveksi dan radiasi adalah bahwa radiasi dan konveksi sama - sama dominan seperti yang terjadi pada boiler uap tipe pipa air dimana air yang akan diuapkan mengalir di dalam pipa - pipa sedangkan api atau gas hasil pembakaran yang dipergunakan untuk memanaskan air berada di luar pipa - pipa tersebut.

Kondenser

Kondenser yang digunakan pada PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar Awar merupakan alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang berfungsi mengkondensasikan uap yang keluar dari *LP Turbine* menjadi air dengan pendinginan menggunakan air laut atau mengubah fase *exhaust steam* (uap *mixture*) yang berasal dari *LP Turbine* menjadi fase cair. Agar proses PLTU lebih efisien, maka tekanan di kondenser harus rendah (*vacuum*). Kevacuuman pada kondenser didapatkan dengan cara menghisap ruang kondenser dengan *Vacuum Pump*, kemudian membuang gas - gas yang tidak

dapat terkondensasi sehingga kevacuuman kondenser dapat terjaga. Air hasil kondensasi disebut air kondensat (*condensate water*). Selanjutnya air tersebut disirkulasikan kembali ke boiler untuk diproses kembali menjadi uap. Uap mengalir di luar pipa - pipa (*shell side*) sedangkan air sebagai air pendingin mengalir di dalam pipa - pipa (*tube side*). Air pendingin diambil dari sumber yang cukup besar persediannya, yaitu dari laut.



Sumber: PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar Awar

Gambar 2.11 Kondenser PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar Awar