

BAB III

PEMELIHARAAN ALAT PENUKAR KALOR

(HEAT EXCHANGER MAINTENANCE)

Pendahuluan

Hampir di setiap industri yang mengolah bahan mentah atau setengah jadi menjadi produk akhir yang siap dikonsumsi, peralatan penukar kalor dipakai untuk maksud-maksud :

- ❖ Konservasi energi, misalnya economizer
- ❖ Pendingin produk, misalnya cooler, condenser
- ❖ Pendingin media penyejuk, misalnya chiller dan radiator
- ❖ Pembuat uap air, misalnya boiler
- ❖ Pemanas produk, misalnya boiler dan lain-lain.

Sebagai media yang dipakai untuk pertukaran kalor tersebut adalah produk itu sendiri. Sebagai contoh antara lain air pendingin, uap air, udara biasa maupun udara panas, nyala api, gas bekas pembakaran, dan lain- lain. Penukaran kalor terjadi antara media yang satu melalui dinding perantara ke media yang lain. Penukaran kalor dapat terjadi sewaktu kedua media sedang mengalir. Pada pasal selanjutnya akan menyajikan secara singkat tentang cara-cara pemeliharaan peralatan ini yang lazim dilaksanakan di industri.

Jenis-jenis alat penukar kalor yang akan dirawat

Jenis penukar kalor telah disinggung pada bab lain, namun tidak ada jeleknya kita ulangi secara singkat uraian jenis penukar kalor ini terutama dari segi-segi yang berkaitan dengan teknik perawatan agar memudahkan kita dalam merawat. Dari prinsip dan cara kerja yang berbeda, peralatan penukar kalor dapat dibagi dalam beberapa jenis, antara lain:

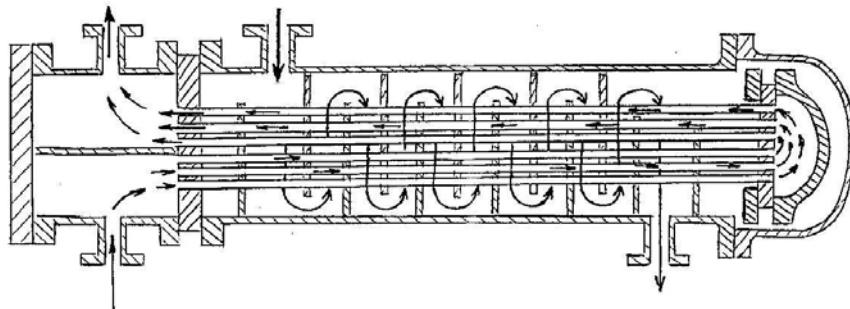
Jenis Shell & Tube

Jenis ini terdiri dari badan yang berbentuk silindris yang disebut shell, dan isi didalamnya yang berupa seberkas pipa-pipa kecil atau tube yang diikat menjadi satu oleh lempengan-lempengan pelat dan bahan yang sejenis dengan bahan tube tersebut yang disebut Tube Sheet atau dudukan tube. Bagian ini disebut tube bundle, sedang untuk mengefektifkan proses pertukaran kalor, sepanjang shell tadi, secara melintang terhadap tube-tube tadi dipasang piringan-piringan dari bahan sejenis yang disebut baffle plate atau piring kejut.

Jenis ini jika ditinjau dari konstruksinya dapat dibagi dalam beberapa tipe, yakni :

a. *Jenis floating tube type (Tipe tube bebas)*

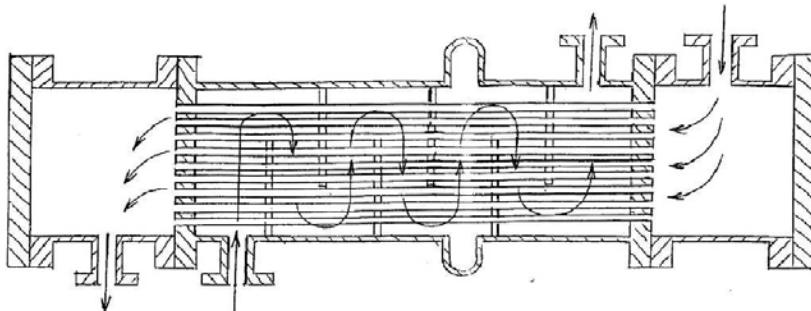
Tipe ini, seperti diperlihatkan pada gambar 1, di dalam standard TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association = Asosiasi pembuat peralatan penukar kalor), adalah tipe A dan B untuk tutup alur (channel) dan tipe P, S, T dan W untuk tutup apung.



Gambar 1. Penukar kalor shell & Tube tipe tube bebas^[1]

b.Jenis Fixed tube type (tipe tube terikat)

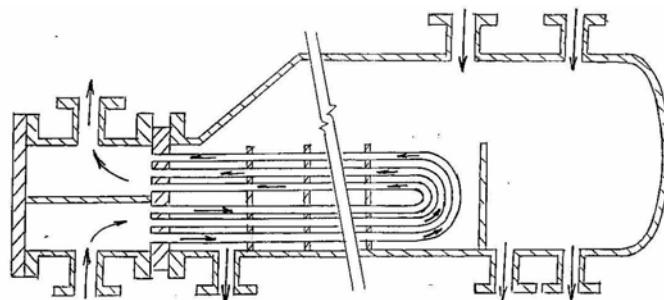
Pada standard TEMA, tipe ini adalah C, N dan D untuk tutup alur dan tipe L, N, N untuk tutup shell.



Gambar 2. Penukar kalor shell & Tube tipe tube terikat^[1]

c.Jenis Hair pin bundle/cattle type

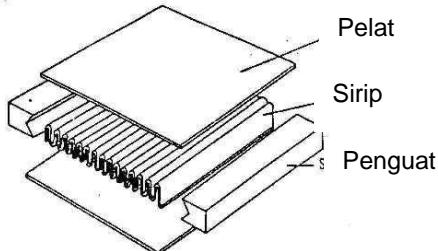
Jenis ini, seperti diperlihatkan pada gambar 3, sebenarnya termasuk ripe tube bebas dilengkapi dengan tutup apung (floating head). Pipa-pipanya tampak sebagai jepitan rambut, oleh sebab itu disebut *hair pin type*.



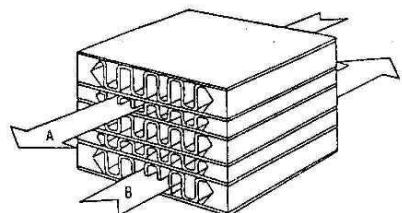
Gambar 3. Penukar kalor shell & Tube tipe *hair pin* atau *cattle*^[1]

Plate heat exchanger

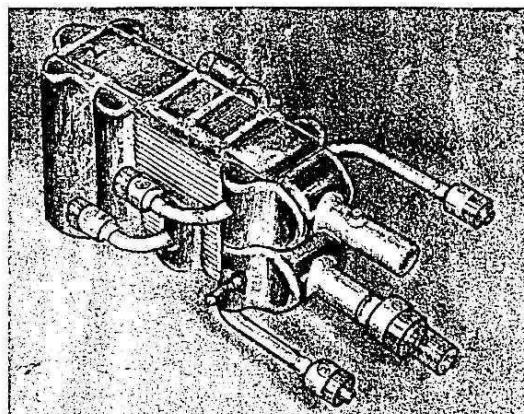
Alat penukar kalor tipe ini, seperti diperlihatkan pada gambar 5, pada umumnya terbuat dari bahan nonferrous yakni bahan aluminium. Hal ini disebabkan oleh daya rambat panasnya yang sangat tinggi.



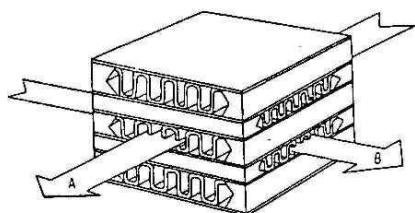
Gambar satu lapis pelat



Gambar assembly tipe aliran lawan



Gambar assembly penukar kalor tipe pelat untuk pencairan gas Helium (He)

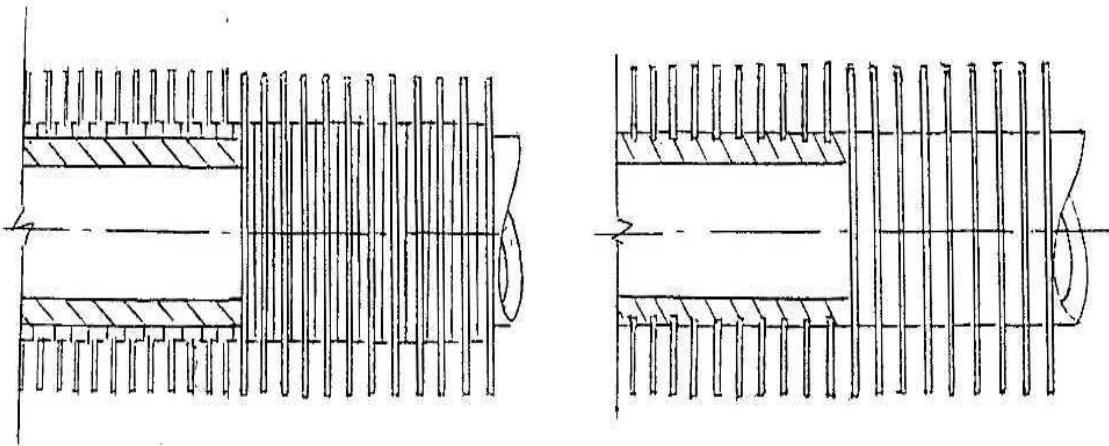


Gambar assembly tipe aliran silang

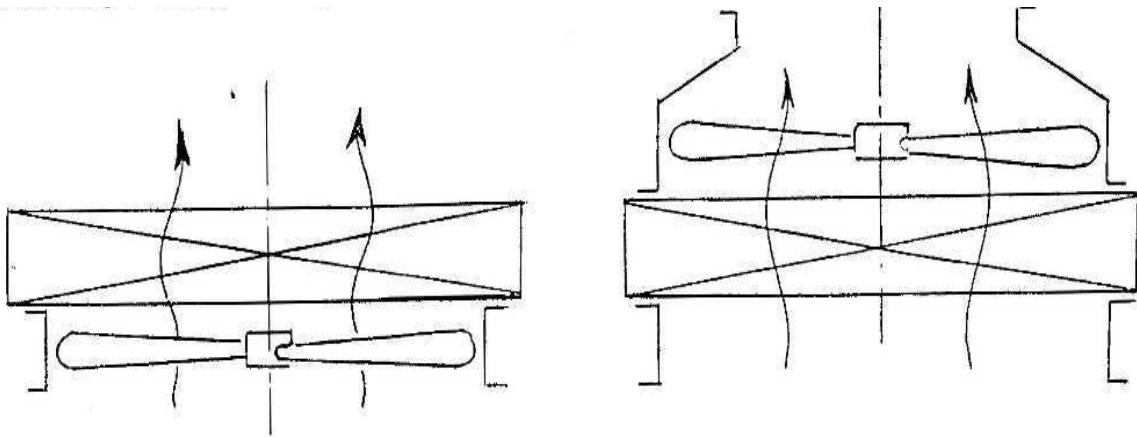
Gambar 4. Penukar kalor tipe pelat (plate heat exchanger)^[1]

Fin heat exchanger (tipe pipa bersirip)

Alat penukar kalor ini hanya dimaksudkan sebagai penukar kalor untuk fluida cair dengan gas. Gas berada atau mengalir disisi sirip sedang cairannya mengalir di dalam pipa. Agar permukaan yang didinginkan bertambah luas maka pipa-pipa produk ditambah sirip yang terbuat dari bahan aluminium yang lazim disebut *fin*. Sirip-sirip ini dipasang secara dilekatkan (extruded) atau ditanam (imbedded) dalam dinding pipa, seperti diperlihatkan pada gambar 5.



Selanjutnya pendinginan dengan udara dapat ditiuangkan atau dihisap, tergantung kebutuhan :



Gambar 5. Penukar kalor pipa bersirip (*fins heat exchanger*)^[1]

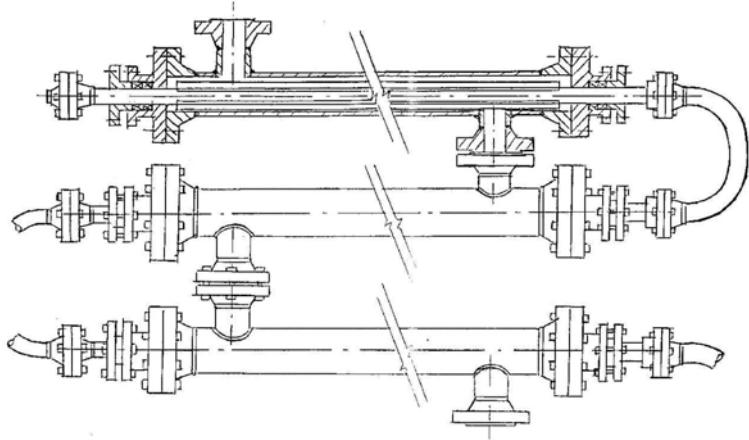
Kefektifan pendinginan tergantung pada kondisi sirip/fins (rusak, kotor oleh sampah dari udara), suhu udara pendingin, putaran dan sudut baling-baling kipas.

Masih terdapat tipe-tipe alat penukar kalor yang lain, seperti misalnya cooling tower, dimana fluida yang didinginkan disalurkan melalui pipa-pipa, sedang diluaranya diperikkan/disiramkan air pendingin keatas pipa tersebut.

Double pipe heat exchanger

Peralatan penukar kalor jenis ini, seperti diperlihatkan pada gambar 6 sebenarnya bukan tipe shell & tube, karena bentuknya hanya merupakan pipa didalam pipa. Sebagai sarana penghantar kalor adalah pipa yang sebelah dalam.

Jenis alat penukar kalor ini dapat didesain untuk tekanan yang sangat tinggi (hingga 150 kg/cm²).



Gambar 6. Penukar kalor *double pipe* (dua pipa konsentrik)^[1]

Jenis-jenis kerusakan pada alat penukar kalor dan penyebabnya.

Jenis-jenis kerusakan penukar kalor dapat dibagi menjadi beberapa kategori antara lain:

a. Kerusakan mekanik akibat salah angkat atau salah angkut (mishandling)

Jenis kerusakan mekanis dapat disebabkan oleh cara-cara penanganan yang salah (seperti kerusakan mekanis pada shell akibat pengangkatan dan transportasi berupa goresan dalam (scratch), melesak kedalam (dent) dan kerusakan pada dudukan gasket di flens).

Kerusakan pada tube bundle berupa beberapa tube tergores dalam, gepeng, bengkok/melengkung, tube sheet (dudukan tube) rusak, over expansion pada beberapa ujung tube sewaktu penggerolan dalam dudukan tube, dan lain-lain. Kerusakan pada tube bersirip (fins tube) biasanya berupa kerusakan pada fin karena tertindih benda berat.

b. Kerusakan mekanik akibat operasi

Kerusakan mekanis akibat operasi adalah antara lain erosi di dalam pipa yang diakibatkan oleh adanya butir-butir padat di dalam fluida yang mengalir deras. Serangan erosi ini biasanya terjadi pada ujung-ujung tube pada bagian pemasukan fluida.

c. Kerusakan akibat serangan karat

1. Kerusakan sebelah luar tube dan sebelah dalam shell

Kerusakan ini disebabkan oleh kondisi fluida diruang shell sangat asam sehingga menimbulkan karat baik pada dinding shell sebelah dalam maupun dinding luar tube.

Untuk penggunaan didalam industri migas misalnya, serangan karat biasanya berasal dari:

1. Asam naphthanic yang berada dalam hydrocarbon itu sendiri
2. Asam chlorida (HCl) yang berasal dan proses hidrolisa garam ammonium chlorida dan hasil senyawa antara injeksi gas NH₃ dengan garam NaCl didalam minyak mentah yang terurai dan bersenyawa dengan uap air menjadi asam chlonida (HCl) sewaktu proses penyulingan.
3. Asam hidrogen sulfida (H₂S, yang berasal dan kandungan sulfur didalam minyak mentah dari timur tengah.
4. Kandungan O₂ di dalam air pendingin
5. Kandungan C0₂ di dalam kondensat
6. Kandungan garam di dalam air pndingin (karat air laut)
7. Kondisi galvanis antara bahan-bahan perbuat yang berbeda (bemetalllic corrosion/galvanic corrosion).
8. Kandungan mercury pada gas alam yang merusak bahan aluminium pada plate exchanger.
9. Pembusukan biota laut yang menempel pada dinding shell sebelah dalam.
10. Kandungan H₂ didalam produk yang meresap ke dalam baja dinding shell (hydrogen blistering)
11. Retak tegangan akibat karat (stress corrosion cracking) pada bahan austenitic stainless steel akibat chlorine di dalam air yang melebihi 50 ppm.

2. Kerusakan didalam pipa (tube)

Kerusakan di dalam tube biasanya disebabkan oleh hal-hal berikut :

1. Deposisi korosi pada pipa titanium akibat aliran air pendingin yang terlalu lambat.
2. Kandungan asam naphthanic dalam produk yang dialirkan kedalam tube.
3. Kombinasi korosi dan erosi.
4. Stress corrosion cracking akibat kandungan chlorine dalam air pendingin pada austemetic stainless steel dan lain-lain.

d. Kerusakan akibat Fisik

Kerusakan ini agak langka, namun pernah terjadi dan mengakibatkan kerusakan mekanis terutama pada tube. Hal ini disebabkan oleh getaran yang timbul karena adanya resonansi sewaktu suatu alat penukar kalor tipe shell & tube dioperasikan. Getaran itu sedemikian hebat sehingga merusak dinding tube tepat di posisi baffle plate (piring kejut) akibat tumbukan antara dinding tube dengan lubang dudukan pada baffle plate tersebut.

Termasuk dalam golongan ini pula adalah serangan karat sebelah luar dinding shell yang biasanya disebabkan oleh atmospheric corrosion atau korosi air asin akibat deburan gelombang laut pada peralatan anjungan lepas pantai. Kerusakan-kerusakan ini

menimbulkan kebocoran sehingga menyebabkan kontaminasi pada salah satu fluida dan fluida yang lain, atau bahkan dapat menimbulkan kebakaran.

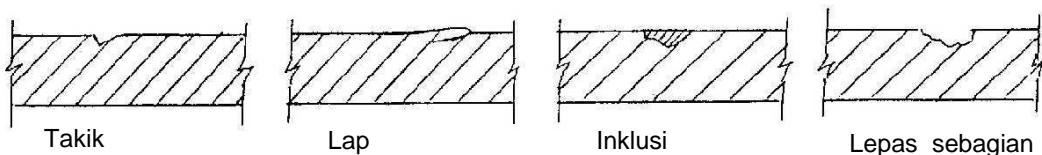
Kerusakan dapat ditanggulangi dengan mencabut alat tersebut dari operasinya kemudian memperbaiki kerusakannya tanpa mengganggu operasi keseluruhan. Untuk itu diperlukan sarana pengkucilan seperti kerangan kucil (isolation valve), sorokan (blind) dan sejenisnya. Jika peralatan tersebut tidak dilengkapi dengan sarana kucil, maka terpaksa untuk keperluan perbaikannya harus menghentikan seluruh kegiatan operasi. Hal ini tentunya sangat tidak praktis dan merugikan.

Cara-cara perbaikan penukar kalor yang mengalami kerusakan

Perbaikan pada shell baik yang rusak akibat *mishandling* maupun yang terserang karat dapat dikategorikan sebagai berikut :

a. Kerusakan ringan

Kerusakan ringan seperti goresan dalam (+ 1,5 mm), kink (takik) sedalam maximum 1,5 mm, fold atau lap sedalam maksimum 1 mm, inklusi oksida permukaan sedalam maximum 1 mm, gumpil sedalam maximum 1,5 mm, dapat langsung digerinda hilang untuk pelat dinding shell setebal 6 mm ke atas.



Gambar 7. Contoh kerusakan ringan pada shell

b. Kerusakan akibat serangan karat ringan

Kerusakan akibat serangan karat ringan seperti buruk ringan (rusting) dengan kedalaman takik-takik maximum 1 mm, kehilangan permukaan sedalam maximum 1 mm. cukup dibersihkan kemudian dilindungi dengan cat anti karat (untuk suhu dinding maximum 50°C dan cat tahan suhu tinggi (diatas 50 °C hingga \pm 500 °C).

c. Kerusakan mekanis agak berat

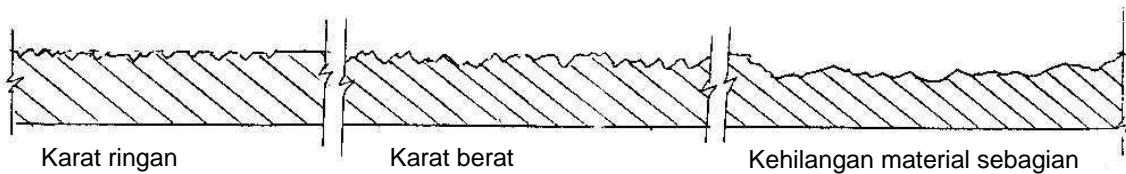
Kerusakan jenis ini seperti tertera pada gambar 7 namun dengan ukuran lebih dalam. Perbaikanya memerlukan pertimbangan pihak inspection department, misalnya dapat hanya digerinda habis dengan memperhitungkan kekuatan sisa tebal pelat shell terhadap kondisi operasi yang ada, atau diadakan pengisian dengan surfacing weld atau weld overlay guna membangun kembali kondisi permukaan yang rusak dengan terlebih

dahulu menggerindanya dan memerikasanya kembali dengan cara non destructive test (NDT) guna meyakinkan bahwa kerusakan seperti fold atau lap telah benar-benar tergerinda habis.

Overlay welding harus dilaksanakan berdasarkan WPS (*welding procedure specification*), yang dibuat berdasarkan WPS sewaktu fabrikasi peralatan tersebut (jika masih tersimpan), atau yang disetujui pihak inspeksi.

d. Kerusakan akibat pengkaratan sedang dan berat.

Jenis pengkaratan sebagai yang diperlihatkan pada gambar 8 namun dengan derajad yang lebih serius.



Gambar 8. Kerusakan karat dari ringan hingga parah sekali.

Kerusakan semacam ini memerlukan pertimbangan pihak inspeksi. Perbaikan dapat dengan jalan menggerindanya habis dengan memperhitungkan kekuatan sisa tebal pelat terhadap kondisi operasi yang ada untuk kemudian diganti, atau diadakan weld overlay dengan persyaratan seperti yang telah diutarakan.

e. Kerusakan yang perlu penvalidikan

Kerusakan seperti singgung nyala (*arc strike*), kerasukan tembaga (*copper burnt*), *local overheating*, laminasi, *surface crack* dan *hydrogen blister* maupun *hydrogen attack* perlu diselidiki lebih lanjut dengan cara-cara sebagai berikut:

1. Singgung nyala

Singgung nyala diselidiki dengan pertama-tama diadakan uji kekerasan permukaan sekitarnya dengan *Portable Pauldi Hammer* atau *Brinell Hardness Tester* yang lain. Jika kekerasan pelat baja di sekitar singgung nyala tersebut melebihi 225 BHN, maka diadakan PT atau MT. Jika terdapat gejala retak, maka daerah tersebut digerinda hingga keretakan hilang. Kemudian diweld *overlay* dengan ketentuan yang ditetapkan oleh pihak inspeksi misalnya untuk pelat tebal diatas $\frac{3}{4}$ hingga 1,25 inci cukup dilaksanakan preheating sebelum dilas dan untuk pelat di atas ketebalan tersebut disamping perlu *preheating* juga diperlukan pemeliharaan suhu interpass (tidak kurang dari 300°F) serta kemudian diadakan *stres relieving* (perlakuan panas pasca las).

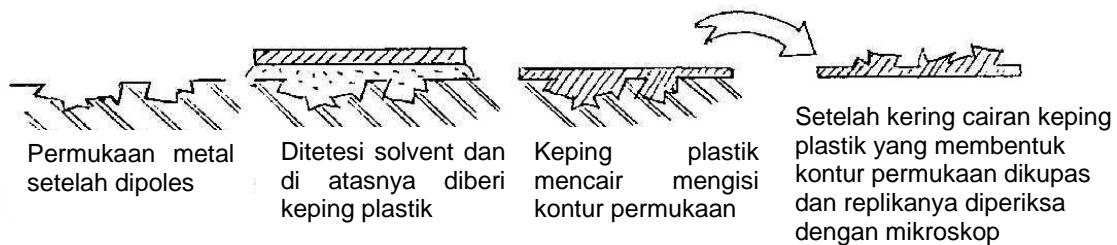
2. Kerasukan tembaga (*copper burnt*)

Jika terdapat kerusakan seperti ini segera diadakan PT (*pressure test*) atau MT (*mechanic test*) untuk mengetahui apakah telah terjadi keretakan. Jika telah terjadi perbaikan dilaksanakan dengan memotong bagian tersebut dan menambal dinding peralatan dengan pelat yang sejenis dan mengelasnya sesuai dengan WPS fabrikasi (jika masih tersimpan), atau dengan prosedur las yang disarankan inspeksi.

Jika belum ada keretakan, tetapi bagian yang kerasukan digerinda habis dan diisi las dengan prosedur pengelasan seperti tersebut di atas. Pembuangan tembaga harus benar-benar diyakini bahwa tidak ada lagi bekasnya (memakai kaca pembesar)

3. Local Overheating

Jika terdapat tanda-tanda local overheating, yakni dengan terbakarnya cat pelindung dan terjadinya oksidasi berlebihan setempat, maka perlu diadakan penyelidikan micro structure dengan memakai micro analyzer yang portable (sistem replika).



Gambar 9. Cara memperbaiki local over heating

Replika akan menunjukkan apakah telah terjadi overheating dan quenching atau tidak. Jika telah terjadi maka pihak metallurgist akan dihubungi untuk menentukan langkah-langkah perbaikan yang benar.

4. Laminasi

Laminasi biasanya diketemukan melalui ultrasonic testing. Jika terjadi hal sedemikian, maka penyelidikan lebih jauh perlu diadakan. Diperlukan keputusan seorang ahli metallurgi dan seorang ahli desain. Dengan dikembangkannya pengetahuan tentang fracture mechanics, kemungkinan suatu laminasi atau retak tertentu dapat dipelajari kemungkinannya untuk berkembang (propagasi).

Jika ternyata tidak akan berkembang, kerusakan sedemikian dapat dibiarkan untuk beberapa waktu lamanya sambil dipantau terus menerus, sementara perbaikan atau penggantian dipersiapkan. Namun jika ternyata laminasi tersebut kemungkinan

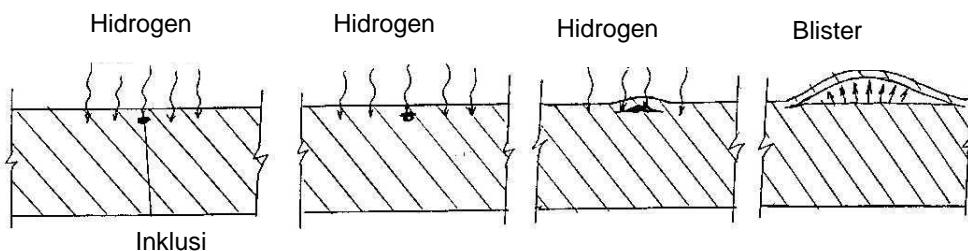
berkembang, maka langkah-langkah perbaikan perlu segera dilaksanakan.

5. Surface Crack (retak permukaan)

Jika diketemukan retak permukaan, perlu diadakan penyelidikan tentang sebab-sebabnya, kemungkinan pengembangannya, serta akibatnya. Pertama-tama retak tersebut digerinda setelah peralatan dikuncilkan dan dikosongkan, sehingga tanda-tanda retak tersebut hilang setelah di PT. Selanjutnya dilaksanakan scanning baik dengan RT(Radiographi test) maupun UT(ultrasonic test). Jika tidak lagi terdapat tanda-tanda kerusakan yang lain, maka dipersiapkan langkah-langkah perbaikan yang benar atas petunjuk pihak inspeksi dan metallurgist. Setelah sebab-sebab keretakan diketemukan, diupayakan mencari langkah-langkah pencegahannya.

6. Hydrogen Blister

Hydrogen blister terjadi pada operasi pengolahan *hydrocarbon* yang banyak mengandung gas H₂ pada suhu tidak tinggi (maksimum 100°C). Blister berupa benjolan pada dinding shell, namun jika dilihat disebaliknya kondisi dinding tidak ada kelainan apapun. Blister disebabkan peresapan (impregnasi) gas H₂ kedalam metal baja pada kedalaman sub surface (dekat permukaan). Gas tersebut mengumpul pada inclusi atau cacat lain didalam metal baja, kemudian setelah akumulasi cukup banyak gas tersebut mendesak ke arah yang lemah (yakni bagian sebelah permukaan), sehingga bagian tersebut menggelembung, seperti diperlihatkan pada gambar 9.



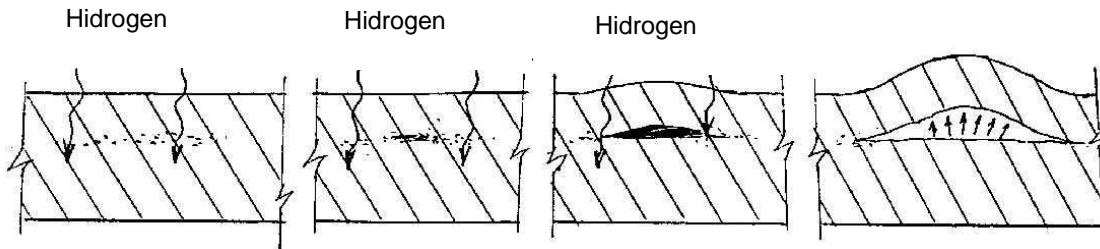
Gambar 10. Contoh kerusakan inklusi Hidrogen

Jenis kerusakan ini biasanya dekat permukaan (± 1 mm) sehingga perbaikannya tidaklah sulit, yakni cukup dengan penggerindaan. Penyelidikan dengan *ultra sonic* (UT) *scanning* perlu mengetahui sampai berapa jauh pengembangannya.

7. Hydrogen Attack

Hampir sama prosesnya dengan hydrogen blister, namun terjadinya lebih dalam, oleh karenanya juga lebih berbahaya akibatnya. Karena suhu tinggi (\pm hingga 400 °C), gas H₂ mengurai menjadi atom atau hydrogen. Atom-atom hidrogen tersebut merasuk kedalam

baja hingga jauh ke tengah dan jika di dalam pelat terdapat segregasi maka atom H₂ tersebut terhenti di sana dan bereaksi dengan carbon menjadi hidrocarbon. Gas-gas hidrocarbon ini terus terbentuk dan mendesak ke bagian yang lemah. Desakan tersebut sedemikian hebat sehingga sanggup menggembangkan lapisan yang cukup tebal, seperti ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Contoh kerusakan serangan Hidrogen (H_2 attack)

Hydrogen attack mi berbahaya sehingga keberadaannya harus ditanggulangi. Penyelidikan yang intensif harus dilaksanakan. Jika akhir penyelidikan menyimpulkan harus diadakan perbaikan, maka bagian blister tersebut harus dibuang dan ditambal dengan pelat yang sama. Penambalan pengelasan, pemeriksaan dan pengujian hasil perbaikan harus dilaksanakan berdasarkan prosedur yang disetujui pihak inspeksi.

Perbaikan kerusakan yang terjadi pada tube bundle

Perbaikan pada tube bundle yang rusak akibat *mishandling* maupun serangan karat dan kerusakan mekanis/fisis lainnya dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Kerusakan akibat *mishandling*

Biasanya tube bundle akan mengalami kerusakan seperti yang akan diterangkan di bawah ini apabila cara pengangkatan dan pengangkutannya salah.

- Seluruh bundle bengkok/melengkung sehingga tidak mungkin dimasukkan ke dalam shell. Jika terjadi hal seperti ini, terpaksa tube bundle direject.
- Sebagian tube luar rusak akibat terkena seling atau tertumbuk benda keras lainnya. Cara perbaikannya ada dua macam yaitu:
 - * Jika waktu mengijinkan, pipa yang gepeng, bengkok, putus, diganti baru (retube) kemudian dirol pada tube sheetnya menurut cara-cara yang benar (tidak boleh sekaligus maksimum, namun harus bertahap)
 - * Jika tidak ada waktu maka tube yang rusak cukup disumbat (diprop) dengan bahan yang serupa dengan tube tersebut.
- Dudukan tube rusak ringan

Jika dudukan tube rusak ringan dan tidak ada tube end (ujung tube) yang rusak maka tidak perlu perbaikan, paling-paling hanya meratakan kink atau dent yang terjadi. Namun jika ujung tube rusak, maka tube tersebut dapat menjadi bocor sewaktu pengujian hydrostatis. Jika demikian halnya dan jumlah tube yang bocor dibawah 10%, maka tube bocor tersebut cukup disumbat saja, atau kalau memungkinkan direrol hingga bocorannya hilang.

d. Dudukan tube rusak berat

Jika dudukan tube rusak berat, maka tube bundle dikirim ke bengkel untuk ditotal retube guna mempermudah perbaikan dudukan tube kalau dudukan tube tidak dapat diperbaiki lagi, maka tube bundle direject.

2. Kerusakan akibat serangan karat

Jika permukaan luar tube mengalami serangan karat ringan, maka tube bundle tersebut cukup dibersihkan balk secara manual maupun chemical bath. Kalau serangan sebelah luar tersebut berat, maka diadakan penggantian tube keseluruhannya. Jika serangan karat terjadi di sebelah dalam pipa, maka perlu diadakan pemeriksaan dengan mempergunakan eddy current atau introscope. Jika ternyata serangan karat ringan atau sedang, tube bundle dapat dipasang lagi untuk dioperasikan kembali.

Jika serangan karat cukup berat maka diambil langkah—langkah sebagai berikut :

1. Jika jumlah yang terserang karat berat kurang dari 10% dan total *tube*, maka *tube* tersebut cukup disumbat di kedua ujungnya dan tube bundle dipakai kembali.
2. Jika ternyata jumlah *tube* yang berkarat berat lebih dari 10% jumlah seluruh *tube*, maka tube bundle direject untuk total *retubing* apabila tube, shell dan baffle platenya masih baik.

3. Perbaikan pada expansion bellow

Expansion bellow (khususnya untuk *exchanger* vertikal), biasanya terbuat dari *austenitic stainlesteel*, Aisi 304, 316, 321, sewaktu test hidrostatis, jenis *exchanger* ini, harus diperhatikan kandungan *chlorine* di dalam air uji agar tidak boleh melebihi 50 ppm. Jika kadar *chlorine* pada air uji melebihi 50 ppm, maka dapat terjadi *stress corrosion cracking* pada expansion bellow tersebut lama atau baru saja diganti. Jika hal ini terjadi maka tidak ada pilihan lain kecuali merejectnya. Repair keretakan tersebut dengan pengelasan T.I.G tidak akan efektif, karena keretakan tersebut yang pada hakikatnya tak tampak nyata, sebenarnya adalah menyeluruh dan *trans crystalin* (antar kristal logam).

4. Perbaikan pada fins heat exchanger

Kerusakan mekanis biasanya sering terjadi pada kipas anginnya (air fan), khususnya pada bearing dan elektromotor. Kerusakan meliputi keausan, overheating karena kurang lubrikasi, belt putus, motor terbakar dan lain-lain. Perbaikan dilaksanakan sebagaimana laiknya rotating equipment.

Kerusakan mekanis pada *fin tube* biasanya terdapat pada finnya karena gepeng tertekan benda berat, sehingga *heat transfernya* tidak efektif. *Fin* yang gepeng tersebut sebenarnya masih dapat dibetulkan dengan menegakkannya kembali. Namun hal ini diperlukan ketelitian dan memakan waktu. Kerusakan fin tidak menyebabkan retubing.

Kerusakan pada fan blade biasanya disebabkan oleh *impingement* (tumbukan partikel-partikel yang terbawa udara), *blade* tidak akan berkarat karena terbuat dari *fibre glass*. Perbaikan pada *blade* memerlukan ketelitian karena nantinya harus dapat dibalans. Perbaikan dapat berupa penambahan kembali dengan *fibre glass* atau pengikisan dengan kikir dan ampelas lubang-lubang *impingement* tersebut.

Kerusakan sebelah dalam pada umumnya disebabkan oleh pengkaratan. Jika *fin tube* telah sangat tipis, sehingga apabila bocor dapat berbahaya karena akan memancar ke udara terbuka dan dapat menimbulkan kebakaran, maka sebaiknya seluruh *fin tube* diganti. Penggantian dapat dilaksanakan di tempat oleh regu pengganti *fin tube* yang telah berpengalaman, apabila peralatan dapat dikucilkan dari operasi. Jika tidak dapat dilaksanakan retubing di tempat, air fin cooler dapat dicabut keluar. Retubing dilaksanakan ditempat lain yang terlebih dahulu disiapkan untuk maksud tersebut.

5. Perbaikan pada plate exchanger

Kerusakan pada plate exchanger dapat dibagi menjadi :

- a. *Kerusakan Fisik*, seperti misalnya bocor pada sambungan brazingnya. Jika terjadi hal seperti ini, maka *rebrazing* perlu dilaksanakan oleh pabrik pembuatnya. Pekerjaan dapat dilaksanakan ditempat atau peralatan terpaksa dikirim ke pabrik. *Rebrazing* pelaksanaannya sulit mengingat plate exchanger ini dibuat secara kompak dan susah dicopot-copot (*patent*), sehingga pihak lain selain pabrik pembuat tidak boleh melaksanakannya.
- b. *Kerusakan akibat pengkaratan*. Karena plate exchanger pada umumnya terbuat dari logam aluminium, maka pengkaratan yang terjadi adalah berasal dari kandungan mercury (Hg) di dalam gas alam yang diproses di dalam peralatan tersebut. Mercury secara kumulatif berkumpul pada lipatan-lipatan, celah-celah, ceruk-ceruk didalam plate exchanger tersebut. Mercury akan bersenyawa dengan aluminium menjadi amalgam yang sangat peka terhadap O₂. Sewaktu peralatan dibuka untuk pemeliharaan, amalgam tersebut akan teroksidasi sangat cepat menjadi produk yang tidak mempunyai kekuatan mekanis, akibatnya terjadi kehilangan metal yang sedemikian besarnya sehingga

menimbulkan kebocoran, perbaikan hanya dapat dilaksanakan oleh pihak fabrikator karena peralatannya patent. Cara pencegahan hal ini adalah agar desain plate exchanger tersebut sedemikian rupa sehingga tempat untuk berakumulasinya Hg tidak ada lagi (free flowing), antara lain misalnya semua lipatan dihaluskan, backing ring pada las-lasan dibuang, dan lain-lain.

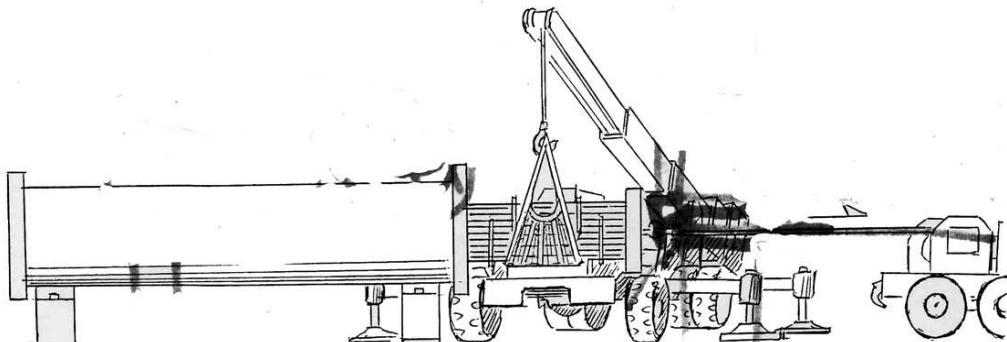
Pemeliharaan tube bundle

1. Pencabutan Tube Bundle

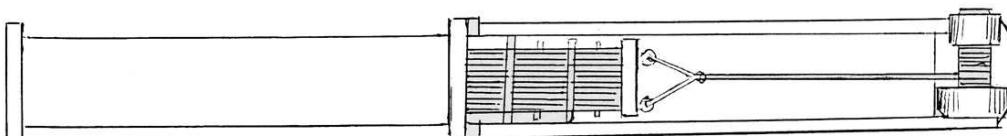
Tube bundle dari floating tube tubular exchanger (tipe tube bebas), dapat dicabut guna pembersihan dan pemeriksaan sekaligus pemeliharaan/perbaikan manakala diperlukan. Pencabutan dapat dilaksanakan secara semi manual dengan mempergunakan alat-alat berat, atau dapat dengan tube puller yang khusus didesain untuk itu, seperti diperlihatkan pada gambar 11.

2. Pembersihan tube bundle

Pemeriksaan pendahuluan dilaksanakan segera setelah tube bundle tercabut. Kondisi secara visual dalam keadaan kotor dicatat, bahkan kalau perlu diabadikan. Sampah sisa operasi diambil untuk dianalisa secara kimia, kerusakan dan kelainan lainnya dicatat. Untuk mengetahui kondisi sebenarnya, tube bundle dibersihkan. Adapun cara pembersihan bermacam-macam tergantung kemampuan peralatan dan ketrampilan pelaksana.



Pencabutan bundle dengan alat berat

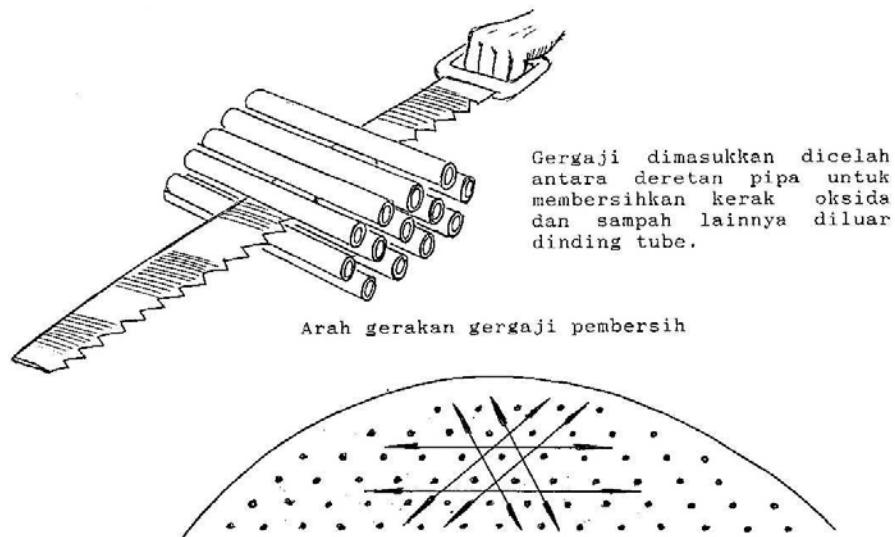


Gambar 12. Cara mencabut tube bundle^[3]

Pembersihan sebelah luar

- Secara manual dengan mempergunakan gergaji pembersih dan semprotan air atau

uap tekanan rendah seperti diperlihatkan pada gambar 12. Hal ini perlu dilaksanakan berhubung scale, oksida, dan sampah luar pipa tersebut sangat keras dan sulit terlepas, apalagi access untuk mernbersihkan juga terbatas.



Gambar 13. Cara pembersihan tube bundle dengan gergaji^[3].

- b. Pembersihan sebelah luar secara kimia. Untuk keperluan tersebut, bundle direndam didalam bak yang berisi bahan larutan kimia yang lazim disebut okite dengan maksud melunakkan kerak, oksida dan sampah operasi (sludge). Perendaman dilaksanakan beberapa lamanya dalam suhu yang cukup tinggi sehingga kerak kerak tersebut terlepas. Selanjutnya bundle diangkat dan disemprot dengan uap tekanan sedang atau air bertekanan tinggi guna menuntaskan pembersihan. Ada kalanya sludge yang berasal dari minyak yang berkadar lilin tinggi atau yang berkadar asphalt, mengeras dan menggumpal diantara tube sehingga sangat sulit dibersihkan dengan kedua cara itu. Untuk keadaan tersebut biasanya dipakai water jet dengan tekanan sangat tinggi (100 - 150 kg/cm²). Dengan cara ini gumpalan tersebut dapat dibersihkan, kendalannya adalah water jet tersebut harus dihasilkan oleh peralatan khusus yang sangat mahal.

Pembersihan sebelah dalam Tube

Untuk jenis kotoran yang lunak, pembersihan dilaksanakan dengan menembakkan bola karet melalui tube dari ujung satu ke ujung yang lain. Untuk jenis kotoran yang keras biasanya dilaksanakan dengan merojok tube bersangkutan dengan batang besi yang ujungnya diruncingkan, kemudian disemprot dengan uap bertekanan rendah.

Transportasi tube bundle

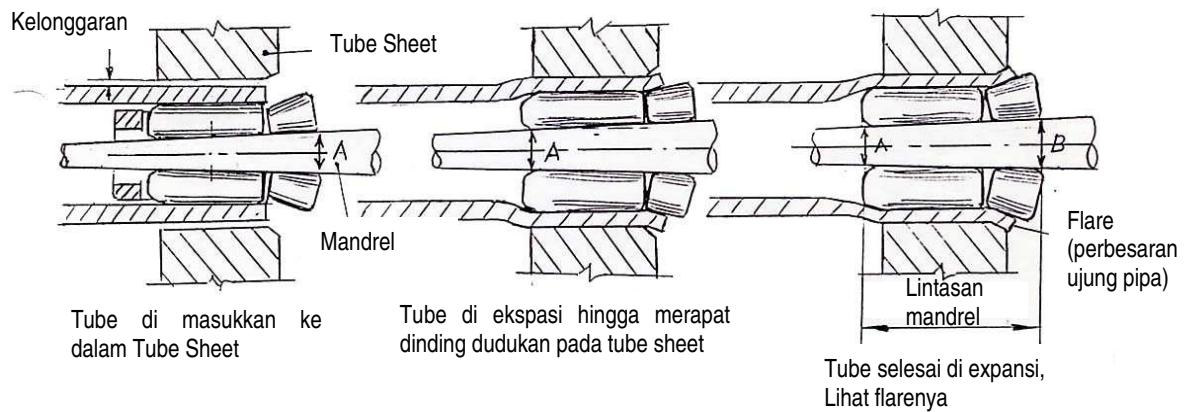
Pengangkutan dan pengangkatan *tube bundle* harus dilaksanakan hati-hati sekali agar tidak terjadi kerusakan mekanis yang fatal, mengingat harganya sangat mahal. Untuk

keperluan keduanya harus dibuatkan rakitan khusus yang dapat memberi perlindungan sekaligus yang dapat diangkat dan diletakkan ditempat datar. Kerusakan fatal bukan hanya sangat merugikan mengingat harganya yang sangat mahal, namun juga akibatnya mengacaukan operasi yang berarti menghambat produksi.

Tube expansion/rolling

Jika suatu pipa bundle diganti atau jika pipa baru dimasukkan dudukannya di dalam tube sheet, maka agar kedudukan tersebut kencang dan tidak bocor, tube tersebut dikembangkan merapat kedinding lubang dudukan dengan cara yang disebut tube expanding atau tube rolling. Jika pipa baru dan tube-sheet baru seyogyanya tingkat pengerolan cukup pada pendahuluan dengan kerapatan minimal (asalkan tidak bocor), sebab jika sewaktu pengujian tidak bocor maka pengerolan cukup sampai disitu.

Hal ini perlu untuk persediaan andaikata pada suatu saat dalam masa operasi, sambungan rol tersebut bocor, maka pengerolan masih dapat ditingkatkan ketahap berikutnya. Namun jika pengerolan langsung pada tingkat akhir, maka alokasi pengerolan berikutnya tidak ada lagi, kalau dipaksakan akan menyebabkan over expansion dan merusak tube. Tanda-tanda over expansion adalah keluarnya serpihan bahan tube berupa kumparan (spiralling). Agar dapat dijamin hasil pengerolannya, maka sebaiknya diadakan simulasi untuk mengetahui kerapatan minimum yang dihasilkan oleh berapa majunya madril-travel.(jarak bergerak majunya poros expander setelah pengerolan). Jika jarak tersebut diketahui dengan kerapatan yang memadai, maka untuk pengerolan sebenarnya dipergunakan jarak tersebut sebagai patokan tingkat kerapatan yang memadai .



Gambar 13. Cara pengerolan tube pada tube sheet.

Perencanaan dan penjadwalan program perawatan.

1. Jadwal Pemeliharaan

Agar pelaksanaan pemeliharaan berjalan sesuai dengan yang dikehendaki dengan

tujuan memperlancar jalannya proses produksi dengan kendala sekecil mungkin dan cara yang seefisien mungkin, maka perlu diadakan langkah-langkah perencanaan yang rapi dan penjadwalan yang sistematis. Langkah ini tidak mungkin terlaksana jika tidak ada keterpaduan antara berbagai pihak yang terlibat seperti antara pihak teknik pemeliharaan termasuk bengkel engineering, teknik perencanaan, logistik, bagian operasi, bagian teknik inspeksi, dan tidak kalah pentingnya bagian keuangan. Yang bertanggung jawab menyusun rencana pemeliharaan adalah bagian teknik perencanaan berdasarkan laporan pihak inspeksi dan operasi. Seluruh peralatan penukar kalor didaftar. Untuk memudahkan pendaftaran masing-masing peralatan diberi nomor (nomor peralatan dan nomor instalasi dan kode jenis peralatan) misalnya 51-E-05B yang berarti 51 adalah kode lokasi utilities, E berarti exchanger dan 05B adalah nomor exchanger itu sendiri. Selanjutnya dicantumkan tanggal perbaikan, atau penggantian terakhir, dan rencana pemeliharaan berikutnya. Dengan demikian akan diperoleh kemudahan menelusuri sejarah peralatan maupun komponennya sejak instalasi pertama kali hingga perawatan terakhir yang telah dilakukan. Selain itu akan memudahkan pula rencana pemeliharaan berikutnya tanpa menunggu siapa pelaksananya.

Adapun contoh penjadwalan pemeliharaan diberikan dalam gambar 17.

2. Minimum Stock bundle

Untuk mencegah agar tidak terjadi kekosongan stock sewaktu diperlukan dalam rangka mengatasi penggantian bundle yang tidak direncanakan, diciptakan suatu sistem persediaan yang lazim disebut *Minimum Stock*. Minimum Stock adalah jumlah yang harus dipelihara/dijaga selalu tersedia digudang manakala jumlah tersebut berkurang karena suatu kebutuhan mendadak, pihak logistik, tanpa diberitahu pihak user, sudah harus berinisiatif untuk memesan pengganti peralatan yang terpakai untuk keperluan penghentian produksi tanpa rencana (emergency shut down). Minimum stock tidak dibenarkan untuk dipakai dalam penghentian produksi terencana (scheduled shut down). Segala kebutuhan baik material, equipment, tool dan lain-lain untuk scheduled shut down atau turn around harus dipesan khusus untuk keperluan tersebut. Dengan adanya cara penanganan sebagai tersebut diatas, akan dapat dicegah/dihindari terjadinya NIL Stock atau persediaan kosong digudang. Minimum stock dapat diubah atas saran pihak inspeksi, user atau pemeliharaan yang didasarkan atas penambahan populasi peralatan atau berubahnya mode operasi sehingga frequensi penggantian semakin tinggi atau semakin rendah.

JADWAL MAINTENANCE

NOMOR I.D	TGL.MAIN TENANCE TERAKHIR	1991					1992					KETERANGAN									
		A	G	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Y	C	J	R	A	S	O	N	D
51.E.01A	5.2.91																				SHELL & TUBE
01B	10.11.91																				- = -
02A	7.5.90																				- = -
02B	12.1.91																				- = -
03A	5.12.90																				AIR FIN COOLER
03B	4.10.90																				- = -
04A	30.7.90																				- = -
04B	8.9.90																				- = -
05A	10.9.90																				- = -
05B	17.3.90																				- = -

■ MAINTENANCE BIASA ▨ TOTAL RETUBE
▨ MAINT-PARTIAL RETUBE

STOCK BUNDLE

IDENTIFIKASI MATERIAL	DAPAT DIPAKAI UNTUK	STOCK		JADWAL PEMESAN		KETERANGAN
		ACT	MIN	91	92	
20.17.99.02 (SHELL & TUBE)	51.E.01A.B 02A.B 11.E.09 10A 10B 12 13 14.E.07	2	4	2		PANJANG 18 KAKI DIA. 40 IN TOTAL TUBE 1000 PCS BAHAN SB-III DIA TUBE 5/8 IN
20.15.99.03 (AIR FIN)	51.E.03A.B 04A.B 05A.B 21.E.17A.B 18A.B 19A.B	1	2	1		PANJANG 18 KAKI DIA TUBE : 1 IN JUMLAH TUBE/BANK 1000 PCS MATL : STEEL

Gambar 17. Contoh penjadwalan perawatan dan minimum stock.

3. Perkembangan Dibidang Pemeliharaan (Maintenance)

Dengan makin pesatnya perkembangan teknologi di segala bidang (aspek kehidupan manusia), makin disadari betapa pentingnya efisiensi,. keselamatan dan pelestarian lingkungan. Selaras dengan hal tersebut, khususnya dibidang maintenance, dilaksanakan pula langkah-langkah modernisasi dengan maksud agar maintenance dapat

mengimbangi lajunya perkembangan teknologi dengan tujuan agar maintenance dapat dilaksanakan :

- Sejarang mungkin jaraknya
- Sesedikit mungkin jumlahnya
- Secepat mungkin penyelesaiannya
- Seteliti mungkin pelaksanaannya
- Seaman mungkin
- dan seekonomis mungkin harganya.

Disamping itu satu segi perlu dicapai pula yakni terlaksananya standardisasi di segala bidang, serta tercapainya profesionalisme. Perkembangan metode perawatan saat ini barangkali sudah mulai bergeser dari preventif ke prediktif untuk selanjutnya menuju ke *productive maintenance*.