

**PEMAKAIAN INHIBITOR
UNTUK PENGENDALIAN KOROSI
PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS**

Djunaidi, Setyo Budi Utomo

ABSTRAK

PEMAKAIAN INHIBITOR UNTUK PENGENDALIAN KOROSI PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS. Sistem pendingin sekunder RSG-GAS menggunakan air baku dari instalasi penjernihan. Pemakaian air baku ini sangat rawan terhadap serangan korosi peralatan yang digunakan oleh karena itu pemakaian inhibitor merupakan upaya untuk mengendalikan korosi yang efektif dan telah dilakukan secara dini. Air baku yang digunakan pada pendingin sekunder kualitasnya tidak tetap sedangkan air untuk pendingin sekunder memiliki kualitas tertentu sehingga pemakaian inhibitor pospat dan juga bahan kimia lain selalu berubah. Dengan cara mengontrol secara rutin kualitas air pendingin sekunder maka korosi juga dapat dikendalikan.

Kata kunci : sistem pendingin sekunder

ABSTRACT

APPLICATION OF INHIBITOR FOR THE CONTROL OF CORROSION IN SECONDARY COOLING SYSTEM RSG-GAS. The secondary cooling system of RSG-GAS use the row water of processing installation. Usage of this row water very gristle to attack of corrosion used equipments therefore the application of inhibitor represent effort to control effective corrosion and have been conducted early. The row water which used in secondary cooling of its erratic quality while water for the secondary cooling of have certain quality so that usage of pospat inhibitor as well as other chemicals always change. By controlling routinely the quality of water secondary cooling hence corrosion also can be controlled.

Key wood : Secondary cooling System

PENDAHULUAN

Prinsip kerja proses pendingin sekunder RSG-GAS mengambil/memindahkan semua panas/kalor yang dibawa oleh pendingin primer untuk selanjutnya di buang ke atmosfer melalui menara pendingin. Peralatan atau komponen dari sistem pendingin sekunder RSG-GAS sebagian besar menggunakan *carbon steel* dan berada di daerah dengan kelembaban tinggi sehingga sangat sulit menghindari serangan korosi apalagi fluida yang digunakan adalah air baku yang masih banyak unsur pengotor. Sebenarnya upaya yang perlu dilakukan sejak mulai perencanaan adalah pelapisan pada permukaan dengan logam pelapis dari bahan yang lebih tahan terhadap korosi lingkungan. Upaya yang kedua dengan menambahkan suatu *additive* atau bahan yang dikenal sebagai inhibitor di dalam air yang berhubungan langsung dengan peralatan sistem pendingin sekunder. Pada umumnya inhibitor yang digunakan pada sistem pendingin adalah inhibitor nitrit atau pospat karena hampir semua air pendingin mengandung ion khlorida, dan dalam pemakaian kedua inhibitor ini cenderung untuk membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam yang dapat mencegah terjadinya korosi. Pembentukan lapisan pasif tersebut sangat ditentukan oleh konsentrasi inhibitor dan ion agresif (khlorida) yang terkandung di dalam air pendingin. Pemakaian inhibitor nitrit dengan konsentrasi rendah dapat saja menimbulkan korosi lokal pada permukaan baja dan batas minimum pemakaian inhibitor nitrit sangat dipengaruhi oleh ion khlorida yang terkandung di dalam air pendingin. Kemudian penambahan inhibitor pospat ke dalam air pendingin cenderung untuk menurunkan laju korosi pada permukaan baja. Batas penurunan laju korosi baja akibat penggunaan inhibitor pospat sangat dipengaruhi oleh kandungan ion khlorida dalam air pendingin. Pemakaian inhibitor nitrit akan lebih efektif dibandingkan dengan pemakaian inhibitor pospat apabila pada

pendingin terdapat kandungan khlorida yang tinggi dan sebaliknya inhibitor pospat akan lebih efektif jika dalam air pendingin dengan kandungan ion khlorida rendah. Air pendingin sekunder yang digunakan selama ini mengandung ion clorida rendah dengan pH netral sehingga pemakaian inhibitor yang paling cocok di sistem pendingin sekunder RSG-GAS adalah orto pospat dengan kebutuhan yang ditentukan oleh persyaratan operasi air pendingin seperti konduktivitas air jumlah ion Ca,Mg, Khloridan dan juga pH air. Dengan dipenuhinya persyaratan tertentu maka air pendingin layak untuk digunakan dan korosi dapat terkendali..

TEORI

Sistem pendingin sekunder RSG-GAS

Sistem pendingin sekunder bekerja untuk mengambil panas dari sistem pendingin primer melalui alat penukar kalor kemudian panas tersebut dibuang ke atmosfer melalui menara pendingin. Komponen utama pada sistem pendingin sekunder adalah pompa sekunder, alat penukar kalor, menara pendingin dan sistem pemipaan diantara komponen tersebut. Sistem pendingin sekunder menggunakan air baku PAM sebagai media pendinginan dimana air baku tersebut masih banyak unsur pengotor partikel padatan tersuspensi seperti tanah liat, Lumpur dan produk korosi yang selalu terdapat dalam sistem air pendingin terbuka. Untuk lebih jelasnya lihat pada gambar 1.

Inhibitor

Inhibitor adalah suatu zat yang bila ditambahkan (*additive*) dalam jumlah kecil pada suatu lingkungan yang korosif akan menurunkan laju korosi tersebut. Inhibitor dapat menurunkan laju disolusi anodik hanya jika mempengaruhi kinetika proses elektro kimia pada proses tersebut. Inhibitor korosi untuk sistem pendingin misalnya akan larut dalam air dan membentuk suatu lapisan pada permukaan logam. Lapisan semacam ini akan melindungi permukaan dan menghambat

terjadinya/ berlangsungnya reaksi korosi dengan cara mencegah reduksi dari oksigen terlarut atau lebih dikenal sebagai mencegah hidrasi logam. Berdasar hal ini dapat diklasifikasikan dalam beberapa kelompok:

Inhibitor anodik menaikkan polarisasi anodik (*over potensial*) dan menggeser kurva polarisasi anodik keatas dengan cara membentuk lapisan pasif pada permukaan logam yang intinya menghambat korosi pada lapisan oksida. Contoh tipe ini adalah cromat dan nitrit atau biasa disebut pasivator. Dengan adanya inhibitor ini untuk *carbon steel* akan dinaikan potensial korosinya pada tingkat yang lebih tinggi dengan cara mengoksidasi ion ferro pada proses korosi. Dengan demikian akan terbentuk lapisan tipis tak berpori pada permukaan logam dan kelemahannya jika lain waktu pemberian inhibitor dikurangi atau konsentrasinya menurun akibatnya pasivator ini menjadi tidak aktif/melemah sehingga gampang terkena korosi lagi. Peningkatan korosi yang bersifat lokal disebabkan oleh karena tidak memadainya inhibitor yang ditambahkan kedalam elektrolit, pengenceran elektrolit sesudah inhibitor ditambahkan dan tingginya konsentrasi ion-ion depolarisasi seperti sulfat atau klorida yang ditambahkan untuk mengurangi kegunaan inhibitor dalam larutan.

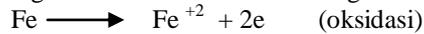
Inhibitor katodik merupakan jenis lapisan endapan yang akan membentuk lapisan pelindung pada katoda setempat dimana ion OH dihasilkan oleh korosi reaksi katoda. Poli pospat adalah penghambat korosi tipe endapan khusus yang akan bersenyawa dengan ion-ion kalsium di dalam air serta ion-ion seng yang ditambahkan sebagai penghambat korosi. Polipospat ini akan membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam yang tidak larut dalam air dan menunjukkan efek penghambat korosi. Sebagai suatu lapisan pelindung yang terbentuk dari kalsium pospat, akan mudah terbentuk pada lingkungan yang bersuasana basa. Dalam beberapa hal, jenis inhibitor ini lebih berpori dan kurang efektif dibanding

dengan inhibitor anodik. Jika inhibitor jenis ini ditambahkan dengan konsentrasi yang tinggi dengan maksud untuk lebih meningkatkan efektifitasnya, maka lapisan pelindung yang terbentuk menjadi tebal dan seringkali menimbulkan masalah terbentuknya kerak. Oleh karena itu penggunaan inhibitor sebagai penghambat korosi konsentrasinya harus selalu dikontrol.

Inhibitor adsorpsi mempunyai gugus fungsional hidrofob. Inhibitor jenis ini mencegah korosi dengan dengan mengadsorpsi pada permukaan logam yang masih bersih dengan dengan gugus fungsionalnya dan akan memperlambat difusi air dan oksigen terlarut pada permukaan logam oleh gugus-gugus hidrofob. Pada sistem air pendingin inhibitor ini kurang efektif karena biasanya permukaan baja carbon tidak bersih, sehingga pembentukan lapisan adsorpsi yang sempurna sulit terbentuk.

Mekanisme Korosi dan Perlindungan Baja

Korosi merupakan perusakan logam apabila bereaksi dengan lingkungannya. Mekanisme korosi ini dapat ditinjau dari aspek elektrokimia dan secara umum dapat digambarkan dalam reaksi sebagai berikut :

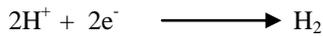


Dalam mekanisme korosi reaksi oksidasi disebut juga reaksi anodik, sedangkan reaksi reduksi disebut reaksi katodik. Reaksi diatas berlangsung secara simultan dengan kecepatan reaksi sama. Disini atom Fe berubah menjadi ion Fe dan melepaskan 2 elektron, kemudian dari elektron yang dihasilkan ini dipergunakan untuk reaksi reduksi/ katodik untuk mendapatkan gas hidrogen. Reaksi anodik pada peristiwa korosi secara umum dapat digambarkan berikut:

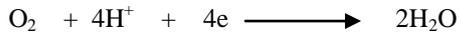


Menurut teori reaksi katodik dapat digambarkan dalam beberapa macam yaitu :

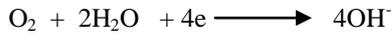
- Evolusi hidrogen



- Reduksi oksigen (lingkungan asam)



- Reduksi oksigen (lingkungan netral/basa)



- Reduksi ion logam



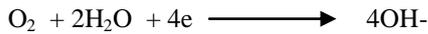
- Pengendapan logam



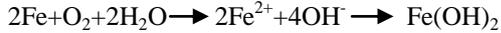
Reaksi setengah sel tersebut diatas dapat juga dipakai untuk meninjau mekanisme korosi dari baja atau besi yang tercelup dalam air terepose udara. Jika permukaan baja berkontak dengan air maka akan terjadi reaksi anodik berikut :



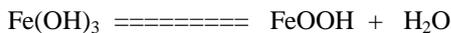
Karena medianya terepose oleh udara bebas, maka oksigen akan ikut terlarut dan air bersifat netral sehingga reaksi katodik menjadi :



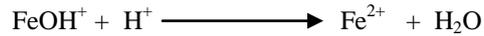
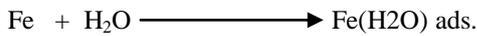
Kedua reaksi kalau digabung akan menjadi :



hasil ahhir yang diperoleh adalah karat dan jika $\text{Fe}(\text{OH})_2$ berlebihan maka akan membentuk endapan. Disamping itu juga masih dapat bereaksi dengan oksigen disekitarnya membentuk FeOOH , Fe_2O_3 dan Fe_3O_4 seperti pada reaksi berikut.



disamping adanya ion agresif yang menimbulkan karat juga terjadi pelarutan besi



Terbentuknya senyawa kompleks FeX^- memudahkan pelarut besi karena senyawa kompleks tersebut melemahkan ikatan besi. Selama proses korosi berlangsung reaksi anodik dan katodik yang terjadi dapat saja lebih dari satu. Jika suatu paduan terkorosi, komponen-komponen logamnya berada dalam larutan sebagai ion-ion sehingga lebih dari satu reaksi anodik dan katodik dapat terjadi selama berlangsungnya proses korosi.

Karena reaksi anodik dan katodik yang berlangsung selama proses korosi saling tergantung, maka korosi ini dapat ditekan dengan cara menurunkan kecepatan reaksi dari salah satu reaksi tersebut. Pada kasus diatas pengurangan ion-ion feri akan menurunkan tingkat korositas asam tersebut karena hal tersebut mengurangi kecepatan reaksi katodik. Bila logam dilapisi dengan cat ataukah lapisan non konduktif lainnya maka kontak logam dengan media korosif akan terhindar dan kecepatan reaksi anodik katodik dapat ditekan sehingga korosi dapat dicegah. Begitu pula halnya dengan menambahkan inhibitor ke dalam media korosif, inhibitor korosi adalah suatu *additive* yang akan menurunkan tingkat korosifitas media, melalui penetralisiran media korosif dan pembentukan lapisan.

Pengaruh Kualitas air

Korosi pada baja oleh air merupakan suatu fenomena yang komplek. Perilaku korosi dalam air dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya garam-garam, ion clorida terlarut, nilai pH, kandungan O_2 , CO_2 dan keberadaan senyawa terlarut. Kehadiran ion clorida akan menyebabkan korosi lubang pada baja dimana ion-ion tersebut menyerang lapisan pelindung titik terlemah. CaCO_3 dan MgCO_3 juga mempengaruhi kualitas air, dimana bila kandungannya di dalam air tinggi disebut *hard water* sedangkan bila kadarnya rendah disebut *soft water*. *Hard water* dapat memberikan proteksi pada logam dengan membentuk

lapisan karbonat yang dapat menghambat korosi. Walaupun demikian pembentukan lapisan tersebut tidak hanya ditentukan oleh hardness tersebut, tetapi juga dipengaruhi oleh pH air dan konsentrasi padatan terlarut. Jika air mengandung silika koloid atau bahan organik, CaCO_3 dapat mengendap pada partikel koloid atau bahan organik tersebut dan bila hal ini terjadi maka laju korosi akan meningkat. Selain CaCO_3 dapat kehilangan kemampuan protektifnya bila terdapat garam NaCl dan dapat menimbulkan korosi lobang.

Partikel padatan tersuspensi dalam air seperti tanah liat, lumpur dan produk korosi selalu terdapat dalam sistem air pendingin terbuka. Umumnya partikel tersebut lunak dan dapat mengendap pada daerah yang kecepatan alirannya rendah, membentuk penghalang media korosif. Gas terlarut dalam air seperti O_2 dan CO_2 juga mempengaruhi perilaku korosi baja. Meningkatnya konsentrasi oksigen dalam air akan meningkatkan laju korosi baja sampai pada tingkat tertentu. Konsentrasi kritis laju korosi naik dengan naiknya suhu dan keberadaan garam terlarut, namun akan menurun dengan naiknya laju alir dan pH. Kemudian dengan ketidak hadirannya oksigen terlarut pada suhu kamar laju korosi dapat diabaikan sedangkan gas CO_2 yang terkandung dalam air tidak langsung berpengaruh pada mekanisme korosi tetapi baru punya pengaruh setelah CO_2 membentuk karbonat.

Keberadaan unsur organik dapat berpengaruh terhadap korosifitas air dengan cara membentuk asam dan ini meningkatkan laju korosi bila organisme tersebut menyerang permukaan logam melalui metabolisme. Pada pH 4 sampai 10, laju korosi baja hanya tergantung pada difusi O_2 ke permukaan logam. Disini laju reaksi ditentukan oleh konsentrasi O_2 , suhu dan laju alir. Pada pH kurang dari 4, lapisan oksida melarut dan baja berkontak langsung dengan lingkungan.

TATA KERJA

Air pendingin sekunder selalu diatur sedemikian rupa agar dapat mengendalikan

laju korosi pada permukaan material dan juga untuk mencegah timbulnya deposit kerak pada bagian yang dilalui air pendingin sekunder terutama pada bagian pipa-pipa alar penukar kalor. Untuk pengaturan ini dibutuhkan bahan kimia berikut : Inhibitor untuk mencegah timbulnya korosi telah digunakan sejak awal beroperasinya reaktor adalah produk Nalco 23226, dan untuk mengatur PH ditambahkan asam sulfat H_2SO_4 .

Yang kedua adalah persyaratan air pendingin sekunder yang layak digunakan sebagai air pendingin agar korosi dapat terkendali sampai umur operasinya optimum yaitu : Harga konduktivitas air pada sistem pendingin sekunder terletak pada interval 850 sampai dengan 950 $\mu\text{S}/\text{cm}$, maksimum 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (air kotor sekali) dan harga pH air selalu dikontrol agar selalu berada dalam interval 6,5 sampai dengan 8. Kemudian pada persiapan operasi reaktor selalu dilakukan analisa kimia untuk pendingin sekunder yaitu konsentrasi Ca sebagai CaCO_3 tidak boleh lebih dari 280 ppm, Kesadahan air atau *Hardness* total 480 ppm, kemudian (Cl^-) sebesar 177,5 ppm (SO_4^{2-}) maksimum 320 ppm. Untuk mengendalikan adanya korosi pada sistem pendingin tersebut diatas biasanya ditambahkan inhibitor korosi sampai dengan konsentrasi sekitar 100 ppm. Penambahan inhibitor nalco tersebut tergantung dari kualitas air baku pendingin sekunder, sedangkan kualitas air baku dari instalasi penjernihan air selalu berbeda dari waktu ke waktu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Besarnya harga konduktivitas menggambarkan banyaknya unsur pengotor (*impurities*) di dalam air pendingin, sementara itu *impurities* sendiri ada sebagian yang menyebabkan korosi seperti sulfat, unsur organik dan sebagainya, ada yang menyebabkan pembentukan kerak (kesadahan) seperti garam-garam karbonat dari Ca dan Mg, juga yang mengurangi kemampuan perpindahan panas

seperti kotoran-kotoran lumpur dan sebagainya, oleh karena itu perlu dilakukan analisa kimia air secara rutin agar kualitas air tetap terjaga sesuai dengan persyaratan tersebut diatas. Kemudian untuk mengontrol konduktivitas air pendingin sekunder dipasang konduktimeter PA-01 CQ001 yang terletak pada bagian hisap pompa PA-01 BR001. Alat ini secara otomatis akan membuka dan menutup katup *blow down* PA-01 AA002/AA003, untuk menjaga agar konduktivitas air pendingin berada antara batas 850-950 ms/m. Jika harga konduktivitas telah tercapai harga maksimum maka katup *blow down* PA-05 AA02/AA03 akan terbuka secara otomatis. Jika harga konduktivitas air telah tercapai harga minimum maka katup *blow down* akan menutup secara otomatis. Sistem penambahan Nalco ini dapat pula dioperasikan secara manual dari panel control GCA001. Tabel 1 memaparkan tentang pemakaian inhibitor korosi yang ditambahkan pada pendingin sekunder bervariasi, hal ini disebabkan karena konsentrasi inhibitor korosi yang harus ditambahkan ada pada air sistem pendingin sekunder sebesar 100 ppm⁽³⁾. Oleh karena itu pada kondisi air baru jumlah inhibitor korosi yang ditambahkan lebih banyak dibandingkan dengan air *make up*. Hal sama apabila harga konduktivitas air tinggi. Jika konduktivitas air pada pendingin sekunder lebih besar dari 950 µs/cm secara otomatis katup *blow down* akan membuka dan akan menutup kembali pada 850 µs/cm sehingga air yang hilang akan lebih banyak.

Tabel 1. Pemakaian inhibitor (Kg) Nalco

| Tgl pemeriksaan | Pemakaian (Kg) | Keterangan |
|-----------------|----------------|-------------|
| 14.1.05 | 125 | Air baru |
| 18.2.05 | 25 | Make up |
| 28.2.05 | 25 | Make up |
| 28.3.05 | 50 | Make up |
| 7.4.05 | 25 | Make up |
| 19.4.05 | 75 | Kond.tinggi |
| 10.5.05 | 25 | Make up |
| 6.6.05 | 50 | Make up |

| | | |
|---|-----|-------------|
| 27.6.05 | 125 | Kond.tinggi |
| 8.8.05 | 50 | Make up |
| 29.8.05 | 100 | Kond.tinggi |
| 5.10.05 | 125 | Kond.tinggi |
| 15.11.05 | 100 | Kond.tinggi |
| 21.12.05 | 100 | Kond.tinggi |
| 30.1.06 | 125 | Kond.tinggi |
| 24.3.06 | 50 | Make up |
| 26.4.06 | 125 | Air baru |
| 12.6.06 | 25 | Make up |
| 28.7.06 | 75 | Make up |
| 3.8.06 | 25 | Make up |
| 14.8.06 | 50 | Make up |
| 20.9.06 | 125 | Kond.tinggi |
| 7.10.06 | 50 | Make up |
| 16.10.06 | 25 | Make up |
| 29.11.06 | 50 | Make up |
| 22.11.06 | 25 | Make up |
| 29.12.06 | 25 | Make up |
| Yang menjadi tolok ukur adalah harga konduktivitas air. | | |

Tabel 2 memaparkan tentang optimasi penggunaan Inhibitor untuk pengendalian korosi. Hilangnya CO₂ dari air pendingin sekunder sebagai akibat dari pengoperasian menara pendingin karena akan menaikkan harga pH. Harga pH dari air pendingin sekunder selalu dikontrol agar selalu berada dalam interval 7,8-8,0 dengan cara menambah larutan Asam sulfat 10%. Indikator harga pH PA-01 CQ002 secara otomatis akan menjalankan kedua pompa PAQ03 AP01/AP02 jika harga pH pendingin sekunder telah mencapai 8,0. Asam sulfat ini akan disemprotkan pada pipa utama PA01/PA02 BR001 sampai harga pH turun menjadi 7,8 pompa ini akan berhenti secara otomatis. Jika pH sudah mencapai 7,8 sistem penambahan asam sulfat ini dapat juga dioperasikan secara manual dari kontrol panel terdekat.

| Konsentrasi Inhibitor Nalco(ppm) | Laju korosi terukur Mili inc/tahun |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 0 | 0,1089 |
| 50 | 0,255 |
| 75 | 0,0803 |
| 100 | 0,071 |
| 125 | 0,1146 |
| 150 | 0,1176 |

KESIMPULAN

Dengan mempertahankan konsentrasi inhibitor korosi pada batasan yang dipersyaratkan dan melakukan analisa kimia secara rutin diharapkan pengendalian korosi pada sistem pendingin sekunder dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Anonymous, Safety Analysis Report RSG-GAS, Volume 9, BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL.*
2. NIZHAMIL LATIF, *Pridiksi pemakaian inhibitor untuk proteksi korosi terhadap Serangan senyawa agresif pada sistem pendingin.*, Forum ilmiah Puspiptek, 2004
3. ELISABER R.DKK., *Evaluasi konsentrasi nalco23226 sebagai penghambat korosi pada sistem pendingin sekunder RSG-GAS.*, Jurnal Teknologi reactor nuklir. TDM vol.5 no.3. Oktober 2003, TSSN 1411-240X

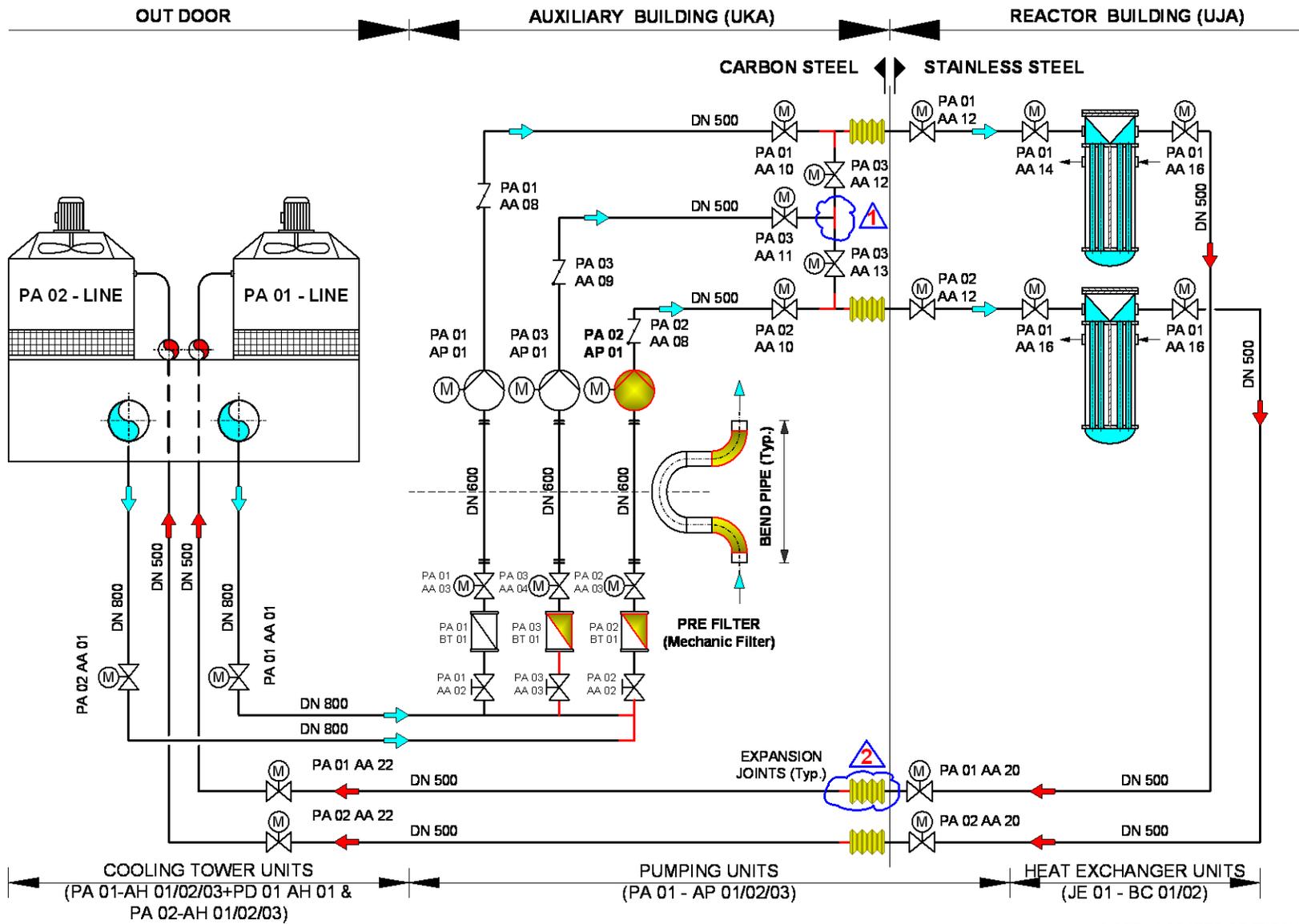


Fig. Schema of SECONDARY COOLING SYSTEM of the RSG-GAS

NOTE : LOCATED OF EXECUTION

