

ANALISIS SISTEM VENTING DELAY CHAMBER

Djunaidi

ABSTRAK

ANALISIS SISTEM VENTING DELAY CHAMBER. Sistem venting *delay chamber* RSG-GAS berfungsi mengeluarkan gas, udara ataupun uap jenuh yang terjebak didalamnya, apabila reaktor beroperasi pada daya tinggi dengan waktu operasi lama. Penggunaan sistem venting *delay chamber* sangat terbatas yaitu pada saat reaktor tidak beroperasi, sedangkan venting pada saat reaktor sedang beroperasi akan menyebabkan udara luar masuk ke dalam *delay chamber*. Banyaknya udara di dalam *delay chamber* akan menyebabkan pompa primer mati. Hal ini disebabkan karena pada sisi isap pompa primer bercampur dengan udara sehingga tekanannya menurun, pompa akan mati karena batasan RPS yaitu tekanan pada sisi isap pompa $\leq -0,15$ bar. Penurunan tekanan sepanjang sistem primer menyebabkan naiknya tekanan uap sehingga akan mempercepat pembentukan gas di dalam *delay chamber*. Kecepatan pembentukan gas atau udara didalam *delay chamber* mencapai $2,925\text{m}^3/\text{jam}$. Usaha yang akan dilakukan untuk mengatasi masalah ini, adalah dengan cara venting udara, di mana gas dihisap dengan pompa vakum dan dilakukan pemisahan antara udara dan air yang terkandung di dalamnya. Udara hasil pemisahan selanjutnya dibuang ke KLA 70. Kemungkinan lain adalah dengan cara injeksi air yang berasal dari kolam penyimpanan bahan bakar bekas, dengan cara ini diharapkan penimbunan gas, udara di dalam *delay chamber* dapat berkurang banyak.

ABSTRACT

THE DELAY CHAMBER VENTING SYSTEM ANALYSIS. The delay chamber venting system serves to extract the entrapped gas, air or saturated vapor when the reactor is in high power and long time operation. The use of delay chamber venting system is very limited, i.e. when the reactor is not operation and high volume of air has been entrapped in the delay chamber. If venting is carried out when the reactor is operation, the air will enter from outside to the delay chamber. And it can cause the primary pumps shut down because the pressure in the section side is decreasing when the air enters and if the pressure on the section side of primary pump reaches less than -0.15 bar, RPS will switch the pump off and scram the reactor. From the analysis, the pressure decrease along the primary system will increase the vapor pressure in the delay chamber and increase the friction due to the increased temperature of primary coolant with long time and high power operation of the reactor. The air or gas formation rate in the delay chamber can reach $2.925\text{ m}^3/\text{h}$. Some efforts will be done to solve this problem, firstly by using an air venting system, in which gas being sucked by vacuum pump and further separator of water-air and removal of air to the KLA 70. Other possibility is through venting system with the injection of water couring from the lower temperature spen fuels to range pool. So the accumulation of gas, air in the delay chamber can be minimized.

PENDAHULUAN

Reaktor G.A. Siwabessy telah beroperasi secara rutin pada daya tinggi, akan tetapi pada saat beroperasi dengan waktu yang lama adanya perbedaan suhu masuk dan keluar teras reaktor akan menyebabkan munculnya kelarutan udara pada pendingin primer pada saat diluruhkan. Selama pendingin primer diluruhkan di dalam *delay chamber*, udara yang terlarut akan dibebaskan atau dilepaskan dari kelarutannya, selanjutnya gas atau udara tersebut akan terkumpul pada bagian atas *Delay Chamber*. Pada operasi

reaktor dengan daya tinggi dan semakin lamanya reaktor beroperasi, pembebasan udara atau gas ini kian menumpuk, sehingga akan mengganggu atau mempengaruhi kerja sistem pendingin primer yang berada di sekitar *delay chamber*. Kinerja pompa primer dapat terganggu dan permukaan kolam reaktor akan *over flow*. Hal ini akan mengakibatkan tangki limbah KBB cepat penuh.

Sistem venting pada *delay Chamber* yang ada saat ini digunakan untuk mengurangi sejumlah udara atau gas yang terjebak di bagian atas *delay Chamber*, saat reaktor tidak beroperasi. Pada saat reaktor beroperasi pada daya tinggi venting akan

menyebabkan udara luar justru akan masuk ke dalam *delay chamber*. Pengamatan dari kinerja sistem venting ini sangat terkait dengan kinerja *delay chamber*, karena sistem venting ini merupakan bagian dari *delay chamber*. Dari keadaan tersebut di atas, maka penelitian ini perlu dilakukan, dimana pada tahap awal akan dihitung kecepatan pembentukan gas atau udara di dalam *delay chamber*. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data operasi reaktor dan selanjutnya dibuat rancangan modifikasi sistem venting untuk membantu menyelesaikan masalah yang dihadapi operasi reaktor. Analisis sistem venting *delay chamber* meliputi penurunan tekanan di dalam *delay chamber*, kecepatan pembentukan gas atau udara di dalam *delay chamber* dan modifikasi sistem venting. Modifikasi sistem venting dilakukan dengan dua cara yaitu melalui sistem venting yang tersedia dimana udara yang berada di dalam *delay chamber* dikeluarkan dan yang kedua adalah dengan cara memasukkan air yang berasal dari kolam penyimpanan bahan bakar bekas ke dalam *delay chamber*.

TEORI

Sistem pendingin primer RSG-GAS adalah jenis lintasan terbuka, diawali dari tangki reaktor, teras, *delay chamber*, hingga ruangan katup. Dari ruang katup aliran kemudian dipecah menjadi dua lintasan paralel yang masing masing terdiri dari pompa primer dan alat penukar panas (HE) serta beberapa sensor, kemudian aliran kembali menyatu menuju teras melalui ring distributor. (Gambar 1). Karakteristik termodinamika pendingin primer sangat dipengaruhi oleh kuantitas panas yang disebabkan oleh pembangkitan panas di teras reaktor. Selain itu akan dipengaruhi pula oleh berbagai unsur lain seperti dimensi kolam, bentuk aliran di teras, dimensi *delay chamber*, jenis katup serta karakteristik pompa dan penukar panasnya, serta geometri dan instalasi pemipanya.

Delay chamber merupakan ruangan di bawah kolam penyimpanan bahan bakar sementara, yang terletak di samping kolam reaktor dengan ukuran $p \times l \times t = 5,87 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 5,5 \text{ m}$. *Delay chamber* berfungsi untuk memperlambat aliran pendingin primer agar N-16 yang terbentuk akibat reaksi fisi, di dalam kolam reaktor dapat meluruh sebelum air pendingin disirkulasikan dan dibuang panasnya. Ruang tersebut dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu bagian 1 (atas) merupakan ruangan atau tempat penerimaan aliran masuk primer, bagian 2 atau tengah dan bagian 3

(belakang) yang langsung berhubungan dengan keluaran, untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2. Di antara bagian atas dan bagian tengah dibatasi oleh sekat berupa saringan dengan 1040 lubang berdiameter $a' 2,0 \text{ cm}$, dan 136 lubang dengan diameter $a' 3,0 \text{ cm}$. Sedangkan antara bagian tengah dan bagian belakang disekat dengan saringan yang memiliki 1216 lubang dengan diameter $a' 2,0 \text{ cm}$ dan 206 lubang dengan diameter $a' 3,0 \text{ cm}$. Aliran pendingin dari kolam reaktor masuk ke ruangan atas kemudian masuk ke ruangan tengah dan akhirnya pendingin keluar melewati ruangan belakang menuju ke pompa primer dengan lama perlambatan sekitar 6 kali masa peluruhan N-16. Masalah yang timbul di ruangan ini adalah terkumpulnya sejumlah gas atau udara akibat peluruhan, terutama di ruangan bagian atas. Selain itu terjadi penurunan tekanan karena adanya aliran yang berbelok-belok. Selain dari penurunan tekanan akibat olakan aliran, akan terjadi pula peluruhan N-16 dan pembebasan udara yang terbawa oleh pendingin. Hal ini disebabkan karena suhu di dalam *delay chamber* lebih rendah dari suhu pendingin di dalam kolam reaktor, akibatnya udara terkumpul di bagian atas *delay chamber*, dengan semakin lamanya operasi daya tinggi maka udara yang terkumpul semakin banyak.

Penurunan tekanan di dalam *delay chamber* dan sekitarnya merupakan proses keseimbangan aliran sistem pendingin primer, penyebabnya terjadi karena penurunan tekanan sepanjang teras, belokan-belokan, penyusutan ataupun pengembangan permukaan aliran, pipa-pipa, katup-katup, dan konstruksi dari *delay chamber* sendiri. Secara umum persamaan penurunan tekanan dapat dituliskan sebagai fungsi kecepatan aliran dan friksi yang tergantung dari bentuk geometri aliran dan bilangan Reynold. Persamaan penurunan tekanan setelah melewati bagian bagian tertentu adalah sebagai berikut :

$$\Delta h = k \frac{v^2}{2g}$$

dengan k adalah koefisien friksi yang tergantung pada geometri

untuk pipa lurus, $k = f \cdot l/d$

untuk ekspansi, $k = (1 - s_1/s_2)^2$

untuk kontraksi, $k = 0,5 (1 - s_1/s_2)$

untuk elbow, sambungan, $k = c \cdot f$

dengan:

v = kecepatan aliran fluida

g = percepatan gravitasi

f = koefisien friksi tergantung dari bentuk bilangan Re.

l = panjang pipa
 d = diameter pipa
 s_1/s_2 = perubahan penampang aliran
 c = konstanta yang berhubungan dengan elbow.

Penurunan tekanan di dalam *delay chamber* terjadi pada penurunan tekanan pada inlet *delay chamber*, rugi tekanan pada ruang 1, rugi tekanan pada saringan 1, rugi tekanan pada saringan 2, kontraksi dan belokan pada ruang 2 ke ruang 3, perubahan penampang pada ruang 3, dan rugi tekanan pada outlet *delay chamber*.

TATA KERJA

Sistem venting ini berfungsi untuk mengurangi sejumlah udara yang terjebak di bagian atas *delay chamber* pada saat reaktor tidak beroperasi yang pembuangannya ke KLA 70 yang berada di atas *Hotcell*. Untuk mendapatkan data secara langsung dapat dilihat pada saat operasi daya tinggi dalam tempo yang lama, seperti pada daya 20 MW atau 18 MW di RKU.

Tabel 1. Kasus I, operasi 18 MW selama 88 jam tanggal 15 September 1992

Indikator	level (m) sebelum venting. jam 16.13	Level (m) sesudah Venting jam 16.43	dL (m)	Volume (m ³)
CL 811	12,48	12,29	0,19	8,88
CL 821	12,48	12,27	0,21	9,82
CL 831	12,50	12,31	0,19	8,88

Tabel 2. Kasus II, operasi 20 MW selama 42 jam tanggal 23 September 1992

Indikator	level (m) sebelum venting.	level (m) sesudah venting	dL (m)	Volume (m ³)
CL 811	12,46	12,30	0,16	7,48
CL 821	12,46	12,29	0,17	7,95
CL 831	12,48	12,32	0,16	7,48

Volume ($V = A \cdot dL$) dimana A luas tampang kolam reaktor dan tangki tunda = 46,745 m². Data lain yang perlu diketahui untuk menghitung kecepatan pembentukan gas di dalam *delay chamber* adalah suhu air, untuk kedua kasus di atas sebesar 48°C.

Berdasarkan persamaan di atas penurunan tekanan pada setiap komponen yang dilewati pendingin primer mulai dari kolam reaktor sampai dengan pompa primer, dapat dihitung. Pada garis besarnya penurunan tekanan ini dapat dikelompokkan dalam beberapa bagian antara lain adalah di bagian teras, bagian dari ujung teras sampai dengan inlet *delay chamber*, bagian khusus *delay chamber* dan bagian *header* pompa primer.

Penurunan tekanan didalam teras, terjadi karena perbedaan tekanan antara permukaan teras dan bagian bawah teras RSG. Rugi tekanan antara teras sampai tangki tunda terjadi karena adanya pipa lurus sepanjang 6,2 m, elbow 90 derajat sebanyak 3 buah dan kontraksi perubahan penampang alir yang berada di bawah teras sebanyak satu buah. Dari gambar *delay chamber* terlihat bahwa penurunan tekanan pendingin primer antar ruang sangat, sehingga untuk

perhitungan terinci perlu adanya pengelompokan ruangan *delay chamber*. Ruangan 1 berbentuk balok berukuran 5,87 m x 2,4 m x 1,9 m, dihubungkan ke ruangan 2 melalui saringan seperti yang telah disebutkan di atas, demikian juga antara ruangan 2 dan ruangan 3. Rugi tekanan dapat dihitung mulai dari saat air pendingin memasuki inlet tangki tunda, yaitu terjadinya ekspansi permukaan alir dari pipa ke ruangan 1. Kemudian di dalam ruangan 1 sendiri terjadi belokan 90 derajat kebawah, dan untuk keluar dari ruangan 1 harus melewati dua jenis saringan dengan diameter yang berbeda, hal ini tentunya juga akan menimbulkan rugi-rugi tekanan aliran pendingin itu sendiri. Kemudian di ruangan 2 terjadi rugi tekanan antara lain terjadi belokan 90 derajat dari atas ke samping, disini terjadi perubahan penampang aliran melewati sejumlah saringan untuk menuju ke ruangan 3. Selanjutnya di ruangan 3 terjadi perubahan penampang alir secara kontinyu sesuai dengan bangun trapesium, yang tentunya akan memberikan gesekan yang besar dan rugi tekanan. Rugi tekanan pada outlet tangki tunda diakibatkan adanya perubahan

penampang alir dari kolam ke pipa dan arah aliran yang berbelok 90 derajat.

Terkumpulnya sejumlah gas di dalam *delay chamber* disebabkan oleh banyak faktor salah satu diantaranya yang cukup besar adalah adanya perbedaan kelarutan jenuh udara didalam air pendingin antara suhu masuk teras dan keluar teras. Pada dasarnya ada perbedaan tekanan udara antara bagian dalam dan luar *delay chamber*, yang dalam kesetimbangannya akan membentuk suatu rongga pada belokan belokan dan permukaan air di dalam tangki karena adanya gaya gravitasi. Selain dari pada itu karena tekanan udara di dalam *delay chamber* lebih kecil dari 1 atm maka dengan naiknya suhu air pendingin primer akan memudahkan terjadinya penguapan sehingga terjadilah kelarutan lewat jenuh. Banyaknya udara yang dibebaskan terlihat setelah terjadi penurunan udara dan setelah reaktor beroperasi dalam waktu lama. Perhitungan kecepatan pembentukan udara / gas dilakukan dengan menggunakan grafik kelarutan jenuh udara dalam air, dan atas dasar perbedaan suhu pada saat awal dan setelah operasi. Dari grafik tersebut akan diperoleh selisih kelarutan, selanjutnya hasilnya dikalikan dengan debit merata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecepatan pembentukan gas/udara di dalam *delay chamber* dilakukan dengan cara yang telah disebutkan di atas. Air pendingin primer masuk ke dalam teras pada suhu 40°C dan keluar dari teras kemudian masuk ke dalam *delay chamber* pada suhu 48°C. Dari Grafik kelarutan jenuh udara dalam air, pada suhu 40 °C udara yang dapat larut dalam air sebesar 1,4% volume yang artinya pada setiap m³ air dapat terlarut 1,4/100 m³ udara atau = 0,014 m³ udara /m³ air. Kemudian pada suhu 48 °C di dalam *delay chamber* udara yang dapat larut di dalam air pendingin sebesar 1,31 % volume atau sama dengan 0,0131 m³ udara/m³ air. Semakin tinggi suhu air pendingin primer berarti semakin kecil kelarutan jenuh udara di dalam air, dan adanya perbedaan suhu air pendingin dari satu tempat ke tempat lain berarti ada perbedaan harga kelarutan sekaligus ada gas atau udara yang dibebaskan. Selisih besarnya kelarutan udara dalam air adalah 0,014 - 0,0131 = 0,0009 m³ udara/m³ air. Pompa pendingin primer memasok aliran dengan debit antara 3240 s/d 3260 m³/jam, sehingga diambil reratanya 3250 m³/jam. Udara yang dibebaskan adalah sebesar 0,0009 m³ udara/m³ air x 3250 m³ air/jam = 2,925 m³ udara/jam. Kecepatan udara atau gas yang timbul

di dalam *delay chamber* sebesar 2,925 m³/jam.

Dari ruang kendali utama dapat dilihat pada awal operasi reaktor suhu pendingin primer keluar dari teras sekitar 27°C dan *section head* (h₁) pompa primer sebesar 6,37 m. Sedangkan pada operasi 30 MW dengan waktu operasi di atas 20 jam suhu pendingin primer yang keluar teras dapat mencapai 50°C, *section head* (h₁) pompa primer turun sampai 5,48 m. Ini menunjukkan bahwa dengan naiknya suhu pendingin primer akan mempercepat terjadinya penguapan didalam *delay chamber*, apalagi dengan tekanan rendah.

Pada operasi reaktor dengan daya 18 MW sampai dengan 20 MW pada kasus 1, dan kasus 2 dengan lama operasi diatas 10 jam dan suhu pendingin primer sekitar 48°C, kecepatan pembentukan gas/udara didalam *delay chamber* mencapai 2, 925 m³/jam. Hal ini menunjukkan bahwa jika suhu pendingin yang keluar dari teras reaktor telah mendekati 50°C dan beroperasi di atas 10 jam, telah termasuk tingkat yang membahayakan karena sirkuit pendingin primer adalah sirkuit terbuka. Pada sirkuit ini jika terjadi penambahan volume udara atau gas di dalam *delay chamber*, akan menyebabkan per-mukaan air kolam akan naik sampai ke lantai operasi, meskipun ada batas level permukaan air kolam. Kemungkinan lain akan terjadi kavitasi pada pompa primer karena pendingin yang dialirkan oleh pompa terlalu banyak bercampur dengan udara atau uap, sedangkan pada saat udara banyak terdapat di dalam *delay chamber* menyebabkan tekanannya menurun sehingga besar kemungkinannya pompa primer mati sebelum terjadinya kavitasi. Kemudian ke-cepatan pembentukan gas/udara jenuh didalam *delay chamber* bergantung pada suhu pendingin primer saat itu, sedangkan besarnya suhu pendingin primer tergantung pada daya reaktor dan lamanya operasi reaktor.

Ada dua cara untuk menyelesaikan persoalan munculnya deposit udara yang terjebak di dalam tangki tunda, yaitu udara yang berada di dalam *delay chamber* dikeluarkan dengan cara menghisap udara yang bercampur dengan air dengan pompa vakum, yang sebelumnya dilewatkan *water trap*. Sedangkan yang kedua adalah dengan cara memasukkan air yang berasal dari kolam penyimpanan bahan bakar bekas ke dalam tangki tunda melalui sistem venting yang tersedia.

Mekanisme kerja dari cara pertama adalah dengan menghidupkan pompa vakum pada saat reaktor tidak beroperasi atau setelah reaktor beroperasi pada daya tinggi dan lama, atau

dilakukan secara berkala sekali dalam satu shif. Sedangkan cara kedua dilakukan dengan menggunakan katup pemasukan air dari kolam penyimpanan bahan bakar bekas sementara, yang berada didalam kolam kira kira 2 m dibawah permukaan air. Operasional membuka dan menutup katup dilakukan dengan menggunakan *handling tool*, yang dilakukan oleh operator sistem bantu dari atas kolam. Cara ini dilakukan pada saat reaktor sedang beroperasi.

KESIMPULAN

Dari data operasi daya tinggi dalam waktu yang lama, selalu terbentuk gas/udara di dalam

delay chamber RSG-GAS. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan kecepatan pembentukan gas/udara di dalam *delay chamber* mencapai 2,925 m³/jam. Untuk mengatasi masalah ini dilakukan modifikasi atau penyempurnaan sistem venting. Ada dua cara untuk mengeluarkan udara yang terjebak di dalam *delay chamber*, pertama melalui sistem venting udara di dalam *delay chamber* dimana udara terjebak dihisap keluar kemudian dipisahkan airnya dan udaranya disalurkan lewat sistem ventilasi. Kedua dengan cara menginjeksikan air dari kolam bahan bakar bekas ke dalam *delay chamber*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Tenaga Atom Nasional *Safety Analysis Report* RSG-GAS, Volume 8, 1998
2. HAJIMU SHITOMI, "STA Expert's Report in Multi Purpose Reactor G.A. Siwabessy (MPR-30) BATAN, INDONESIA", October, 1992.
3. HAJIMU SHITOMI, "STA Expert's Report in Multi Purpose Reactor G.A. Siwabessy (MPR-30) BATAN, INDONESIA", October, 1994.
4. Buku catatan harian pada ruang kendali utama PRSG.

Diskusi

Pertanyaan (Adrial R)

Di dalam latar belakang tidak begitu jelas maksud dari pada penelitian serta hasil yang dicapai dalam analisis sistem venting chamber.

Jawaban (Djunaidi)

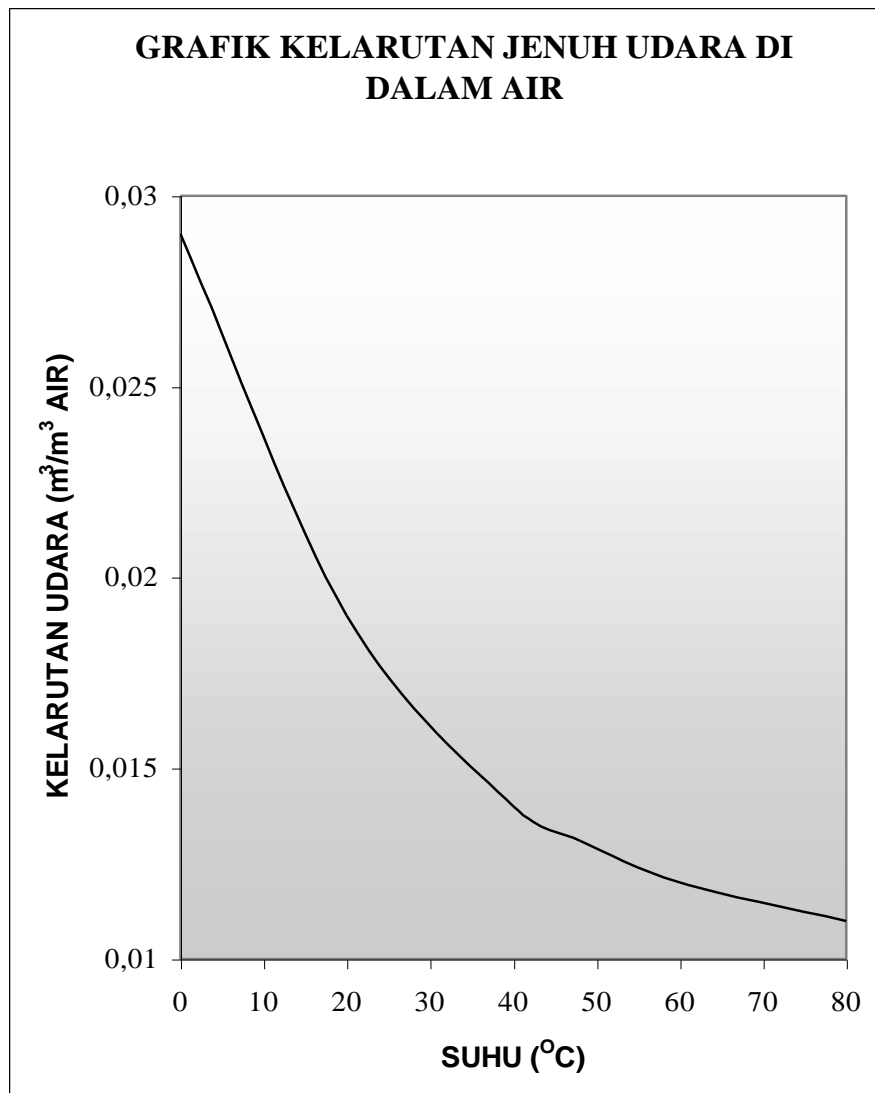
yang melatarbelakangi penelitian ini ada masalah di dalam delay chamber maksud dari analisis ini pada tahap awal menghitung kecepatan pembentukan gas/uap di akhir delay chamber.

Pertanyaan (DJ. Hasibuan.)

Apa yang melatarbelakangi penelitian yang dilakukan ? Jelaskan.

Jawaban (Djunaidi)

Yang melatarbelakangi penelitian ini adalah masalah di dalam delay chamber yang berakibat pompa primer mati dan level air kolam naik.



Gambar 3. Grafik kelarutan jenuh udara di dalam air

Gambar 4. Rancangan modifikasi sistem venting delay chamber RSG-GAS