

STUDI KARAKTERISTIK MATERIAL ALAT PEMADAM API RINGAN (APAR) JENIS ABC POWDER MELALUI PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO DAN PENGUJIAN KEKERASAN

Rinaldi^{1)*}, Siswo Pranoto²⁾, Suyitno³⁾,

Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru
Jalan : Dirgantara No.4 Arengka Pekanbaru-Riau 2829

*corresponding author : rinaldiyds@gmail.com

Abstrak

Alat Pemadam Api Ringan berfungsi untuk membantu memadamkan api pada saat terjadinya kebakaran. Permasalahan yang terjadi pada Alat Pemadam Api Ringan ini diantaranya : tabung Alat Pemadam Api Ringan mengalami korosi, lapisan pelindung kurang baik, tekanan dalam tabung menjadi berkurang baik, terdapatnya kerusakan di bagian sambungan badan tabung dan alas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis kerusakan yang terjadi pada bagian-bagian Alat Pemadam Api Ringan yang mengalami kerusakan, menganalisa karakteristik material melalui pengamatan struktur mikro dan pengujian kekerasan material Alat Pemadam Api Ringan, serta analisis tegangan yang diidentifikasi mengalami cacat untuk mengetahui penyebab kerusakannya. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu detail kerusakan telah diketahui dari penelitian ini. Bagian Alat Pemadam Api Ringan yang mengalami kerusakan yaitu bagian atas, sambungan lasan, dan dasar tabung. Kerusakan Alat Pemadam Api Ringan berupa korosi dominan terjadi di dasar tabung. Kekerasan dan tegangan di daerah sambungan las lebih tinggi dibandingkan kekerasan dinding tabung, sehingga menimbulkan korosi tegangan. Korosi merusak beberapa bagian di dasar tabung. Pertumbuhan korosi berawal dari bagian dasar tabung lalu menjalar ke bagian atas tabung. Korosi mengakibatkan penipisan pada dinding Alat Pemadam Api Ringan yang terjadi pada lubang yang disebabkan oleh korosi dan merambat pada daerah sambungan lasan. Kerusakan mulai terjadi di lokasi sambungan lasan dan terus merambat hingga ke bagian yang lain dari dinding tabung Alat Pemadam Api Ringan. Program perawatan yang handal, program pelapisan dinding tabung yang terintegrasi, dan desain tabung yang lebih baik sehingga dapat menghindari korosi pada sambungan las.

Kata kunci : *tegangan, korosi, kekerasan, sambungan las*

Abstract

The Light Fire Extinguishers feature to help extinguish the fire in the event of a fire. Problems that occur in this Light Fire Extinguisher include: Fire Extinguisher Fire Extinguisher corrosion, protective layer is not good, the pressure in the tube to be reduced well, there is damage in the tube body connection and base. The purpose of this study is to know the types of damage that occurred in parts of Fire Extinguisher Lighting that suffered damage, analyzing the characteristics of the material through the observation of microstructure and hardness testing materials Light Fire Extinguishers, as well as stress analysis identified having a defect to determine the cause of the damage. The conclusion that can be drawn from this research that detail of damage have been known from this research. Light Fire Extinguisher Parts that are damaged ie the top, welded joints, and the base of the tube. Damage Fire Extinguisher Light in the form of dominant corrosion occurs at the base of the tube. Hardness and tension in the weld joint area is higher than the hardness of the tube wall, causing corrosion of the voltage. Corrosion damages some parts at the base of the tube. The growth of corrosion starts from the bottom of the tube and then spreading to the top of the tube. Corrosion results in thinning of the Light Fire Extinguishers wall that occurs in holes caused by corrosion and propagates in the welded joint area. The damage starts to occur at the location of the weld connection and continues to propagate to the other side of the tube wall of the Light Fire Extinguisher. Reliable maintenance program, integrated tubular wall coating program, and better tube design so as to avoid corrosion of welded joints.

Keywords: *stress, corrosion, hardness, welded joint*

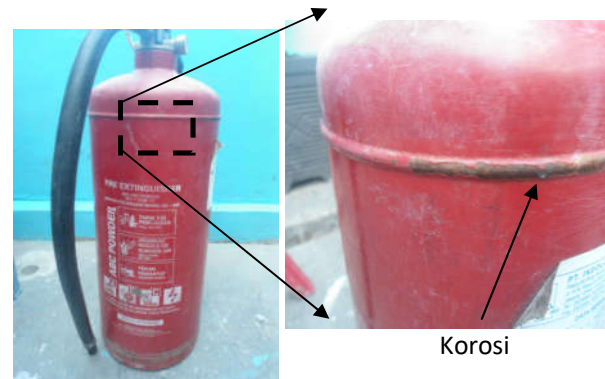
PENDAHULUAN

Alat pemadam api adalah alat perlindungan kebakaran aktif yang digunakan untuk memadamkan api atau mengendalikan kebakaran kecil, umumnya dalam situasi darurat. Pemadam api tidak dirancang untuk digunakan pada kebakaran yang sudah tidak terkontrol, misalnya ketika api sudah membakar langit-langit. Umumnya alat pemadam api terdiri atas sebuah tabung bertekanan tinggi yang berisi bahan pemadam api. Alat Pemadam Api Ringan (APAR) adalah alat pemadam api berupa tabung berbentuk silinder yang mudah dioperasikan cukup oleh satu orang pengguna saja, karena bentuknya yang kecil serta beratnya yang dapat ditanggung oleh satu orang saja dan didesain bersifat *portable* (mudah dipindahkan). Jenis unit *portable* ini memiliki kekurangan dan kelebihan, dimana tabung jenis ini dapat mematikan api pada awal terjadinya kebakaran atau bersifat pencegahan darurat, tetapi tidak direkomendasikan untuk kebakaran yang sudah membesar dan dapat membahayakan jiwa (Anonim, 2014).

Salah satu unit kerja di PT. Transportasi Gas Indonesia Pengkalan Kerinci, yaitu Gudang SV 1306 dilengkapi dengan APAR jenis ABC POWDER dengan berat 9 kg. Secara teknis, seluruh APAR yang ditempatkan di Unit SV 1306 dapat digunakan, namun masih terdapat beberapa permasalahan yang serius, salah satu indikasi yang ditemukan adalah penurunan tekanan di dalam tabung APAR meskipun belum pernah digunakan. Dari indikasi tersebut, diketahui beberapa permasalahan APAR yang terdapat di Unit Gudang SV 1306 tersebut antara lain: (a) tabung APAR terkorosi lebih dini jika dibandingkan dengan APAR sejenis yang digunakan di unit kerja yang lain (Gambar 1), lapisan pelindung dan tabung bertekanan dalam keadaan kurang baik; (b) terdapatnya kerusakan di bagian sambungan badan tabung dan alas; (c) belum adanya penerapan pencegahan kerusakan pada saat inspeksi perawatan APAR.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 26/PRT/M/2008 mengatur tentang spesifikasi teknik APAR. Jika pada suatu waktu, APAR menunjukkan penyok, cacat mekanik, atau korosi yang selanjutnya menunjukkan terjadinya perlemahan, maka APAR harus disingkirkan (butir 5.6.6.8.5.3). Terjadinya kerusakan APAR dalam waktu pemakaian yang lebih singkat merupakan suatu permasalahan yang memunculkan beberapa hipotesis. Hipotesis (kemungkinan) yang muncul yaitu APAR yang digunakan bisa jadi belum memenuhi persyaratan teknis sebagaimana yang

diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 26/PRT/M/2008. Spesifikasi teknis yang disyaratkan tersebut mencakup aspek mekanis, seperti penyok dan cacat mekanis.



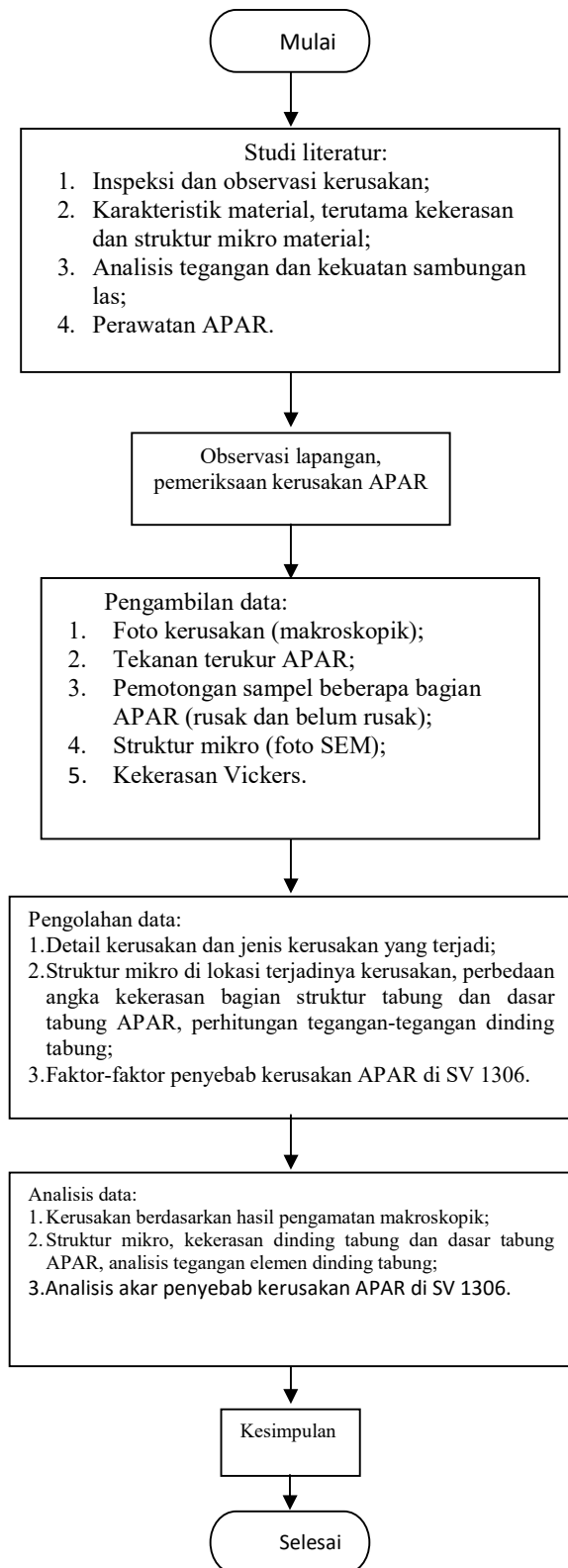
Gambar 1. Foto salah satu kerusakan tabung APAR

Pada penelitian ini dilakukan Studi karakteristik material APAR jenis ABC POWDER di SV 1306 Gudang PT. Transportasi Gas Indonesia Pengkalan Kerinci. Penelitian ini sangat dibutuhkan untuk mengetahui penyebab kerusakan pada APAR. Metode yang dikembangkan dalam penelitian ini antara lain: (a) inspeksi dan observasi mendetail bagian-bagian yang mengalami kerusakan; (b) pendekatan pada aspek mekanik dan material yaitu melalui pengkajian tegangan-tegangan pada tabung, karakteristik kekerasan dan struktur mikro material; dan (c) rekomendasi program inspeksi (perawatan). Penelitian ini dapat memberikan gambaran terhadap karakteristik dan sifat mekanik dari material Alat pemadam api ringan tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kerusakan APAR jenis ABC POWDER di Unit SV 1306 PT. Transportasi Gas Indonesia Pangkalan Kerinci. Menganalisis karakteristik material melalui pengamatan struktur mikro dan pengujian kekerasan material APAR serta analisis tegangan yang diidentifikasi mengalami cacat untuk mengetahui penyebab kerusakannya

METODOLOGI

Penelitian ini mencakup 3 kegiatan utama, yaitu: pengambilan data, pengolahan data, dan analisis data. Pengambilan data, observasi lapangan dilaksanakan di SV 1306 Gudang PT. Transportasi Gas Indonesia Pangkalan Kerinci, pengolahan dan analisis data dilaksanakan di Laboratorium Metalurgi Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru.



Gambar 2. Tahap kegiatan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Identifikasi kerusakan APAR

Hasil identifikasi didukung dengan spesifikasi acuan APAR yang digunakan dalam penelitian ini. Data-data spesifikasi APAR yang diteliti lebih detail adalah sebagai berikut.

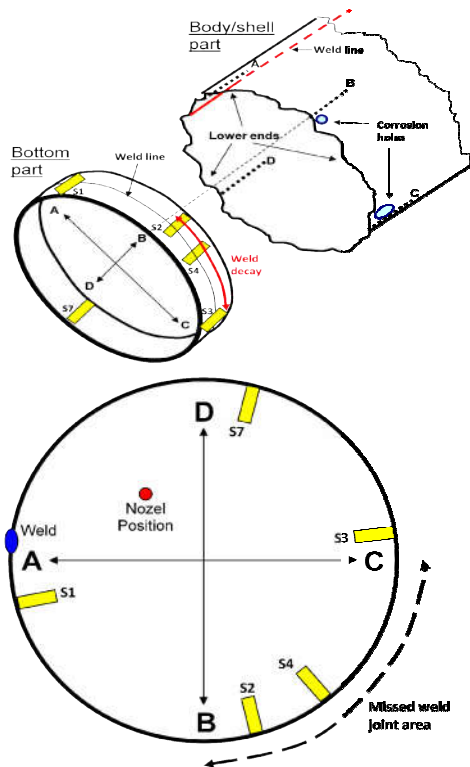
Tabel 1. Data APAR ABC POWDER yang digunakan di SV 1306

Tekanan tabung = 4137 kPa
Diameter (D) = 180 mm
Ketebalan tabung (t) = 2,4 mm
Karakteristik material (berdasarkan DIN EN 10130): <i>Yield strength</i> = 140 - 240 MPa <i>Ultimate strength</i> = 270 - 370 MPa
Tegangan longitudinal dinding tabung ($p = 4,137$ MPa) = 77,57 Mpa

Berdasarkan standar material dinding tabung (DIN EN 10130, ASTM A568/A568M, dan JIS G 3141), APAR jenis ABC POWDER dibuat dari baja karbon rendah melalui proses pengerolan dingin dengan ketebalan minimum 0,35 mm. Komposisi kimia standar material dinding APAR menurut DIN EN 10130 yaitu: 0,1wt%C; 0,45wt%Mn; 0,035wt%P; dan 0,035wt%S.

Bagian dalam dinding APAR tidak membutuhkan pelapisan (*coating*) sedangkan di bagian luar diperlukan pelapisan berupa pengecatan yang sama dengan dinding kapal. Pemeriksaan APAR seharusnya dilakukan setiap bulan, dengan memeriksa tidak terjadi kerusakan seperti: nosel dalam keadaan baik, terisi penuh, *seal* tidak rusak, dan prosedur penggunaan tetap dapat dibaca.

Detail kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4. Beberapa sketsa yang membantu pengamatan kerusakan terhadap dinding APAR diperlihatkan pada Gambar 3.

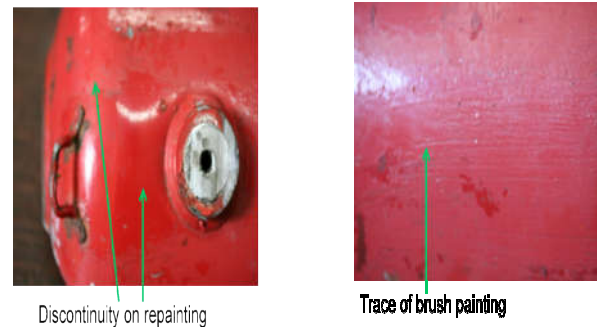


Gambar 3. Sket kerusakan pada dinding APAR di SV 1306

Beberapa lokasi yang berlubang akibat korosi diperlihatkan pada Gambar 4. Lubang-lubang tersebut menunjukkan fenomena *pitting corrosion* yang merupakan bentuk korosi lokal dimana terjadi kerugian logam APAR dalam bentuk lubang dengan penampang relatif kecil untuk permukaan terbuka secara keseluruhan. Sebagian besar permukaan sering menderita kerugian logam sedikit atau tidak ada. Penetrasi bisa begitu besar sehingga dinding dapat benar-benar berlubang sehingga kebocoran.

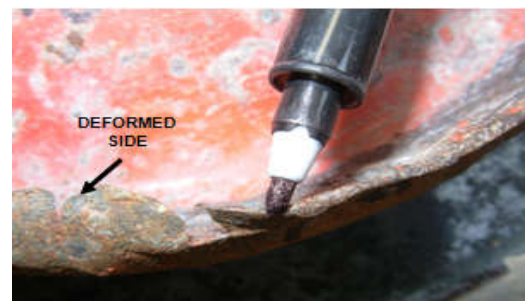


Gambar 4. Detail kerusakan dinding APAR



Gambar 5. Dinding tabung yang telah dicat ulang

Dari Gambar 5. dapat dilihat bahwa dinding tabung telah dicat ulang. Pengecatan ini diperkirakan untuk menutupi bagian permukaan yang telah mengalami kerusakan. Beberapa tanda pengecatan ulang: keterangan spesifikasi APAR terdapat tanda bekas pengecatan, bekas cat yang tidak kontinu, dan jejak pengecatan.



Gambar 6. Ketebalan dinding bagian bawah tabung

Dari Gambar 6. dapat dilihat bahwa di bagian bawah dinding tabung telah mengalami kerusakan, di beberapa lokasi terdapat deformasi (perubahan bentuk struktur).



Gambar 7. Daerah yang terkorosi dan arah pengamatan SEM

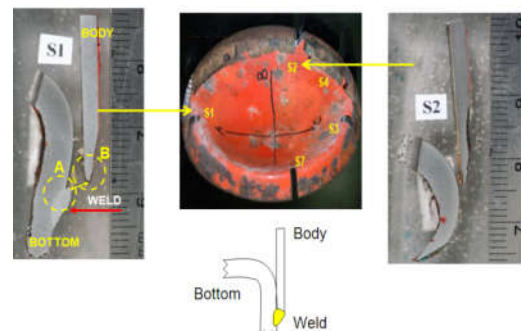
Pengamatan struktur mikro menggunakan SEM diobservasi pada bagian yang mengalami korosi (Gambar 7). Beberapa lokasi dinding tabung telah mengalami penipisan akibat terjadinya korosi seperti diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Detail korosi pada dinding tabung

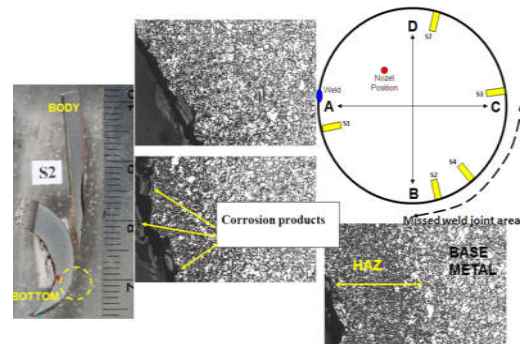
Korosi yang terjadi pada dinding tabung diakibatkan oleh perbedaan konsentrasi tegangan antara dinding dan alas tabung. Karat ini terjadi, karena celah sempit terisi dengan zat yang terkandung di dalam APAR (antara bagian dinding dan alas tabung seperti ditunjukkan pada Gambar 9. maka terjadilah suatu sel korosi dengan katodanya permukaan sebelah luar celah.

Proses pengkaratan ini berlangsung cukup lama karena cairan elektrolit di dalam celah cenderung lama mengeringnya walaupun bagian luar permukaan/celah telah lama kering. Celah ini umum terjadi pada konstruksi dengan fabrikasi menggunakan pengelasan *electric resistance* (tahanan listrik) seperti konstruksi APAR.

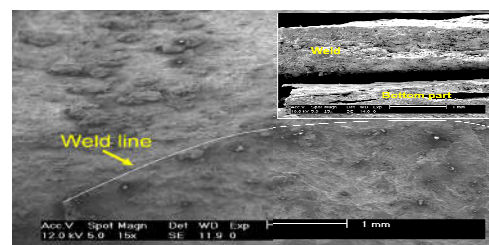


Gambar 9. Konstruksi lasan pada APAR

Di lokasi B ke C (Gambar 10.) menunjukkan daerah yang kehilangan pengaruh lasan. Berdasarkan hasil pengamatan SEM diketahui bahwa terdapat beberapa korosi di bagian yang mengalami penurunan kualitas lasan, sedangkan bagian yang dilas (lokasi A) tidak ditemukan korosi. Hasil pengamatan SEM di lokasi A menunjukkan daerah HAZ yang jelas seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Pada Gambar 11. diperlihatkan hasil pengamatan SEM terhadap lokasi BC. Di lokasi BC tidak terlihat adanya tanda lasan, tanda garis lasan merupakan lokasi BC yang seharusnya terdapat jejak lasan (seperti ditunjukkan pada gambar sisipan).



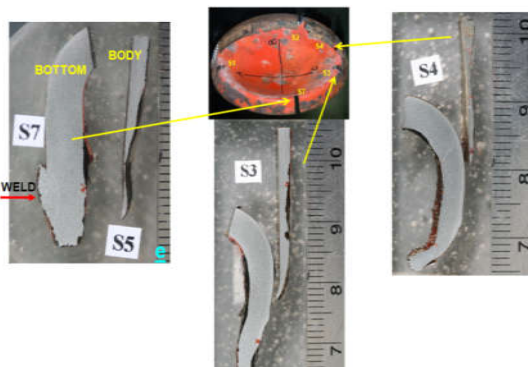
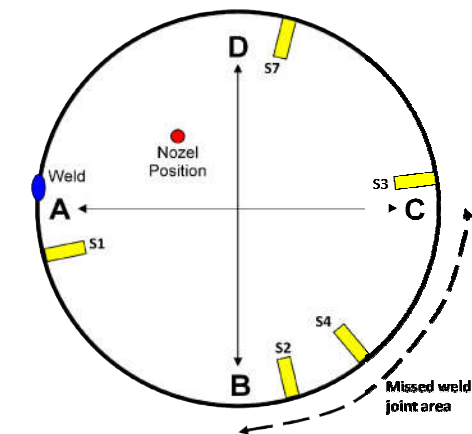
Gambar 10. Perbandingan (korosi) bagian yang dilas dengan bagian yang mengalami penurunan kualitas lasan



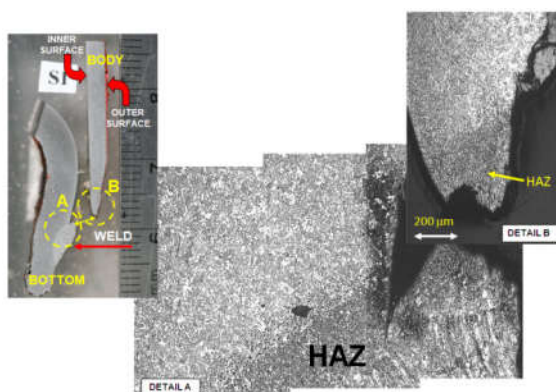
Gambar 11. Foto struktur mikro garis lasan (SEM)

Beberapa sampel untuk pengamatan SEM ditunjukkan pada Gambar 12. Di lokasi A telah

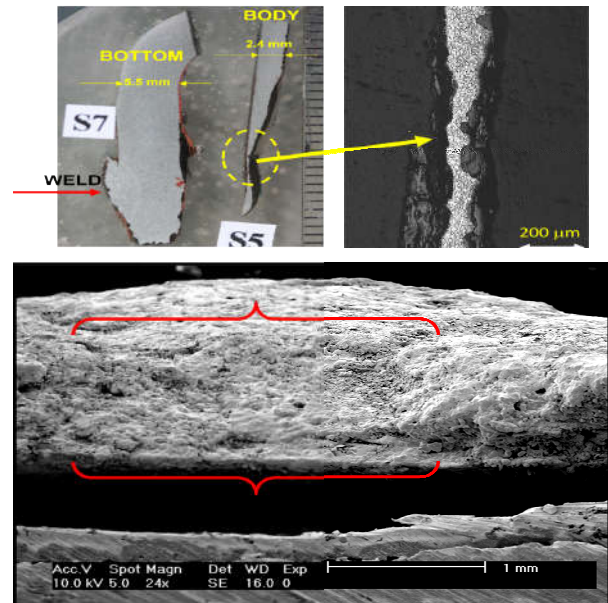
ditemukan jejak lasan seperti ditunjukkan pada Gambar 13. Konstruksi sambungan di A (dasar dan dinding tabung) terlihat sangat jelas, seperti yang diperlihatkan dari pengamatan SEM.



Gambar 12. Sampel uji pengamatan SEM di dasar tabung APAR



Gambar 13. Daerah pengaruh lasan (HAZ) di lokasi A dan B

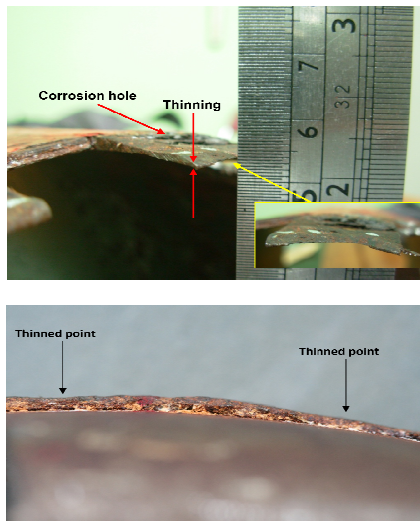


Gambar 14. Penjalaran retak di bagian dasar tabung APAR

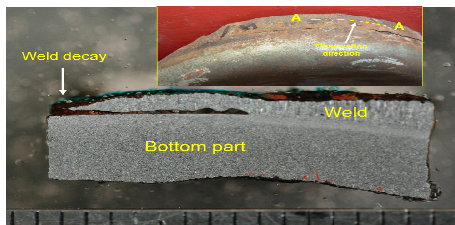
Dari Gambar 14 dapat dilihat bahwa kerusakan di bagian dasar tabung APAR terjadi akibat korosi dan penjalaran retak. Struktur mikro (pengamatan SEM) menunjukkan bahwa di bagian yang mengalami korosi mempercepat penjalaran retak, dibuktikan dengan lebar retak yang lebih besar di lokasi yang terkorosi dibandingkan dengan lokasi yang tidak terkorosi.

Di bagian dasar tabung APAR mengalami penipisan permukaan seperti diperlihatkan pada Gambar 15. Di sekitar lokasi korosi berlubang (*corrosion hole*) terdapat penipisan permukaan dinding tabung yang disebabkan oleh reaksi permukaan terkorosi yang merambat melalui retak yang terkorosi. Di bagian tertentu ditemukan penipisan permukaan yang diperlihatkan pada Gambar 15. penipisan dijumpai di bagian dinding APAR yang lebih rendah. Korosi merusak bagian yang lebih rendah pada dinding APAR.

Bagian permukaan lasan antara dasar dan dinding tabung APAR juga mengalami kerusakan berupa pembusukan bagian lasan (*weld decay*).



Gambar 15. Penipisan permukaan dinding APAR

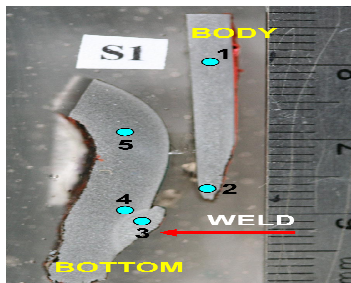


Gambar 16. Pembusukan bagian lasan (weld decay)

Pembusukan bagian lasan disebabkan oleh korosi yang terjadi di daerah HAZ. Di bagian lasan di dasar tabung mengalami kerusakan daerah HAZ yang lebih tinggi dibandingkan dengan di bagian dinding tabung.

2. Kekerasan dinding tabung APAR

Angka kekerasan Vickers di bagian dasar dan dinding tabung diperlihatkan pada Tabel.2. Gambar.17.menunjukkan lokasi sampel uji kekerasan pada APAR. Sampel 3 merupakan lokasi lasan sedangkan lokasi 4 merupakan daerah HAZ.

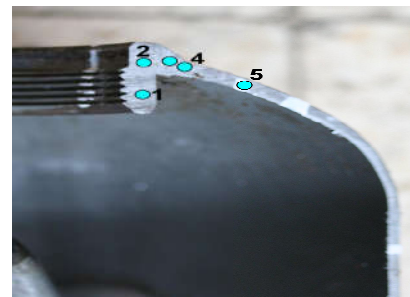


Gambar 17. Lokasi sampel uji kekerasan pada dinding APAR

Tabel . 2. Angka kekerasan Vickers di bagian dasar dan dinding tabung

Point	VHN (kg/mm ²)				
	1	2	3	4	5
1	142,2	182,7	231	210	174,8
2	142,2	174,8	220	210	174,8
3	148	174,8	231	210	182,7
4	136,8	174,8	220	231	174,8
5	136,8	167,5	210	200	182,7
Rata-rata	141,2	174,92	222,4	212,2	177,96

Angka kekerasan Vickers di bagian atas tabung APAR diperlihatkan pada Tabel.3. Lokasi pengambilan sampel uji kekerasan Vickers diperlihatkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Lokasi uji kekerasan di bagian atas dinding APAR

Tabel .3 Angka kekerasan Vickers di bagian atas tabung

Point	VHN (kg/mm ²)				
	1	2	3	4	5
1	270	285	182,7	154	148
2	285	270	191	148	148
3	285	285	191	148	136,8
4	270	270	210	148	136,8
5	270	285	210	148	136,8
Rata-rata	276	279	196,94	149,2	141,28

4.2 Pembahasan

Tekanan dalam tabung sebesar 4137 kPa = 4,137 MPa = 4,137 N/mm² (data APAR yang ditunjukkan pada Tabel 1), maka tegangan pada dinding tabung dapat ditentukan dengan Persamaan yaitu:

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{4,137 \cdot 90}{2,4} = 155,14 \frac{N}{mm^2} = 155,14 MPa$$

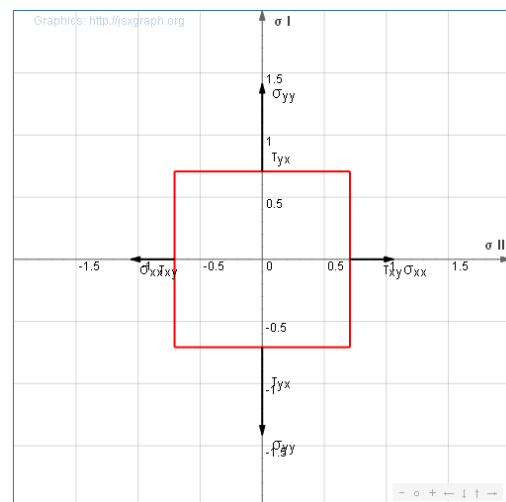
$$\sigma_{xx} = \frac{4,137 \cdot 90}{2(2,4)} = 77,57 \frac{N}{mm^2} = 77,57 MPa$$

Analisis tegangan diperoleh menggunakan bantuan *Mohr's circle 2D calculator*. Input data dan solusi tegangan dinding tabung diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Input dan solusi tegangan elemen dinding tabung

STRESS TENSOR DEFINITION			
σ_{xx} [MPa]	77.57	τ_{xy} [MPa]	0
τ_{yx} [MPa]	0	σ_{yy} [MPa]	155.14

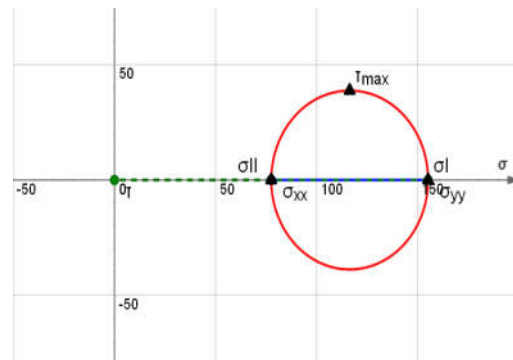
MOHR CIRCLE SOLUTION			
C [MPa]	Mean stress	116.355	
θ [deg]	Rotation about principal axes	0	
σI [MPa]	Principal stress I (max)	155.14	
σII [MPa]	Principal stress II (min)	77.57	
τ_{MAX} [MPa]	Maximum shear stress	38.785	
σ_{VM} [MPa]	Von Mises stress	134.3552	



Gambar 19. Tegangan bidang (*plane stress*) pada elemen dinding tabung

Berdasarkan Tabel 4. diketahui tegangan maksimum pada dinding tabung sebesar 155,14 MPa. Dinding tabung dibuat dari material yang sesuai dengan DIN EN 10130 dengan *ultimate strength* yang distandarkan yaitu 270 – 370 MPa. Dari segi desain material dan struktur maka dinding

APAR telah aman (memenuhi syarat untuk digunakan) sebab tegangan maksimum yang dinding di bawah nilai tegangan izinnnya. Dengan menggunakan lingkaran Mohr seperti diperlihatkan pada Gambar 20. diketahui bahwa tegangan-tegangan utama yang terjadi bersifat tarik sebab tegangan yang terjadi bernilai positif. Untuk tegangan geser maksimum terhadap dinding tabung yaitu 38,785 MPa.



Gambar 20. Lingkaran Mohr elemen dinding tabung

APAR

Tegangan geser yang terjadi pada sambungan lasan dapat dihitung sehingga beban geser (p) yang terjadi pada dinding tabung adalah:

$$p = \sigma_{xx} \cdot L_w \cdot t = (77,57)(3,14 \cdot 180)(2,4) = 105220 N$$

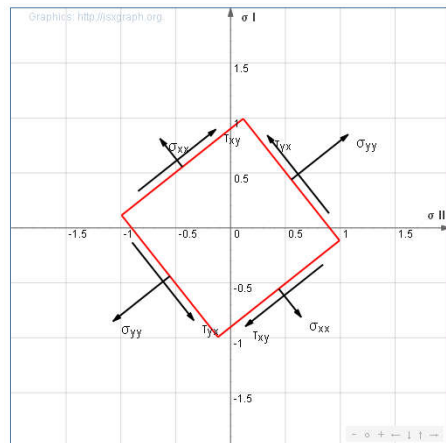
Pada sambungan las terhadap pelat, $h_e = 1/16$ in = 1,59 mm. Tegangan geser pada sambungan lasan yaitu:

$$\tau = \frac{1,414 \cdot p}{h_e \cdot L_w} = \frac{1,414 \cdot 105220}{1,59 \cdot 3,14 \cdot 180} = 165,56 MPa$$

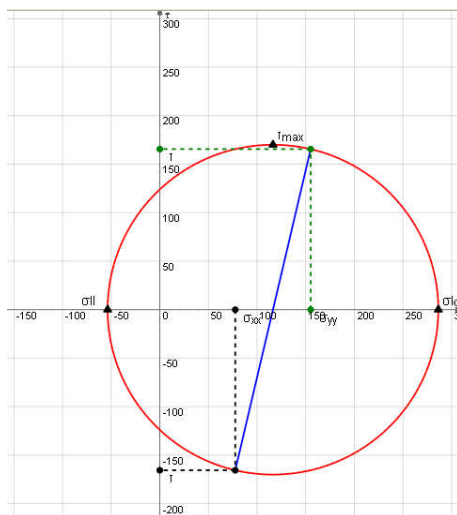
Tabel .5. Input data dan solusi tegangan pada sambungan las

STRESS TENSOR DEFINITION			
σ_{xx} [MPa]	77.57	τ_{xy} [MPa]	165.56
τ_{yx} [MPa]	-165.56	σ_{yy} [MPa]	155.14

MOHR CIRCLE SOLUTION			
C [MPa]	Mean stress	116.355	
θ [deg]	Rotation about principal axes	-51.5923	
σ_I [MPa]	Principal stress I (max)	286.3973	
σ_{II} [MPa]	Principal stress II (min)	-53.6873	
τ_{MAX} [MPa]	Maximum shear stress	170.0423	
σ_{VM} [MPa]	Von Mises stress	316.6728	



Gambar 21. Tegangan bidang (*plane stress*) pada elemen lasan



Gambar 22. Lingkaran Mohr elemen lasan APAR

Tegangan utama pada sambungan las diketahui 286,39 MPa (Tabel.5.). Tegangan pada dinding tabung jauh lebih rendah dibandingkan tegangan sambungan las. Perbedaan tegangan ini

memicu terjadinya korosi tegangan di sekitar sambungan las. Berdasarkan hasil pengamatan SEM ditemukan adanya celah yang memicu terjadinya korosi. Celah tersebut bisa terjadi akibat beda tegangan antara dinding tabung terhadap sambungan las. selain itu, konsentrasi tegangan antara dinding dan dasar tabung menyebabkan terjadinya korosi tegangan. Korosi tegangan ini ditandai dengan korosi lokal yang hanya terjadi di dasar tabung.

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Detail kerusakan telah diketahui dari penelitian ini. Bagian APAR yang mengalami kerusakan yaitu bagian atas APAR, sambungan lasan, dan dasar tabung APAR. Kerusakan APAR berupa korosi, dominan terjadi di dasar tabung APAR.
2. Kekerasan dan tegangan di daerah sambungan las lebih tinggi dibandingkan kekerasan dinding tabung, sehingga menimbulkan korosi tegangan. Korosi merusak beberapa bagian di dasar tabung APAR. Pertumbuhan korosi berawal dari bagian dasar tabung lalu menjalar ke bagian atas tabung APAR. Korosi mengakibatkan penipisan pada dinding APAR yang terjadi pada lubang yang disebabkan oleh korosi dan merambat pada daerah BC (lokasi sambungan lasan). Kerusakan mulai terjadi di lokasi BC dan terus merambat hingga ke bagian yang lain dari dinding tabung APAR.
3. Tekanan dalam tabung sebesar 4137 kPa = 4,137 MPa = 4,137 N/mm², maka tegangan pada dinding tabung yang terjadi sebesar 77,57 Mpa maka dinding APAR aman digunakan karena telah memenuhi syarat dimana tegangan maximum yang terjadi pada dinding APAR di bawah nilai tegangan izinnya.
4. Rekomendasi yang penting untuk pencegahan kerusakan terhadap APAR jenis ABC POWDER antara lain: program perawatan yang handal, program pelapisan dinding tabung yang terintegrasi, dan desain tabung APAR yang lebih baik sehingga dapat menghindari korosi pada sambungan las.

5.2 Saran

1. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai desain tabung APAR, terutama untuk penggunaan di lingkungan yang khusus seperti: tingkat keasaman yang tinggi, kelembaban yang berfluktuasi, temperatur kerja yang tidak stabil.
2. Perlunya penelitian lanjutan tentang manufaktur tabung APAR yang berkaitan dengan pengelasan, pengaruh pembentukan dengan metode yang lain sebagai alternatif proses manufaktur untuk tabung APAR.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pimpinan PT. Transportasi Gas Indonesia Pangkalan Kerinci yang telah bersedia membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM. 2000. *Mechanical Testing and Evaluation*. ASM Handbook, Volume 8.
- Anonim. 2014. *Pemadam Api*. http://id.wikipedia.org/wiki/Pemadam_api. (diakses pada 07 Mei 2014).
- Anonim 2014b. *Jenis Alat Pemadam Api dan Kegunaannya*. www.gasdepo.co.id/jenis-alat-pemadam-api-dan-kegunaannya. (diakses 07 pada 07 Mei 2014)
- Bloch dan Geitner. 1999. *Machinery Failure Analysis and Troubleshooting*. Volume 2, Third Edition. Gulf Publishing Company.
- Departemen Pekerjaan Umum RI. 2008. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan.
- Fauziah F. 2014. *Uji Kekerasan Material*. Jurusan Teknobiomedik, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
- Wiratmadja IGN. 2014. *Diktat Perkuliahan Elemen Mesin*. Penerbit ITB Bandung.