



ANALISA KERUSAKAN *RISER TUBE* PADA MESIN LPDC DAN UPAYA PENCEGAHANNYA

Giyanto¹

¹*Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia*

E-mail : giyanto_328@yahoo.co.id

Masuk : 5 Maret 2018

Direvisi : 29 September 2018

Disetujui : 5 Oktober 2018

Abstrak : *Riser tube* pada mesin LPDC penggantian setiap 10 x 8 jam (80 Jam). Kerusakan yang terjadi pada umumnya retak dan keropos pada permukaan body *Riser Tube*. Akibat kerusakan tersebut cairan laju kuningan yang masuk ke cetakan tumpah ke lokasi sekitar mesin. Tujuan penelitian kerusakan *Riser Tube* adalah untuk menganalisa penyebab terjadinya kerusakan retak dan keropos serta upaya memperpanjang umur pakai. Analisa pengkajian penyebab utama terjadinya kerusakan *Riser Tube* dilakukan melalui pengujian komposisi kimia, Uji kekerasan, Uji scanning elektron microscopy (SEM), Uji metalografi dan pengamatan perubahan sifat mekanis logam material *Riser Tube* akibat pengaruh panas pada proses peleburan di tungku furnace. Kesimpulan penyebab utama retak dan keropos disebabkan thermal fatigue dan korosi suhu tinggi. Digunakan untuk pengembangan kualitas serta optimasi usaha memperpanjang umur operasional (Life time) meliputi perbaikan desain, material, manufaktur, cara pemasangan serta penerapan system manajemen pemeliharaan yang tepat.

Kata kunci: *LPDC, Riser Tube, Kerusakan, Pengujian, Pemeliharaan.*

Abstract: *Riser tube on LPDC replacement machine every 10 x 8 hours (80 hours). The damage that occurs is generally cracked and porous on the surface of the Riser Tube body. As a result of the damage the brass rate fluid that goes into the mold spills into the location around the machine. The objective of this research is to analyze the cause of crack and porous damage and to extend the life of the wearer. Assessment analysis of the main causes of damage to Riser Tube is done through testing of chemical composition, Hardness Test, Scanning Electron Microscopy (SEM) Test, Metallographic Testing, and Observation of Changes in Mechanical Properties of Riser Tube Metal Material due to heat effect on melting process in Furnace. The main causes of crack and porous causes are due to thermal fatigue and high temperature corrosion. Used for the development of Riser Tube quality as well as business optimization to extend operational life (Life time) covering the design, material, manufacturing, installation and maintenance of appropriate maintenance management system.*

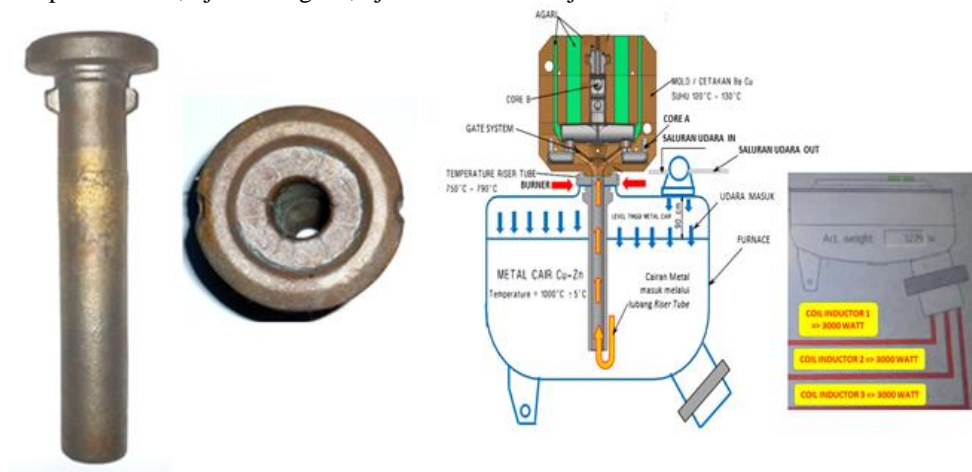
Keyword : *LPDC, Riser Tube, Damage, Examination, Maintenance.*

PENDAHULUAN

Mesin **Low Pressure Die Casting** (LPDC) merupakan jenis die casting yang menggunakan tekanan rendah dalam proses manufaktur pengecoran sehingga menghasilkan produk kualitas tinggi untuk part – part material non ferrous dengan paduan (*alloy*) aluminium (*al*), seng (*zinc*), tembaga (*copper*) dan kuningan (*brass*). Saat ini Mesin LPDC digunakan untuk proses produksi pengecoran kuningan (*bras casting*) .

Operasional Mesin LPDC pada temperatur $\pm 1.000^{\circ}\text{C}$, Untuk mengendalikan kinerja mesin pada temperatur tersebut, dibutuhkan kontrol suhu pada tungku furnace material panas agar di ketahui standart optimal proses peleburan kuningan (*brass casting*) yang terdiri dari paduan Tembaga (*Cu*) dan Zing (*Zn*). Kontrol suhu tungku furnace diidentifikasi oleh Thermocouple yang ditempatkan pada lubang bagian dalam Thermal shield dan terpasang pada penutup tungku furnace (*furnace cover*). Sebagian body *Riser Tube* (bagian tengah ke bawah) terendam material panas pada temperatur tinggi dan bagian kepala (tengah keatas) berada pada temperatur ruang / suhu bebas. Masuknya material ke mould atau cetakan dari tungku furnace yang melalui lubang aliran material diidentifikasi oleh *Riser Tube* yang terpasang pada penutup tungku furnace (*furnace cover*). Tujuan penelitian kerusakan *Riser*

Tube adalah untuk menganalisa penyebab terjadinya kerusakan retak dan keropos. Pengujian dilakukan melalui uji komposisi kimia, uji metalografi, uji kekerasan dan uji SEM / EDS.



Gambar 1. Sample uji pada riser tube dan skema proses LPDC

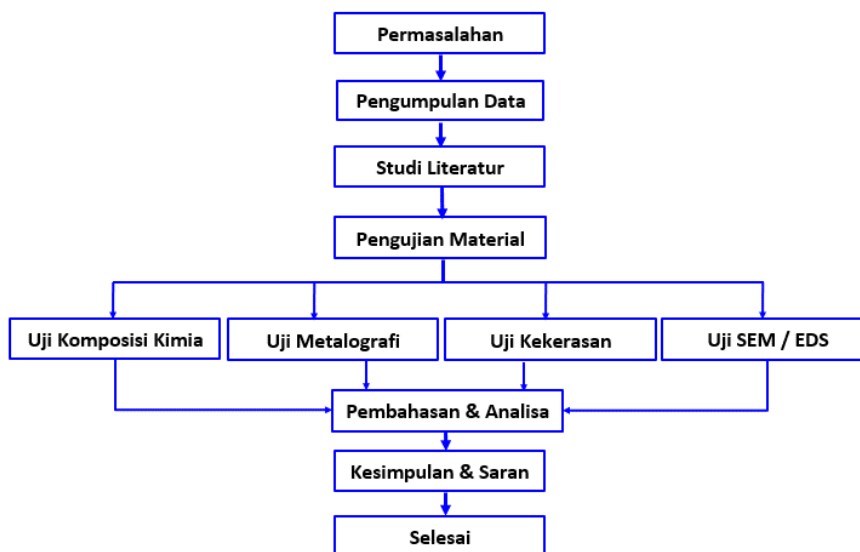
METODOLOGI

a. Tahap awal penelitian

Pada tahap ini akan dilakukan review terhadap *Riser Tube* yang meliputi analisis kegagalan cacat retak dan keropos, analisa komposisi kimia, analisa metalografi dan analisa SEM / EDS .

b. Tahap penelitian

Pengamatan visual yaitu dengan melakukan pemeriksaan secara langsung terhadap material *Riser Tube* yang mengalami kerusakan dan kegagalan. Untuk mendapatkan data yang lebih akurat dilakukan pengambilan photo pada *Riser Tube* yang rusak dan komponen-komponen lainnya yang berhubungan dengan sistem operasi Mesin LPDC



Gambar 2. Diagram alir penelitian

c. Pengujian Komposisi Kimia

Pemeriksaan komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui komposisi material *Riser Tube* sehingga dapat dilakukan komparasi antara material desain dengan komposisi material *Riser Tube* secara aktual.

d. Pengamatan Visual / Makrografi

Pengamatan visual yaitu dengan melakukan pemeriksaan secara langsung terhadap material *Riser Tube* yang mengalami kerusakan dan kegagalan. Untuk mendapatkan data yang lebih akurat dilakukan pengambilan photo pada *Riser Tube* yang rusak.

e. Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan (*hardness testing*) dimaksudkan untuk mengetahui daya tahan *Riser Tube* terhadap deformasi plastis, ketahanan aus serta abrasif pada material.

f. Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)

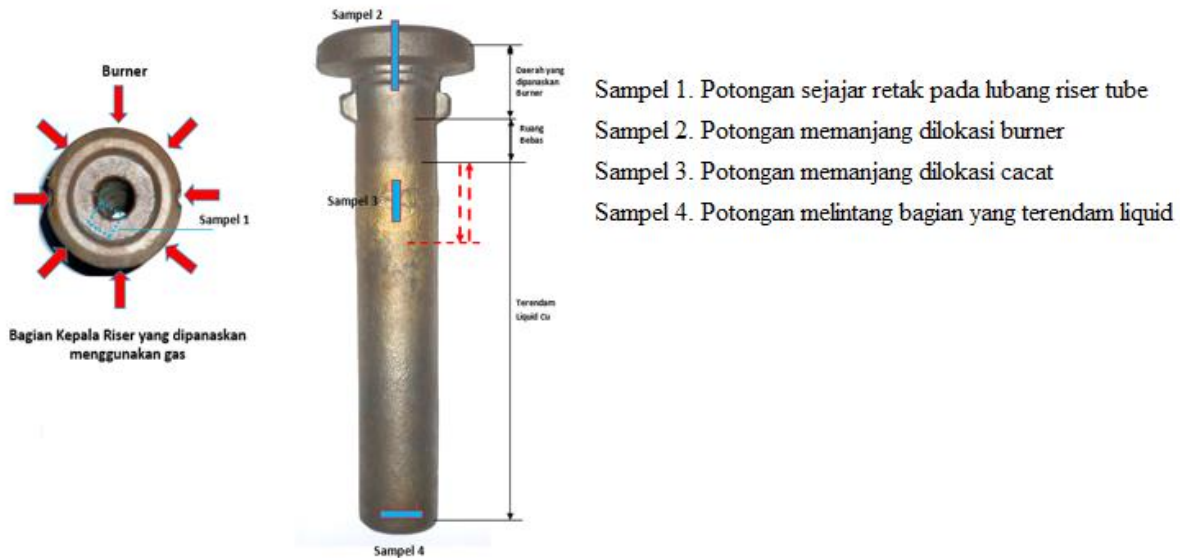
Pada analisa SEM dan EDX, dilakukan pada permukaan yang mengalami retak, hal ini dimaksudkan untuk memastikan salah satu penyebab terjadinya retak pada permukaan *Riser Tube*.

HASIL & PEMBAHASAN

Proses pengecoran mesin LPDC, logam cair kuningan setelah dilebur didalam tungku *furnace* kemudian dialirkan menuju cetakan melalui *Riser Tube*, untuk menekan laju cairan tersebut diperlukan tekanan rendah dibawah satu atmosfer sehingga tekanan terjadi pada permukaan logam . Logam akan terdorong ke atas melalui lubang *Riser Tube* dan masuk ke dalam cetakan atau mould yang telah dipasang sebelah atas dan menghasilkan produk coran.

a. Analisa Struktur Mikro *Riser Tube*

Analisa struktur mikro dilakukan untuk mengetahui adanya unsur cacat material, perubahanan struktur material



- Sampel 1. Potongan sejajar retak pada lubang riser tube
- Sampel 2. Potongan memanjang dilokasi burner
- Sampel 3. Potongan memanjang dilokasi cacat
- Sampel 4. Potongan melintang bagian yang terendam liquid

Gambar 3. Lokasi pengambilan sampel

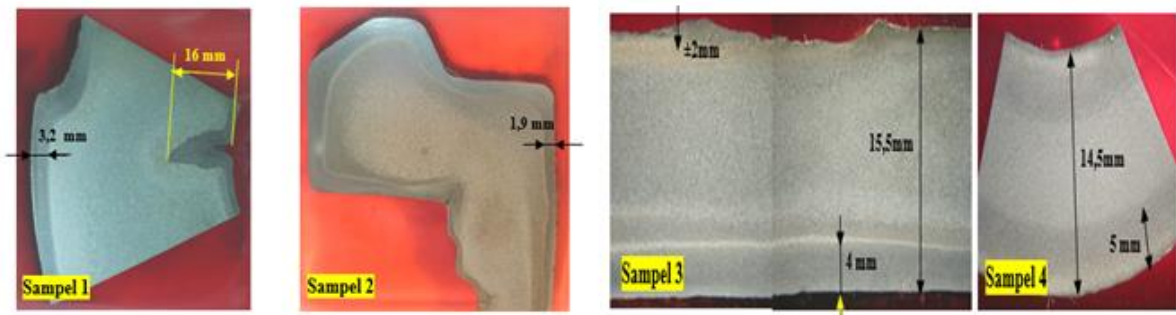


Gambar 4. Indikasi cacat retak bagian lubang dan retak bagian sudut dan Bentuk cacat thermal fatigue corrosion yang terdapat pada Riser Tube.

Indikasi cacat yang terdapat pada riser tube antara lain :

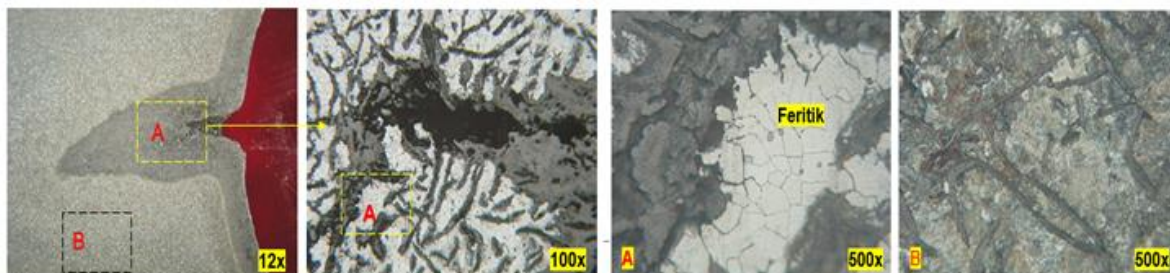
- Terkikis permukaan akibat fluktuasi liquid produk
- Retak didaerah sudut sejajar cacat permukaan menunjukkan adanya beban dinamis.
- Retak – retak pada bagian lubang alir liquid akibat proses pemanasan burner

Bentuk cacat thermal fatigue corrosion pada bagian kepala Riser Tube yang di akibatkan terkena panas dari tungku barner dan cairan brass casting masuk ke dalam bagian yang retak .



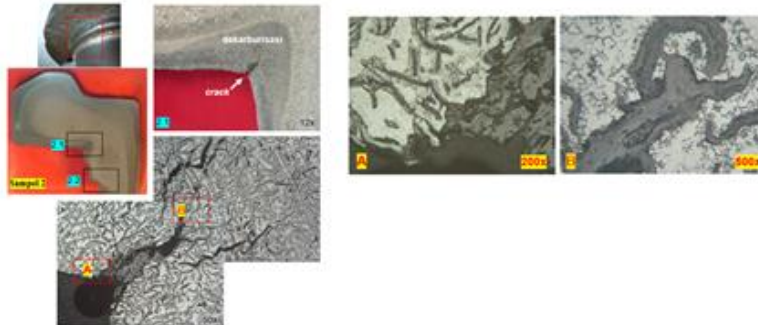
Gambar 5. Sampel 1 potongan melintang dan sampel 2 potongan memanjang dan Sampel 3 Potongan memanjang dibagian cacat mempunyai dekarburisasi dan permukaan bagian kepala riser tube

Pada Sampel 1 potongan melintang dan sampel 2 potongan memanjang yang diambil di bagian kepala Riser Tube, tebal dekarburisasi 1.9 s/d 3,2 mm sedangkan kedalaman **thermal crack** 16 mm



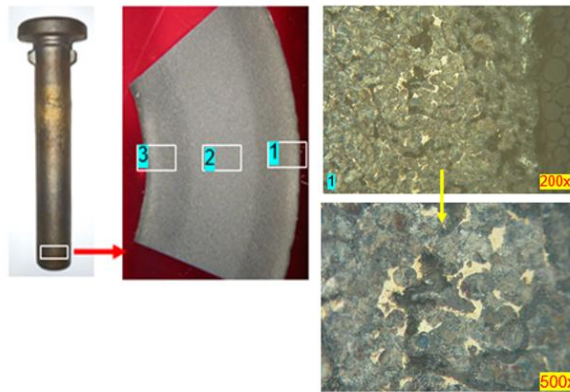
Gambar 6. Permukaan bagian kepala riser tube dan menunjukan perbesarannya 500 x lokasi A & B

Permukaan bagian kepala riser tube mengalami dekarburisasi atau pengurangan carbon akibat cairan brass casting masuk ke dalam bagian yang retak. Pembesaran dari lokasi A yang mengalami dekarburisasi, struktur mikro berupa feritik dan pembesaran pada lokasi B matriks struktural berupa perlitik dengan grafit lamelar.

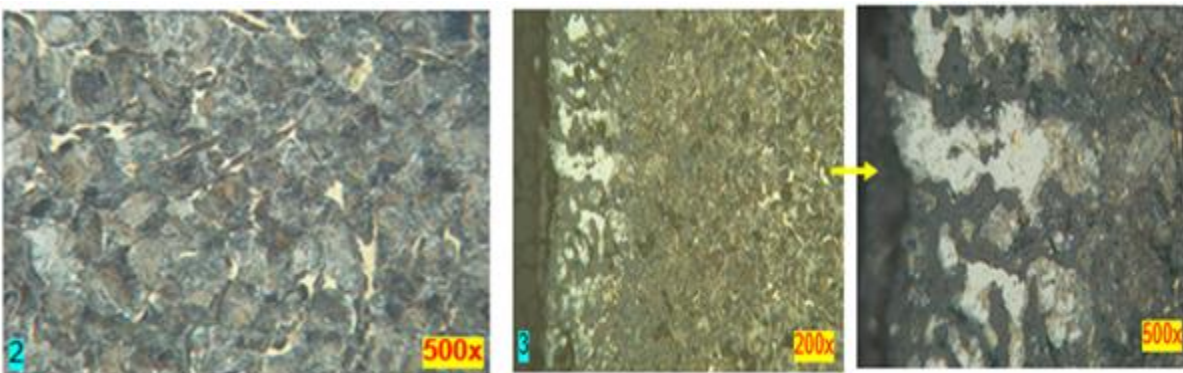


Gambar 7. Sampel 2 potongan memanjang kepala Riser Tube mengalami dekarburisasi.

Sampel 2 potongan memanjang lokasi 2.1 pada permukaan bagian kepala Riser Tube mengalami dekarburisasi 3.2 mm, akibat pemanasan burner lebih tebal dibanding sisi lubang Riser Tube dengan yang dilalui produk 1.9 mm (lihat keterangan Gambar 8). Retak memotong batas butir (*Transgranular Crackings*) terjadi di daerah sudut yang mengalami SCC (*Stress Corrosion Crackings*). Korosi dapat terjadi dari kandungan bahan bakar gas.



Gambar 8. Pemeriksaan sampel 4 daerah yang terendam liquid Cu pada bagian luar atau bagian diameter luar.

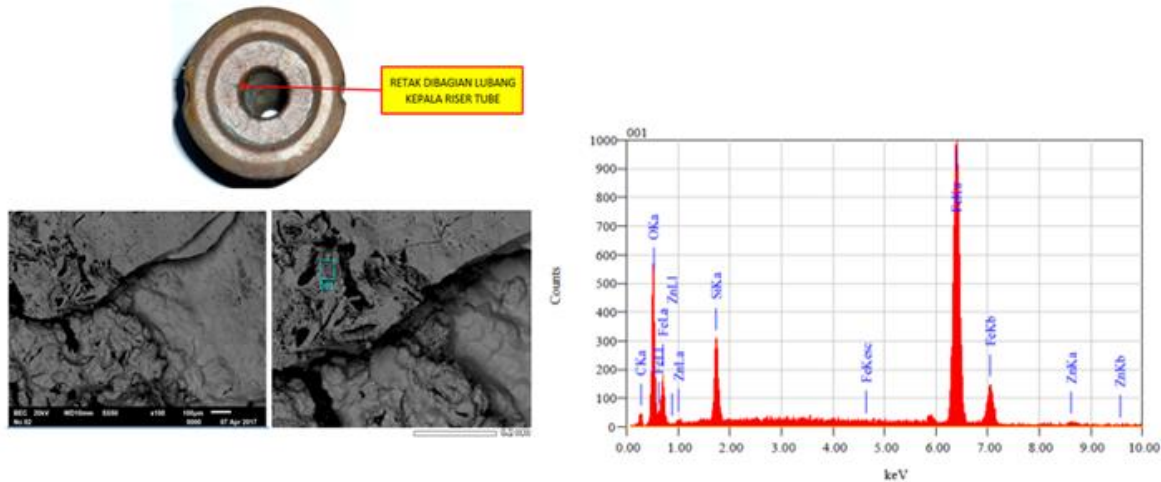


Gambar 9. Pemeriksaan sampel 4 daerah yang terendam liquid Cu pada bagian tengah dan pemeriksaan sampel 4 daerah yang terendam liquid Cu pada bagian dalam atau bagian diameter dalam

Pada gambar 8,9 menjelaskan pemeriksaan sampel 4 merupakan daerah yang terendam liquid Cu secara terus menerus sehingga material Cu masuk ketengah tebal. Struktur mikro bagian tengah berupa perlitik dan α Cu/brass

b. Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDX)

Pada analisa SEM dan EDX, dilakukan pada permukaan yang mengalami retak permukaan Riser Tube



Gambar 10. Pemeriksaan permukaan kepala riser tube pada lokasi yang retak dengan 100x pembesaran menggunakan SEM

Dari hasil uji SEM menggambarkan bahwa unsur kimia Zn dan detail terhubungkan yang terbentuk pada Rz max, proses retak dan keropos. Kerusakan kombinasi dari thermal fatigue dan retak dengan liquid metal embrittlement (LME) dibuktikan dari hasil uji SEM

ZAF method standardless quantitative analysis

Fitting coefficient : 0.2179

Tabel hasil uji EDX unsur kimia Zn dengan mass 2.07%, atom 0.99% dan K 1.9257

Element	(Kev)	Mass %	Error %	Atom %	Compound	Mass %	Cation	K
C K	0.277	5.55	0.10	14.46				1.1567
O K	0.525	21.25	0.10	41.54				26.1851
Si K	1.739	5.75	0.11	6.41				3.6824
Fe K	6.398	65.36	0.24	36.60				67.0500
Zn K	8.630	2.07	0.66	0.99				1.9257
Total		100.00		100.00				

Dari hasil uji SEM menggambarkan bahwa unsur kimia Zn dan detail terhubungkan yang terbentuk pada Rz max, proses retak dan keropos. Kerusakan kombinasi dari thermal fatigue dan retak dengan liquid metal embrittlement (LME) dibuktikan dari hasil uji SEM

C. Analisa Komposisi Kimia

Berdasarkan hasil pemeriksaan visual, dipandang perlu untuk melakukan pengujian analisa komposisi kimia sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil uji komposisi kimia pada riser tube

UNSUR KIMIA	RESULT (WT %)		STANDAR JIS G5501
	BAGIAN ATAS	BAGIAN BAWAH	
	(1)	(2)	
C	> 4.50	> 4.50	3.2 - 2.5
Si	2.83	2.1	2.0 - 2.5
S	> 0.180	> 0.180	0.15
P	0.106	0.125	0.4 Max
Mn	0.824	0.629	0.6 - 0.8
Fe	77.5	86.1	93.2
Cr	0.185	0.134	
Ni	1.35	1.45	
Mo	0.250	0.162	
Cu	1.14	1.01	
Al	0.0039	0.0010	
V	0.180	0.144	
Ti	0.0558	0.0418	
Co	> 0.200	> 0.188	
Nb	0.200	0.200	
Zr	0.0503	0.0217	
Pb	0.1240	0.0997	



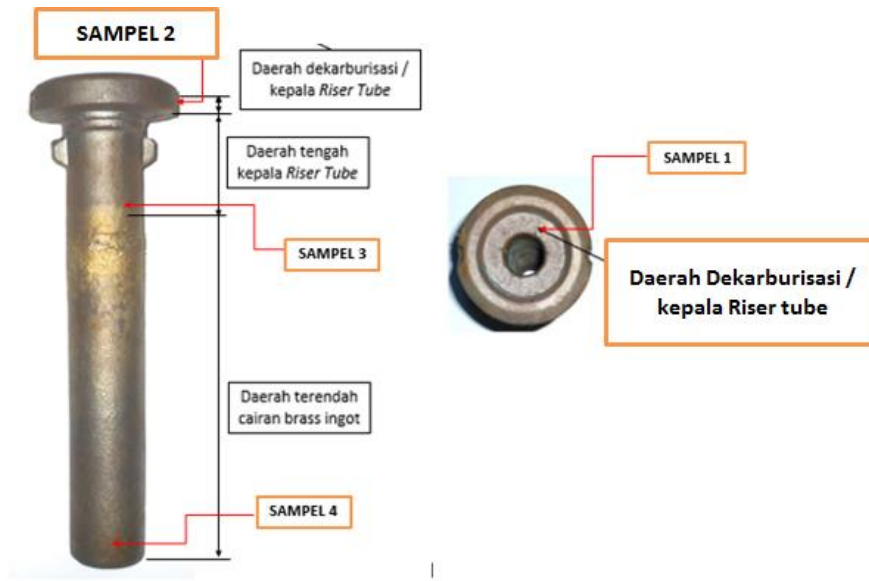
Dari analisa komposisi kimia *Riser Tube* kondisi bagian atas (sampel 1) dan bagian bawah (sampel 2) dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Unsur karbon (C) pada *Riser Tube* sesuai dengan standar JIS G5501 2007 (3.2 - 3.5%C), pada kondisi bagian atas (>4.50%C) dan kondisi bagian bawah (>4.50%C) memperlihatkan perbedaan komposisi karbon yang significant sehingga *Riser Tube* terpengaruh efek panas dengan berkurangnya sifat kekerasan, sifat tarik, elongasi, kekuatan impact namun mempercepat titik lebur.
- 2) Unsur silikon (Si) pada *Riser Tube* sesuai dengan standar JIS G5501 2007 (2.0-2.5%Si), pada kondisi bagian atas (2.83%Si) dan kondisi bagian bawah (2.10%Si) untuk kondisi bagian atas lebih tinggi dibandingkan standart sehingga ketahanan material kurang handal dan menurunnya sifat mekanis logam dan kondisi bagian bawah sesuai dengan standar JIS G5501 (yaitu 2.0 – 2.5% Si).
- 3) Unsur sulfur (S) pada *Riser Tube* sesuai dengan standar JIS G5501 2007 (0.15%S) namun pada kondisi bagian atas (> 0.180%S) dan kondisi bagian bawah (> 0.180%S) lebih tinggi dari standart, dengan tingginya unsur sulfur (S) pada material *sulfur* maka akan mempengaruhi sifat mampu mesin dan sifat kekerasannya.
- 4) Unsur phosfor (P) pada *Riser Tube* sesuai dengan standar JIS G5501 2007 (0.4%P max), kondisi bagian atas (0.106%P) dan kondisi bagian bawah (0.125%P) lebih rendah sehingga mempengaruhi terbentuknya fasa ferit dan meningkatkan ketahanan korosi dan oksidasi.
- 5) Unsur mangan (Mn) pada *Riser Tube* sesuai dengan standar JIS G5501 2007 (0.6 – 0.8%Mn), pada kondisi bagian atas (0.824%Mn) dan kondisi bagian bawah (0.629%Mn) untuk bagian atas lebih tinggi sehingga material tahan pada temperatur tinggi namun elongasi turun dan kondisi bagian bawah sesuai dengan standar JIS G5501 (yaitu 0.6 – 0.8% Mn)

Unsur Besi (Fe) pada *Riser Tube* sesuai dengan standar JIS G5501 2007 (93.2%Fe), pada kondisi bagian atas (77.5%Fe) dan kondisi bagian bawah (86.1%Fe) merupakan do minasi / material utama sehingga akan terpengaruh komposisinya jika unsur - unsur lainnya (Cr, Ni, Mo, Cu, Al, V, Ti, Co, Nb, Zr, Pb) berubah.

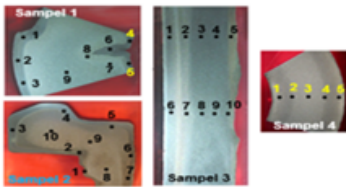
d. Analisa Kekerasan

Analisa kekerasan pada *Riser Tube* bagian dalam dimaksudkan untuk menganalisa perubahan kekerasan akibat panas yang diterima. Sampel uji kekerasan diambil masing-masing pada daerah dekarburisasi / kepala *Riser Tube*, daerah tengah kepala *Riser Tube* dan daerah yang terendah material brass ingot. Uji kekerasan tersebut menggunakan metode Hardness Vickers (ASTM SNI -19-0409-1989) dengan beban 5 Kgf , sudut indenter 136° dan waktu uji 15 detik.



Gambar 11. Benda uji Riser Tube untuk uji kekerasan hardness Vickers

NO.	NILAI KEKERASAN, HV				Standar
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	
1	86.3	109.4	167	183	ASTM G 3500
2	78.8	96.5	210	306	
3	74.4	94.7	249	246	
4	116.4	108.8	198	286	
5	115.0	86.7	86.7	257	
6	105.6	144	218	-	
7	143.5	175	227	-	
8	153	144	234	-	
9	188	199	179	-	
10	-	161	121	-	



Gambar 12. Hasil uji kekerasan hardness vickers

Hasil uji kekerasan dengan skala vickers (HV) adalah sebagai berikut :

- Nilai kekerasan pada daerah dekarburisasi antara 74.4 ~ 108.8 HV
- Nilai kekerasan pada daerah tengah kepala *Riser Tube* antara 115 ~ 199 HV.
- Nilai kekerasan pada daerah terendam liquid brass ingot antara 179 ~ 306 HV

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada BAB IV dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Material *Riser Tube* terbuat dari *grey iron casting* sesuai dengan spesifikasi JIS Ferrous Materials dan Metallurgy I 2007 G5501 terdapat *Pearlitic grey casting*
2. Jenis kerusakan yang terjadi pada *Riser Tube* kemungkinan bisa disebabkan oleh efek kombinasi :
3. *Thermal cyclis* kemudian terjadi *Thermal stress cyclis* & mengakibatkan terjadi *Fatigue crack*
4. Melalui crack/retak cairan Cu + Zn masuk atau penetrasi menjadi korosi suhu tinggi atau LME
5. Hasil struktur mikro menguji pada LME kemudian terjadi perubahan struktur fearlit menjadi ferrit dibuktikan berubah struktur tersebut dapat terjadi *thermal fatigue*
6. Hasil SEM menguji unsur kimia Zn dan detail terhubungkan yang terbentuk pada Rx max, proses retak dan keropos. Kerusakan kombinasi dari *thermal fatigue* dan retak dengan LME dibuktikan dengan hasil uji SEM

SARAN

- Perlu dilakukan pengkajian kembali secara lebih detail dalam pemilihan material, desain, pemasangan *Riser Tube* terhadap ketahanan panas.
- Perlu ditambahkan prosentase paduan (*alloy*) tertentu pada proses manufaktur (Pengecoran body *Riser Tube*) Zr, Cr, Mo dan Ni

DAFTAR PUSTAKA

1. Andrew KS Jardine, Albert H.C Tsang, *Maintenance, Replacement and Reliability*, CRC Press, 2006
2. Anrinal, *Metalurgi fisik*, Andi, Padang, Februari 2013
3. Christopher J, Mc Cauley, *Machinery's Handbook*, 29th Edition, 2012
4. Daryanto, *Ilmu Metalurgy*. Satu nusa, Bandung, Oktober 2010
5. D.N. Adnyana, *Struktur dan Sifat Mekanis Material Logam*, Diktat Mata Kuliah Program Pasca Sarjana (S2) ISTN Jakarta, 2003.
6. Ensiklopedia bebas, Besi tuang - Wikipedia bahasa indonesia, https://id.wikipedia.org/wiki/besi_tuang/
7. Jay Heizer, Barry Render, *Operations Management*, 2001
8. Japanes Standards Association, *Ferrous Material & Metalurgy*, JIS Hanbook, Japan 2007
9. J.P. Holman, "*Perpindahan Kalor*" Erlangga, 1993
10. Jhon Moubray, *Reliability Centered Maintenance*, 2nd, Industrial Press Inc, 1997
11. KWC Engineering, *LPDC and Maintenance*. INDUGA Industrieofen and Giesserei-Anlagen GmbH & Co., Germany, 2010
12. Kenji chijiiwa, Tata Surdia, *Teknik pengecoran logam*, Balai pustaka, Bandung, Nov. 1986
13. KARL-ERIC, T., *Steel and Its Heat Treatment*, 2nd, Butter Warth & Co Boston, London 1994.
14. R. Widodo, Paduan Cu & ZN (Kuningan) HAPLI, 06 Januari 2012. [https : //hapli.wordpress.com/non_ferro/paduan-cuzn-kuningan](https://hapli.wordpress.com/non_ferro/paduan-cuzn-kuningan).
15. R.Widodo, Komposisi besi cor kelabu, HAPLI, 20 April 2012. <https://hapli.wordpress.com/forum-ferro/komposisi-besi-cor-kelabu/>
16. Stephen I Karsay, *Ductile Iron II*, Quebec Iron and Titanium Corporation, Canada 1997
17. The American Foundrymen's Society, Inc, *Aluminium Casting Technology*, Des Plaines, USA 1993