

# PENGARUH PERUBAHAN MIKROSTRUKTUR TERHADAP PERUBAHAN KEKERASAN RADIANT TUBE YANG TELAH BEROPERASI SEJAK 2003

## ***MICROSTRUCTURE CHANGE EFFECT OF VIOLENCE AGAINST RADIANT TUBE THAT HAS BEEN OPERATING SINCE 2003***

Laili Novita Sari ST, MT, Sutarjo ST, MM  
Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur – BPPT  
Kawasan PUSPIPTEK Gedung 220 Serpong, Tangerang Selatan  
e-mail: *laili.novita@gmail.com*

### **Abstrak**

*B2TKS – Sub Bidang Analisa Kerusakan dan umur sisa telah melakukan Remaining Life Assesment pada radiant tube pada perusahaan minyak dan gas bumi dari tahun 2003 – 2016. Dalam penentuan RLA digunakan grafik dari Era Teknologi dimana penentuannya berdasarkan perubahan struktur mikro sedangkan untuk perubahan kekerasan material belum ada literatur atau penelitian yang menunjukkan tentang perubahan kekerasan pada material ASTM A 213 T5 yang terjadi selama proses penuaan. Karena itu dilakukan perumusan perubahan kekerasan terhadap spheroidisasi pada tube radiant material ASTM A 213 T5. Dengan mengetahui penurunan kekerasan yang wajar terhadap spheroidisasi diharapkan akan mempermudah pendeteksian awal kondisi abnormal atau kerusakan. Berdasarkan pengamatan metalografi dan uji kekerasan diketahui bahwa penurunan kekerasan terjadi secara proporsional dengan peningkatan prosentase spheroidisasi. Klasifikasi A, B, C penurunan kekerasan dibawah 0,7 HB/HB0 sedangkan klasifikasi D sampai berikutnya penurunan kekerasan diatas 0,7HB/HB0.*

**Kata Kunci :** Kekerasan, radiant tube, in situ metalografi, ASTM A 213 T5

### **Abstract**

*B2TKS - Sub- Analysis of Damage and residual life has done Remaining Life Assessment to the radiant tube on oil and gas companies from 2003 - 2016. In determining the RLA, it was used graph of the Era Technology where the determination is based on the microstructural changes while there are no literature or research which shows the hardness changing of material ASTM A 213 T5 which occurs during the aging process. Therefore it need to make formulation about the changes of spheroidization to the changes of hardness of radiant tube material ASTM A 213 T5. By knowing a reasonable decrease in hardness to spheroidization, it was expected to detect the abnormal condition or damage earlier. Based on the examination of metallographic and hardness testing, it was known that the reduction of hardness occur in proportion to the increase of spheroidization percentage. In spheroidization changing of Classification A, B, C the decrease of hardness below 0.7 HB / HB0 while classification D until the next classification, reduction of hardness above 0,7HB / HB0.*

**Keyword :** hardness, radiant tube, in situ metallography, ASTM A 213 T5

## **I. PENDAHULUAN**

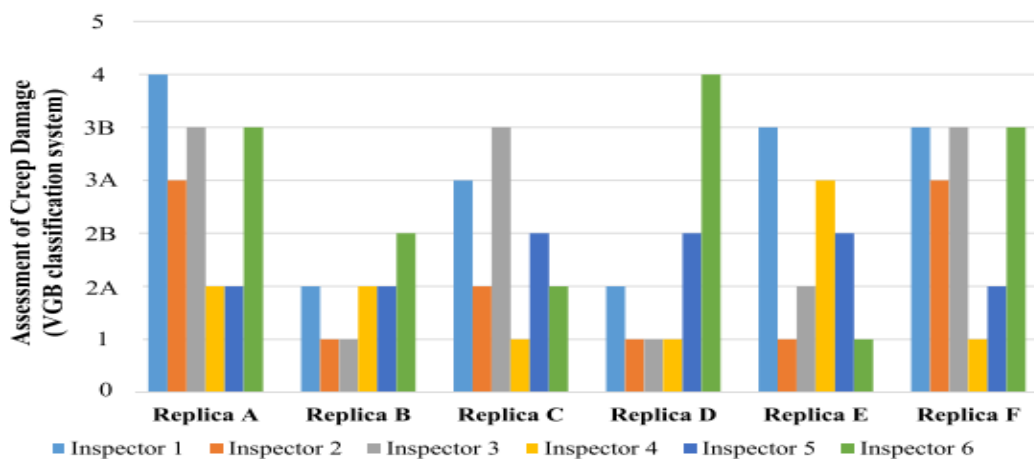
Pada saat ini, kebanyakan peralatan perusahaan minyak dan gas bumi di Indonesia telah beroperasi diatas 25 tahun bahkan ada yang mencapai 30 tahun. Tentu saja kondisi dan kemampuan beroperasi dari peralatan tersebut perlu diselidiki. Selain demi keselamatan dan keamanan juga demi memotong biaya pembangunan kembali peralatan. Proses remaining life

assessment perlu dilakukan untuk mengetahui sisa umur dari material.

Berbagai metode Remaining life assessment telah digunakan antara lain dengan metode ultra sonic, replika dan uji kekerasan bahkan ada yang sedang mengembangkan alat uji potensial drop monitoring seperti yang dilakukan oleh Joseph Corcoran dalam disertasinya yang berjudul Creep monitoring using installed potensial drop sensors [1].

Karena kondisi dilapangan dan di laboratorium memiliki kondisi stress yang berbeda yang akan mempengaruhi potensial pengukuran maka peralatan ini belum siap digunakan secara riil. Telah dilakukan pengukuran umur sisa dengan menggunakan metode impressed creep test [2] akan tetapi dalam aplikasinya selain tidak bisa digunakan dilapangan tetapi juga karena alat ini sangat sensitif sehingga tegangan displacement kecil terdeteksi sebagai hasil pengukuran yang menyebabkan hasil pengujian berbeda dengan uniaxial test. Untuk mempermudah proses remaining life assessment juga telah dilakukan iterasi dengan menggunakan rumus Larson Miller dan rumus creep lain [3] akan tetapi tidak berhasil karena pada kenyataannya bahwa material pada saat operasi tidak mengalami pembebanan yang sama tetapi berfluktuasi

maka hasil iterasi ini tidak dapat digunakan secara riil. Sampai saat ini metode remaining life assessment yang paling tepat adalah tehnik replika dengan catatan adanya pembanding material yang masih baru [4]. Meskipun demikian tehnik replika mempunyai kekurangan antara lain hanya bisa mendeteksi dilokasi tertentu dan dipermukaan. Selain itu penilaian dari inspektor dan metode pengambilan sampel berpengaruh terhadap hasil klasifikasi. Seperti yang pernah dilakukan oleh EPRI yang melakukan percobaan round robin dimana beberapa inspektor yang berbeda melakukan penilaian pada replika yang sama [5]. Tampak bahwa inspektor yang berbeda menghasilkan interpretasi yang berbeda pada replika yang sama seperti terlihat pada grafik berikut :



Gambar 1 : Hasil Round robin test diadakan oleh EPRI [5]. Enam replika diinterpretasikan atau dinilai oleh enam perusahaan yang berbeda dan diminta untuk mengklasifikasikan kerusakan menggunakan sistem klasifikasi VGB pada tabel 1. Range yang sangat lebar menunjukkan bahwa perbedaan interpretasi yang sangat besar terhadap hasil replika.

Tabel 1. VGB criteria berdasarkan status pemisahan batas butir [6]

Assessment Class	Structural and and Damage Conditions
0	As received, without thermal service load.
1	Creep exposed, without cavities
2A	Advanced creep exposure, numerous cavities without preferred orientation.
2B	More Advanced creep exposure, numerous cavities without preferred orientation.
3A	Creep damage, numerous oriented cavities
3B	Advance creep damage, chains of cavities and/ or grain boundary separations.
4	Advanced creep damage, microcracks.
5	Large creep damage, microcracks.

Berdasarkan penelitian Kavita [7] terdapat korelasi antara hardness dan diagram laron miller akan tetapi hanya untuk material ASTM A 387 grade 91 [8]. Selain itu juga dilakukan pada inconel alloy 740 [9]. Setiap material memiliki perilaku korelasi kekerasan dan perubahan struktur mikro yang berbeda seperti juga yang dilakukan Sukegawa dan kawan – kawan yang menentukan korelasi antara creep dengan kekerasan pada material SS 304 [10] menghasilkan korelasi berbeda dengan hasil penelitian Kirikara dan kawan – kawan yang melakukan penelitian tentang korelasi struktur mikro dengan kekerasan pada material SS 321 [11].

Baja karbon, baja Cr-Mo, dan baja tahan karat austenitik merupakan material yang biasa digunakan untuk pipa. Baja karbon terbatas pada aplikasi suhu rendah. Banyak perusahaan memilih untuk membatasi baja karbon untuk aplikasi di bawah 427 ° C untuk mencegah masalah dari speriodisasi dan grafitisasi. Penambahan kromium (Cr) dan molibdenum (Mo) meningkatkan kekuatan suhu tinggi,

ketahanan terhadap spheroidisasi, dan ketahanan terhadap oksidasi dan beberapa mekanisme korosi. Baja tahan karat austenitik sering digunakan untuk aplikasi pipa di mana suhu melebihi sekitar 704 ° C atau ketahanan korosi yang dibutuhkan dalam proses [12].

Bahan pipa pada umumnya, sesuai ASTM atau spesifikasi pipa, dan batas suhu desain logam maksimum API Std. 530 tercantum dalam Tabel 1.

Dalam makalah ini telah dilakukan penelitian tentang penurunan kondisi struktur mikro dengan hasil uji kekerasan pada material ASTM A 213 T5. Material ini merupakan material yang sering digunakan untuk boiler atau heater pada perusahaan pengolahan minyak dan gas di Indonesia. Material ini merupakan material yang disyaratkan dalam API 530. Material ASTM A 213 T5 merupakan material dengan struktur mikro ferritbainit. Berdasarkan penelitian Kavita [7] material ferrit pearlit mengalami perubahan dan berpengaruh pada kuat luluh, pengurangan luasan, kuat impak dan kekerasan.

Tabel 2. Material yang umum digunakan untuk tube heater [12]

Material	Seamless Tube Specification	Seamless Pipe Specification	Design Metal Temperature Limit per API RP530
Carbon Steel	A53	A106	540°C
1½Cr-½Mo	A213 T11	A335 P11	595°C
2½Cr-1Mo	A213 T22	A335 P22	650°C
3Cr-1Mo	A213 T21	A213 P21	650°C
5Cr-½Mo	A213 T5	A335 P5	650°C
5Cr-½Mo-Si	A213 T5b	A335 P5b	705°C
9Cr-1Mo	A213 T9	A335 P9	705°C
9Cr-1Mo-V	A213 T91	A335 P91	650°C <sup>1</sup>
Type 304H	A213 TP304H	A312 TP304H	540°C
Type 316	A213 TP316	A312 TP316	540°C
Type 321	A213 TP321	A312 TP321	540°C
Type 347	A213 TP347	A312 TP347	540°C
Alloy 800H/800HT	B407 Gr 800H/800HT	B407 B407 Gr 800H/800HT	985°C <sup>1</sup>
HK	A608 Gr HK40 <sup>2</sup>	** A351 HK-40	1010°C <sup>1</sup>
HP	**	A297 HP	**

- Notes:
1. These materials are commonly used for heater tubes at higher temperatures in applications where the internal pressure is so low that rupture strength does not govern the design.
  2. Centrifugally cast pipe.

## II. BAHAN DAN METODE

### Bahan dan data teknis :

Radian tube Material : ASTM A 213 T5 ini beroperasi mulai dari tahun 1981 sampai dengan hari ini. Beroperasi pada Suhu dibawah 500 °C

Dalam makalah ini dilakukan penyelidikan menggunakan dua metode :

- Metalografi

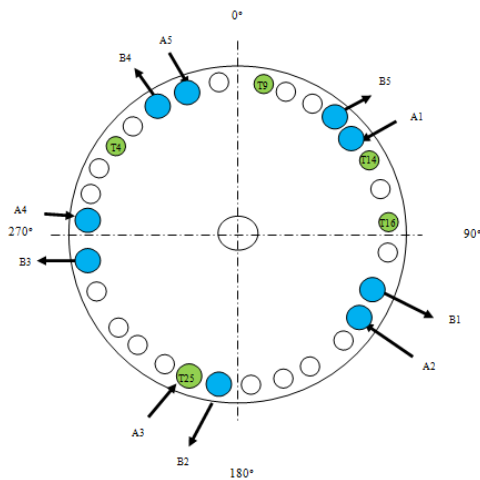
Metode ini berfungsi untuk mengetahui tingkat speriodisasi material dan jumlah bainit yang terkandung.

- Uji kekerasan menggunakan metode leed.

*Metode ini merupakan metode paling praktis karena tidak meninggalkan jejak yang dalam serta mudah dibawah. Alat ini digunakan karena dalam pemeriksaan berkala yang peralatan terpasang pada unit.*



Gambar 2 : Dapur F 101 dari luar



Gambar 3 : Skema bagian dalam

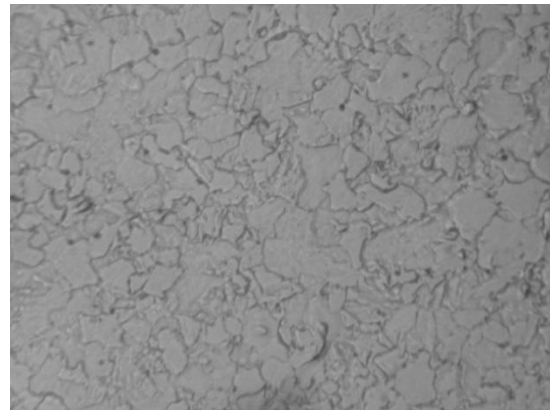


Gambar 4 : Salah satu pipa radiant tube yang diperiksa

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Material ASTM A 213 T5 merupakan material dengan struktur mikro berupa ferrite bainit. Tidak seperti ferite perlit secara normal perlit akan terlihat jelas sedangkan bainite terlihat kurang jelas Hasil pengambilan replika pada reformer yang diperiksa selama lebih dari 10 tahun menunjukkan hasil klasifikasi material pada Klas D. Penentuan klasifikasi berdasarkan Era Teknologi pada tabel 3 [13].

Gambar 5 menunjukkan salah satu hasil metode in situ metalografi atau replika yang menunjukkan kondisi klasifikasi A dimana bainite masih utuh belum terjadi speriodisasi. Kondisi ini hampir dikatakan berada pada kondisi struktur mikro material baru.

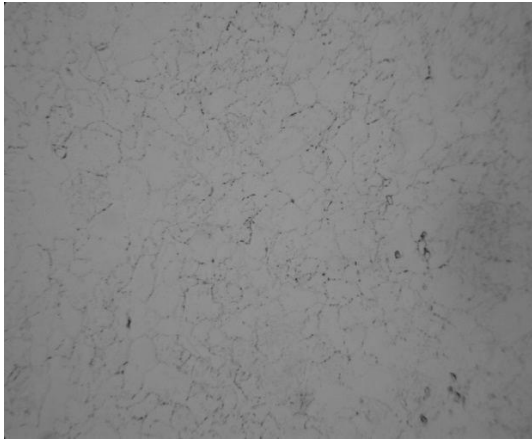


Gambar 5 : Struktur mikro berupa ferite bainit klasifikasi A



Gambar 6 : Berupa feritik dengan speriodisasi tingkat awal, klasifikasi B.

Gambar 6 menunjukkan bahwa bainite mulai tersperiodisasi tingkat awal dimana speriodisasi masih berada pada butir dan speriodisasi baru terjadi dibawah 20 %.

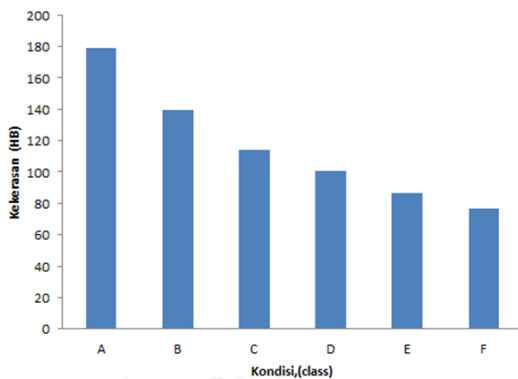


Gambar 7 : Berupa feritik dengan spheroidisasi tingkat menengah, klasifikasi C.

Spheroidisasi tingkat menengah adalah lamellar  $Fe_3C$  sudah berupa globular akan tetapi masih beberapa yang berbentuk lamellar. Proses spheroidisasi baru mencapai 20 – 40 % [13].



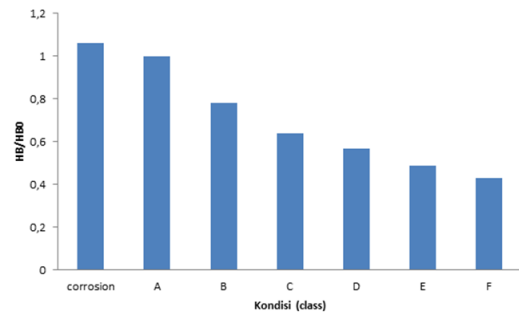
Gambar 8 : Berupa feritik dengan spheroidisasi karbida menyebar merata, klasifikasi D.



Gambar 9 : Nilai kekerasan terhadap class spheroidisasi.

Dengan menghubungkan kondisi klasifikasi struktur mikro dan hasil uji kekerasan pada beberapa sampel maka diperoleh grafik seperti pada gambar 9.

Gambar 9 menunjukkan hubungan penurunan kekerasan terhadap klasifikasi spheroidisasi. Untuk kondisi E dan F merupakan hasil prediksi dari pola kurva yang terjadi pada class A, B, C dan D karena belum pernah dilakukannya pengujian pada material pada klasifikasi E dan F. Korelasi menunjukkan bahwa material mengalami penurunan kekerasan seiring terjadinya spheroidisasi. Penurunan kekerasan terjadi karena karbida yang berbentuk lamellar menjadi globular yang mengurangi hambatan dalam pergerakan dislokasi.



Gambar 10 : HB/HB0 terhadap kondisi spheroidisasi.

Dalam gambar 10 menunjukkan hubungan penurunan kekerasan dalam perbandingan kekerasan terukur dengan kekerasan standar HB/HB0 terhadap klasifikasi spheroidisasi. Seperti juga yang dijelaskan sebelumnya bahwa kondisi class E dan F merupakan hasil prediksi dari kurva sebelumnya. Pada material yang terkorosi belum dipastikan mengalami perubahan kekerasan karena itu perlu diadakan pembahasan khusus. Beberapa jenis korosi bisa mengakibatkan penurunan kekerasan sejak awal tetapi beberapa jenis korosi tidak dapat diketahui penurunannya sejak awal.

Tabel 3. Tabel Era Teknologi [13]

FERRITE/PEARLITE & FERRITE/BAINITE BY ERA TECHNOLOGY						
Ferrite/Bainite						
Ferrite/Pearlite						
Class/Stadium	A	B	C	D	E	F
Approx. Creep Damage	0 %	20 %	40 %	60 %	80 %	End Of Life
Approx. Life Remaining	100 %	80 %	60 %	40 %	20 %	None
Nature	No Creep Defect, Ferrite and distinct transformation product	Incipient Spheroidisation and isolated carbide precipitation, notably at grain boundaries	Evident Spheroidisation of transformation product Ferrite and transformation product easily distinguishable	Full Spheroidisation of transformation product. No significant carbide precipitation within ferrite grains	Full Spheroidisation. Carbides evenly dispersed throughout grains and at grain boundaries	Full Spheroidisation. Significant coalescence between carbides
Action	None	Reinspection after Approx. 100,000 service hours	Reinspection after Approx. 50,000 service hours	Reinspection after Approx. 25,000 service hours	Reinspection after Approx. 10,000 service hours	Management must be informed immediately grinding to determine crack depth

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan uji in situ metalografi dan in situ kekerasan yang telah dilakukan pada beberapa pipa dapur pengolahan minyak selama beberapa periode TA pada material ASTM A 213 T5 menunjukkan bahwa penurunan kekerasan terjadi proportional terhadap prosentase perubahan struktur mikro berupa spheroidisasi. Kondisi klasifikasi terburuk yang pernah diamati yaitu class D menunjukkan penurunan kekerasan dibawah 0,7HB/HB0. Untuk kondisi class E dan F serta material korosi perlu dilakukan uji laboratorium lebih lanjut.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Corcoran. Joseph. " Creep monitoring using permanently installed potensial drop sensors", Thesis for the degree on doctor of philosophy, imperial college london, Agustus 2015.
2. Larsson, Jonas. " Evaluation of current methods for creep analysis and impression creep testing of power plant steel", Thesis for the degree on master, KTH royal institute of technology . 11 Oktober 2012.
3. Seng. Edwin Lim Chui,"Evaluation of high temperature boiler tube using iterative analytical approach", thesis for

the bachelor degree, Universiti Teuku abdul rahman, Malaysia, April 2013.

4. Sahu, dwarka prasad."The remaining life assessment of high temperature services exposed component by metallographic thechnique", Brno, Czech Republic, 2014.
5. Parker, J. D, "Review of the application of metallurgical Replicas to detection of component damage", component matters, EPRI, 2014 b.
6. VGB- kraftwerkstechik GmbH, VGB, TW 507,"Guideline for assessment of microstructure and damage development of creep exposed materials for pipes and boiler component. Esson. 1992.
7. Kavita Sakhala et. al " Study of microstructure degradation of boiler tubes due to creep for remaining life analysis", International journal of engineering research and application, vol 4, Issue 7 (version 2), PP 93 -99. July 2014
8. Furtado, H.C.,L.H Almaeda, L Le May " Damage and remaining life estimation in high temperature plant with various operation condition, OMMI, Vol. 5, Issue I, May 2008.
9. Bachetti, Daniel Henry " Microstructural evaluation and creep rupture behaviour inconel alloy 740 H fusion weld", Thesis for master degree, Lehigh University, January 2013.
10. Sekegawa. Masayuki,et. al "Fudamental study on Non Destructive Detection of creep damage for 18 Cr-8Ni (SUS 304) steel", Hitachi Research Laboratory ,1983.
11. Kirikara. Seishin et al,"Fudamental study on Non destructive Detection of Creep damage for Austenitic stainless steel, Hitachi Research Laboratory, 1983.
12. API third Edition 2010.
13. Era Teknologi.