

## ANALISIS KERUSAKAN POROS *BRINE INJECTION PUMP*

Ratna Kartikasari<sup>1</sup>, Antony<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta

Masuk: 4 Maret 2014, revisi masuk : 13 Juni 2014, diterima: 19 Juli 2014

### ABSTRACT

*PT. Geo Dipa Energy Dieng unit is one form of industry exploiting geothermal steam(vapor) that uses a brine injection pump. Brine injection pump is a pump for injecting brine into injection wells. Pump using the VC type is the type of pump that has suction and discharge nozzle head. The problems that always arise in the operation of the brine injection pump shaft is break age of component made of stainless steel SS420 in a relatively short time. This study aims to determine the cause of brine injection pump shaft break age in a very short time. Stages of an analysis performed distorting the chemical composition using spectrometry and EDAX, macro-photo on fracture surfaces, and micro-photo on the area closest to the fracture surface using SEM. The results showed that the initial damage occurs precisely in the initial crack. Furthermore, the crack propagation occurs according to the loading pattern until the ductile tearing occurs before fracture. Generally, the pattern of fracture indicates sinter-crystalline pattern at the beginning of the trans-crystalline cracks and any subsequent stages until fracture occurs. SEM indicates the presence of Cr carbides with elongated patterns that indicate the cause of fracture. This causes the carbide concentration to be as vulnerable to corrosive environments, so that when the Cl-ions contained in the brine contact aggressively in this area then began collaborating between corrosion and dynamic load causes the initial crack and followed by crack propagation that very fast into the brittle fracture pattern.*

**Keywords:** shaft, brine injection pump, Cr carbide, corrosion, brittle fracture

### INTISARI

PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng merupakan salah satu industri pengeksploitasi panas bumi berbentuk *steam* (uap) yang menggunakan *brine injection pump*. *Brine injection pump* adalah pompa untuk menginjeksikan *brine* ke sumur injeksi. Pompa menggunakan tipe VC yaitu tipe pompa yang memiliki *suction nozzles* dan *discharge head*. Permasalahan yang selalu timbul dalam pengoperasian *brine injection pump* ini adalah patahnya komponen poros yang terbuat dari baja tahan karat SS 420 dalam waktu yang relatif singkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab dari patahnya poros *brine injection pump* dalam waktu yang sangat singkat. Tahapan analisis yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia menggunakan spektrometri dan EDAX, foto makro pada permukaan patahan dan foto mikro pada daerah terdekat dengan permukaan patahan menggunakan SEM. Hasil penelitian menunjukkan awal kerusakan terjadi tepat di daerah *initial crack*. Selanjutnya terjadi penjarangan retak yang mengikuti pola pembebanan hingga akhirnya terjadi pola *ductile tearing* sebelum patah. Secara umum pola patahan menunjukkan adanya pola interkristalin pada awal retak dan transkristalin, selanjutnya hingga terjadi patahan. Hasil foto SEM menunjukkan adanya karbida-karbida Cr dengan pola memanjang yang mengindikasikan penyebab patahan. Konsentrasi karbida ini menyebabkan adanya daerah yang rentan terhadap lingkungan korosif, sehingga ketika ion Cl<sup>-</sup> agresif yang terdapat *brine* kontak, maka dimulailah peristiwa korosi yang berkolaborasi dengan beban dinamis menyebabkan *initial crack* dan perambatan retak yang sangat cepat sehingga muncullah pola patah getas.

**Kata kunci :**poros, *brine injection pump*, karbida Cr, korosi, patah getas

---

<sup>1</sup>[kartikafajar@yahoo.com](mailto:kartikafajar@yahoo.com)

## PENDAHULUAN

Pada industri panas bumi *steam* yang keluar dari sumur disalurkan dalam separator *steam* dipisahkan dari *brine* (air garam) sehingga memungkinkan didapat *steam* murni untuk memutar turbin dan menjalankan generator sehingga menghasilkan listrik, sedangkan *brine* akan diinjeksikan ke sumur injeksi dengan alat *Brine Injection Pump* untuk menghasilkan *steam* kembali.

*Brine Injeksi Pump* adalah alat jenis pompa vertikal tipe VC dengan *impeller* yang terdiri dari *bowl-bowl* yang memompa atau mengangkat *brine*. *Brine* yang akan diinjeksikan memiliki tekanan awal 18 bar pada *suction* dan 36 bar pada *discharge* dengan suhu antara  $150^{\circ}$ – $180^{\circ}$  serta memiliki kandungan kimia Cl, SiO<sub>2</sub>, boron, Ca, Mg, dimana kandungan SiO<sub>2</sub> mencapai 1000 ppm dengan ph awal antara 6,7–7, selanjutnya PH dikendalikan antara 4,8–5,2, agar pompa terhindar dari korosi dan scalling. Karena korosi akan terjadi pada pH kurang dari 4,8 sedangkan scalling terjadi pada pH lebih besar dari 5,2 yang akan mengakibatkan terjadinya pengecilan penampang ini sampai dengan penyumbatan pada lintasan pipa di sepanjang jalur menuju sumur injeksi. Untuk mencegah terjadinya *scalling* dilakukan dengan cara menekan laju reaksi pembentukan SiO<sub>4</sub> dengan injeksi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98 % pada jalur *brine*.

Permasalahan yang selalu timbul dalam pengoperasian *Brine Injection Pump* adalah kerusakan berulang yang terjadi pada poros dalam waktu yang relatif singkat. Kerusakan berupa Patahnya poros *brine injection pump* yang terbuat dari bahan SS 420. Akibatnya kerugian yang harus ditanggung perusahaan harganya relatif mahal. Oleh karena itu diperlukan analisis penyebab terjadinya kerusakan yang terus berulang untuk mencari pemecahan permasalahan pada poros *brine injection pump*. Dugaan sementara adalah adanya *over load* yang disebabkan oleh pengecilan penampang pada pipa penyaluran *brine* akibat terjadinya *scalling*. Dugaan lain adalah terjadinya sensitisasi pada SS 420 mengingat *brine*

melalui pipa-pipa dan masuk ke separator, didalam separator *steam* dipisahkan mengandung klorida mengandung klorida, yang akan menyebabkan terjadinya patah secara dini.

## METODE

Analisis kerusakan poros *brine injection pump* yang terbuat dari SS 420 dimulai dengan uji komposisi kimia untuk memastikan kadar unsur-unsur yang dikandungnya. Uji komposisi kimia dilakukan di PT Itokoh Ceperindo menggunakan alat uji komposisi spektrometer. Selanjutnya dilakukan analisis fisual permukaan patah dan foto makro menggunakan SEM dengan perbesaran 10x untuk melihat dan mengklasifikasi pola patahan. Langkah berikutnya adalah uji foto struktur mikro menggunakan SEM dengan perbesaran 2000x, 4000x dan 7500x pada daerah sedikit dibawah permukaan patah untuk melihat kemungkinan terjadinya sensitisasi poros *Brine Injection Pump* tipe VC ini.

## PEMBAHASAN

Hasil uji komposisi kimia poros *brine injection pump* yang mengalami patah menggunakan spectrometer di PT. Itokoh Ceperindo terlihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa poros *brine injection pump* mengandung unsur utama Fe sebesar 80,8% dan unsur paduan utama Cr sebesar 16,023%, C sebesar 0,362% dan Mo sebesar 1,1%. Berdasarkan jenis dan kadar unsur-unsur yang terkandung menunjukkan bahwa bahan poros *brine injection pump* adalah baja tahan karat seri 420 (SS 420) dengan tambahan Mo sebesar 1,1%. SS 420 adalah baja tahan karat yang dapat dikeraskan, setelah anil SS 420 berstruktur ferit dan karbida, struktur ini akan berubah setelah celup menjadi martensit. Ketahanan korosi SS Unsur-unsur yang sengaja ditam-bahkan secara keseluruhan secara keseluruhan mempengaruhi sifat SS 420 secara umum lebih rendah jika dibanding SS seri 300. (Alok Nayar, 2002). Unsur Carbon (C) meningkatkan kemampuan keraskan dan kekuatan tetapi dapat menurunkan mampu tempa dan ketiatan.

Akan tetapi unsur C dapat memberikan pengaruh yang negatif pada saat proses pemanasan yaitu terjadinya peristiwa sensitisasi pada baja sehingga mengakibatkan menurunnya kualitas baja tersebut, hal ini terjadi karena unsur C dapat mendukung terbentuknya karbidakrom. Unsur Chromium (Cr) pada

poros dapat meningkatkan kemampuan kekerasan, keuletan, ketahanan aus, ketahanan korosi, ketahanan pada suhu tinggi dan ketahanan terhadap asam. Unsur tambahan yang diberikan untuk meningkatkan kualitas tertentu.

Tabel 1. Komposisi Kimia poros *brine injection pump*

Unsur	Fe	C	Cr	Mo	Si	Mn	Mo	Cu	Ti	V	W	S	P
Komposisi (% berat)	88,80	0,36	16,02	1,10	0,54	0,42	0,50	0,05	0,01	0,08	0,03	0,02	0,02

Pada Gambar 2-5 terlihat jelas pola pembebanan dinamis yang terus berulang pada poros di daerah patahan yang menjadi *initial crack*, sehingga permukaan patahan mengalami patah campuran berupa patah ulet dan patah getas interkristalin. Menurut mekanisme patahan, terjadinya patah campuran tidak hanya diakibatkan geseran, tetapi juga karena lepasnya kisi kristal logam atau batas butir. Patahan pada *initial crack* adalah patahan getas interkristalin dan diikuti oleh patahan transkristalin.

Fenomena perambatan retak cukup jelas terlihat dari *initial crack* kemudian menjalar mengikuti garis penalaran sehingga penalaran retak mempunyai arah dan pola dari jenis pembebanan, yaitu berupa beban puntir sampai akhirnya patah (*end crack*) yang ditandai dengan adanya *ductile tearing* pada poros. Pada permukaan patahan terdapat beberapa daerah yang membentuk *cleavage* yaitu daerah yang mengalami pergeseran sepanjang bidang kisi kristal yang pada permukaan ditandai dengan bentuk permukaan yang halus

Pada permukaan patahan juga menunjukkan telah terjadinya deposit pada bahan akibat dari unsur kandungan dalam *brine injeksi pump*, deposit terjadi pada saat peristiwa perambatan retak pada daerah patah getas adalah Mo, P, S, W, Mn, dimana masing-masing dari unsur tersebut memberikan pengaruh yang berbeda. Penambahan unsur Mo berfungsi membentuk lapisan stabil di permukaan baja untuk mencegah terjadinya korosi sumuran. Penambahan unsur P berperan pada saat *casting* yaitu unsur P dapat mengikat udara dan

mempercepat laju pendinginan. Penambahan unsur S meningkatkan sifat mekanis, penambahan unsur W meningkatkan ketahanan pada suhu tinggi dan penambahan unsur Mn dalam jumlah kecil dapat meningkatkan kekerasan, kekuatan, keuletan, serta membentuk Mn-S yang dapat meminimalisasi kegetasan dan kerapuhan pada bahan.

Analisis hasil uji photo makro poros *brine injection pump* juga daerah-daerah permukaan patahan yang kasar.



Gambar 1. Permukaan patah poros *brine injection pump*

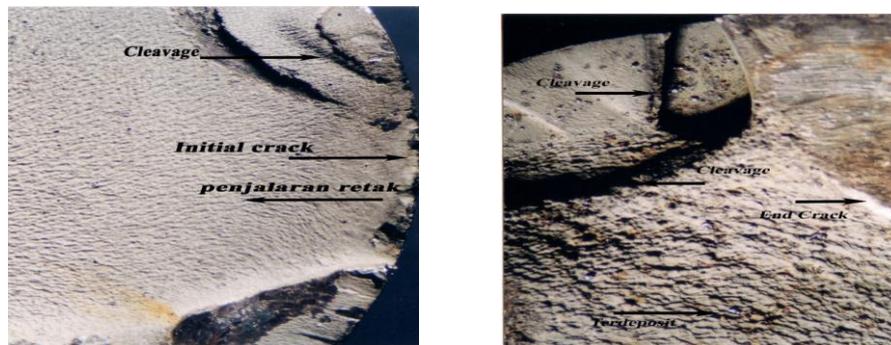
Kisi kristal yang pada permukaan ditandai dengan bentuk permukaan yang halus .

Analisis secara visual pada permukaan patahan baja SS 420 Gambar 1, menunjukkan bahwa terdapat permukaan patahan yang halus dan terdapat ini disebabkan mekanisme penalaran retak yang terjadi setelah terjadinya *initial crack* yang disebabkan oleh terjadinya korosi oleh lingkungan korosif seperti khlor, sulfur, dan  $H_2SO_4(98\%)$  yang sengaja ditambahkan sebagai inhibitor. Lingkungan korosif merusak lapisan pasif

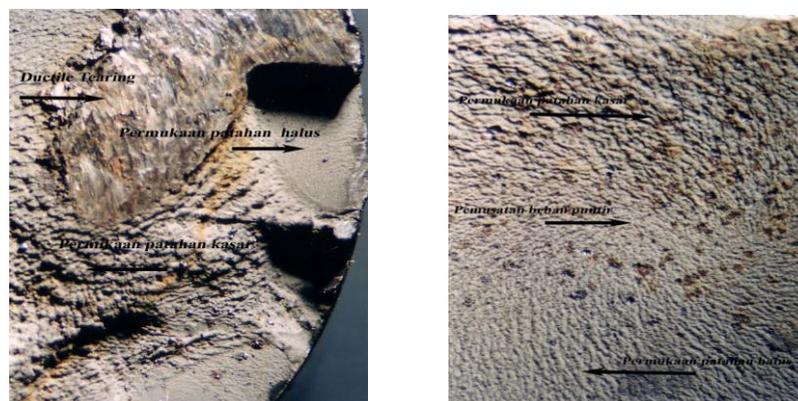
baja SS 420 dan pada daerah dengan potensial yang paling rendah akan menjadi awal terjadinya korosi (*initial crack*). Pada saat poros mendapat beban mekanis maka penjalaran retak dimulai dan akhirnya patah.

Analisis hasil uji struktur mikro menggunakan SEM, hasil uji struktur mikro poros *brine injection pump* terlihat pada Gambar 6. Karbida Cr terlihat mengumpul di daerah batas butir diantara struktur martensit. Pembentukan karbida terjadi karena temperatur proses

masuk dalam daerah terjadinya sensitisasi baja krom (Smallman dan Bishop, 1985). Sehingga terjadilah perpindahan unsur Cr di daerah sekitar batas butir menuju batas butir untuk berikatan dengan C yang telah meningkat reaktifitasnya terhadap Cr membentuk karbida Cr ( $Cr_{23}C_6$ ). Daerah yang kekurangan Cr ini akan menjadi rentan terhadap lingkungan korosif maupun beban mekanis (Tata Surdia, 2000).



Gambar 2. Struktur makro memperlihatkan *initial crack* pada permukaan patahan, *cleavage* dan penjalaran retak.



Gambar 3. Struktur makro menunjukkan *end crack* setelah penjalaran retak, *cleavage* dan daerah yang terdeposit.

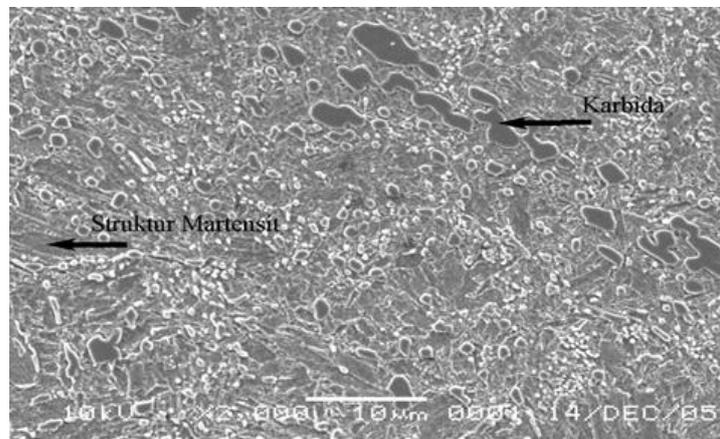
Pada saatnya daerah ini akan menjadi awal terjadinya crack (*initial crack*). Adanya unsur klor akan mempercepat terjadinya kerusakan poros *brine injection pump*. Penjalaran retak selanjutnya akan mengikuti pola interkristalin yaitu mengikuti pola pembentukan karbida atau daerah yang kekurangan Cr. Akibat beban dinamis

pada poros yang berstruktur martensit akan menyebabkan pola patahan poros *brine injection pump* menjadi transkristalin. Sehingga pola patahan poros menjadi dominan patahan transkristalin walaupun dimulai dengan interkristalin.

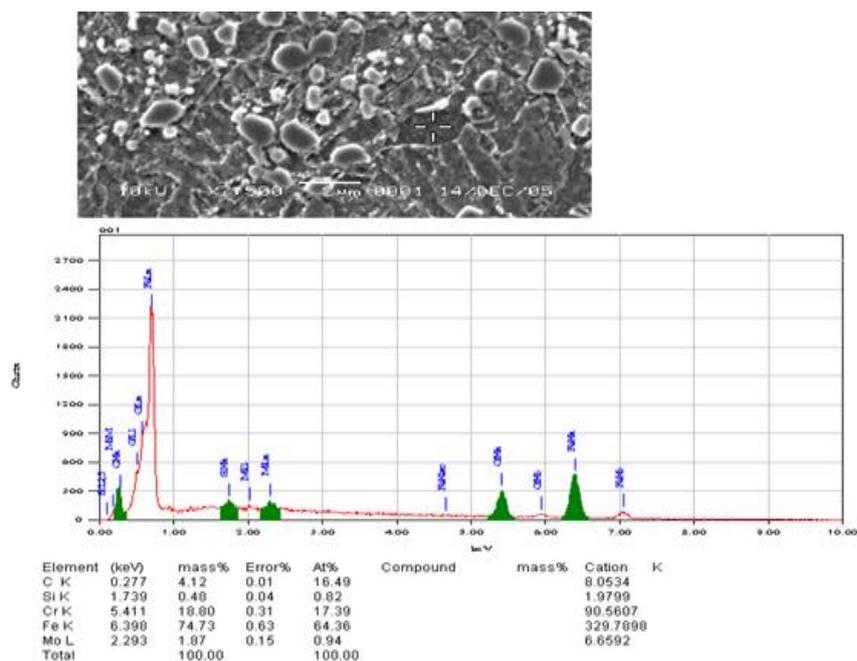
Analisis hasil uji EDS poros *brine injection pump*, uji EDS dilakukan untuk

mengetahui komposisi pada masing-masing fasa yang terdapat dalam baja SS 420. Hasil uji EDS terlihat pada Gambar 7 dan 8. Uji EDS dilakukan di dua daerah yaitu di daerah martensit dan karbida. Hasil uji EDS di daerah karbida (Gambar 8) menunjukkan kadar unsur utamanya adalah Fe dengan kandungan 78,60%, *chromium* sebesar 15,60%, *carbon* 3,34%, Mo 1,84%, dan Si sebesar 0,64%. Pada daerah yang berstruktur martensit (Gambar 7) menunjukkan Fe sebagai unsur utama sebesar 81,02%, *chromium* 14,75%, *carbon* 3,15%, Si 0,54% dan S sebesar

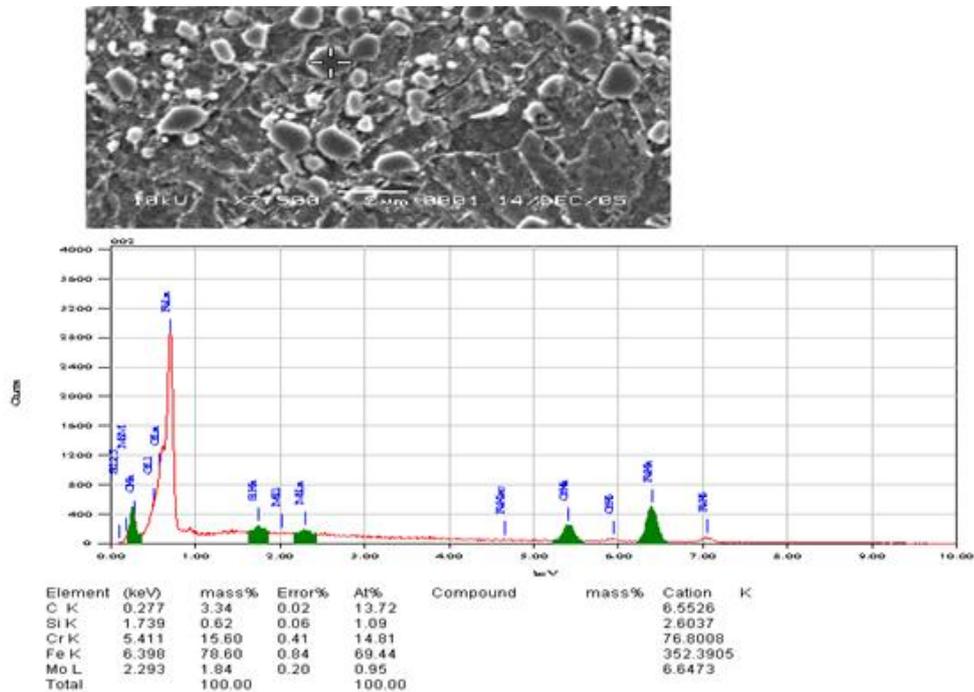
0,53%. Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan komposisi di dua fasa. Kadar Cr terlihat lebih rendah di daerah martensit, dengan demikian *initial crack* akan dimulai pada daerah yang kekurangan Cr yaitu di daerah martensit (Budinski, 1989).



Gambar 6. Hasil uji struktur mikro poros *brine injection pump* menggunakan SEM



Gambar 7. Hasil uji EDS pada daerah martensit



Gambar 8. Hasil uji EDS pada daerah karbida

## KESIMPULAN

Patahnya poros *brine injection pump* disebabkan adanya sensitisasi yang terjadi pada poros yang terbuat dari SS 420. *Initial crack* terjadi pada daerah yang kekurangan Cr, penjalaran retak awal berpola interkristalin, sedangkan pada tahapan selanjutnya penjalaran retak berpola transkristalin yang dipercepat oleh adanya beban dinamis.

## Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PT Geodipa Energi Unit Dieng yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alok Nayar, 2002, The Metal Data Book, Mc Graw-Hill Int, New Delhi  
 ASM Handbook, 1992, Metallography and Microstructures, Volume 9, United States of America  
 ASM Metal Handbook, 2002, Failure Analysis and Prevention, Volume 11, United States of America

- Avner.S.H., 1987, Introduction to Physical Metallurgy, Mc Graw-Hill Int, ed II., London  
 Budinski, K.G., 1989, Engineering Materials properties and selection, ed III, United States of America  
 Colangelo dan Heiser, 1989, Analysis of Metallurgical Failures, ed II, Jhon Wiley and Sons  
 Smallman, R.E., dan Bishop, R.J., 1985, Metalurgi fisik moderen dan Rekayasa Material, ed IV, terjemahan oleh : Sriati Djaprie, PT Gramedia, Jakarta  
 Spot, M.H., 1978, Design Of Machine Element, 5<sup>th</sup> Prentice Hall, Inc, EngleWood Cliffs, New Jersey  
 Tata Surdia dan Saito., 1995, Pengetahuan Bahan Teknik, PT PrandyaParamita, Jakarta  
 Van Vlack, 1983, Ilmu dan Teknologi Bahan, ed IV, terjemahan oleh : Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta