

ANALISA KERUSAKAN BLADE ROTOR KOMPRESOR AKSIAL TURBIN GAS ALSHTOM KAPASITAS 20 MW PADA PLTG

Failure Analysis of Axial Compressor Rotor Blade on Alstom Gas Turbine with Capacity 20 MW at PLTGU

Ahmad Rizki Maulana Nasution, Hendri Hestiawan*, Ahmad Fauzan Suryono
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Kec. Muara Bangkahulu, Bengkulu
*) E-mail : hestiawan@unib.ac.id

Abstract

This was the work in one of the Gas-Steam Power Plant (PLTGU) in the Southern Sumatra. The compressors on the Alstom gas turbine suffered damage to the rotor blade section causing it to stop operations. In this study discussed the analysis of the cause of damage to the axial compressor rotor blade with the aim of knowing the causative factors of damage, the mechanism of damage, the shape of the microstructure and the size of the grain. Observations are made by direct macro observations. After making observations, it continues with the analysis of observations. From the results of the analysis, it was concluded that the damage occurred was influenced by several factors, namely corrosion, service life and environmental conditions. If the damage is compared to the size of the grain then the part that is a lot of damage has a larger grain size compared to the slightly damaged part.

Keywords: Axial compressor; Failure analysis; Gas turbine; Rotor blade

1. PENDAHULUAN

PLTG atau (Pembangkit Listrik Tenaga Gas) digunakan untuk mengubah energi panas yang didapatkan dari hasil pembakaran bahan bakar dan udara menjadi energi listrik. Secara umum, sistem PLTG ini menggunakan siklus brayton dan dengan menggunakan gas alam atau bahan bakar minyak sebagai bahan bakarnya. PLTG memiliki efisiensi berkisar 20 - 30 %. PLTG pada UPDK Keramasan Unit 3 menggunakan turbin gas ALSHTOM dan menghasilkan daya berkapasitas 20 MW. Komponen-komponen utama dari PLTG sendiri terdiri dari kompresor, combustor, turbin gas dan generator.

Kompresor pada sistem pembangkit listrik tenaga gas berfungsi untuk menaikkan tekanan udara sesuai yang dibutuhkan untuk proses pembakaran. Jenis kompresor yang digunakan pada turbin gas ada dua macam yaitu jenis sentrifugal dan aksial. Pada kompresor aksial, terdapat dua bagian yang biasanya disebut dengan *blade rotor* dan *stator*. *Blade rotor* pada kompresor aksial berbentuk seperti *airfoil* yang bertujuan untuk mengakselerasikan udara sehingga kecepatannya meningkat [1]. Untuk jenis turbin gas ALSTHOM ini menggunakan kompresor aksial 17 tingkat dengan tujuan mengompresikan aliran udara secara aksial dari 1 atm menjadi 17 kalinya sehingga diperoleh udara yang bertekanan tinggi sebesar 1,2 Mpa dan temperatur udara juga mengalami peningkatan dari 26,8°C sampai dengan 390°C. Kerja kompresor aksial pada temperatur dan tekanan yang tinggi secara terus menerus dapat menyebabkan kerusakan atau kegagalan pada kompresor aksial.

Kompresor aksial pada turbin gas ALSTHOM milik PT. PLN (Persero) UPDK Keramasan mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut mengakibatkan pembangkit listrik tenaga gas ALSTHOM pada PLTG Unit 3 Keramasan ini berhenti beroperasi. Maka dari itu, ketika terjadi kerusakan atau kegagalan harus dilakukan sebuah analisa agar dapat mengetahui penyebab dari kegagalan tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab kerusakan, jenis kerusakan, mekanisme terjadinya kerusakan dan pengaruh kerusakan terhadap ukuran butir pada struktur mikro material.

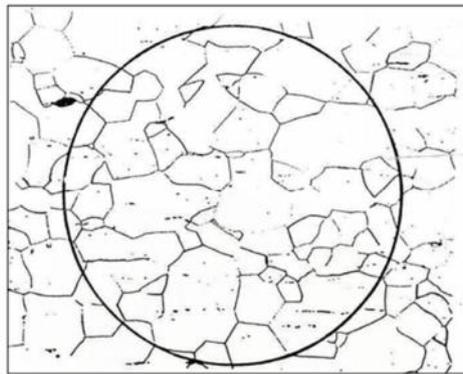
2. METODE PENELITIAN

Material yang diamati yaitu *blade rotor* kompresor aksial turbin gas ALSTHOM yang ada di PT. PLN (Persero) UPDK Keramasan. Penelitian dilakukan dengan pengamatan visual makro secara langsung untuk *blade rotor* kompresor aksial yang mengalami kerusakan yaitu pada *blade* nomor 7,9 dan 10. Material yang diamati dapat dilihat pada Gambar 1.

Selain melakukan pengamatan makro, pada proses penelitian dilakukan juga perhitungan ukuran butir struktur mikro dengan menggunakan software Image J dan perhitungan manual dengan menggunakan metode Intercept Heyn yang mengacu pada standar ukuran butir ASTM E112. Perhitungan ukuran butir dilakukan pada 3 bentuk struktur mikro yang diperoleh dari pengujian metalografi yang dilakukan oleh pihak perusahaan. Skema perhitungan ukuran butir dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Kompresor Aksial Turbin Gas Alsthom



Gambar 2. Perhitungan Ukuran Butir Metode Intercept Heyn

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

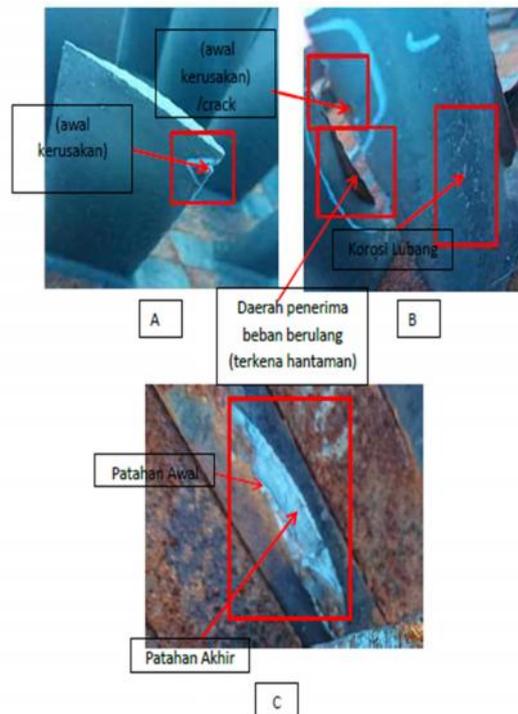
3.1 Hasil Pengamatan Makro

Hasil pengamatan makro dapat dilihat pada Gambar 3. Dari hasil pengamatan makro yang dilakukan pada *blade rotor* kompresor aksial didapatkan beberapa fenomena dan jenis kerusakan yang terjadi pada *blade rotor* tersebut.

Pada blade ke 7 dan 9 ditemukan adanya kerusakan awal yang berupa *crack*. Crack ini terjadi dikarenakan adanya pembebanan berulang pada titik yang memiliki kekuatan terendah atau daerah yang mengalami konsentrasi tegangan [2]. Crack ini juga dapat terbentuk akibat adanya korosi lubang pada permukaan logam. Korosi lubang dapat terjadi karena adanya penumpukan bahan pada permukaan material. Area ini dapat menyebabkan kerusakan lokal yang kekurangan atau kehilangan oksigen [3]. Selain itu, korosi ini dapat terealisasi lebih cepat dengan adanya kandungan asam pada daerah material. Dengan adanya korosi lubang pada permukaan material ini membuat daerah yang terkorosi mengalami penurunan kekuatan sehingga jika terjadi pembebanan maka konsentrasi tegangan akan terfokus ke daerah tersebut. Pada blade ke 9 juga ditemukan adanya daerah yang terkena beban berulang yang menyebabkan blade menjadi patah. Beban tersebut berupa hantaman berupa besi yang berasal dari air main filter yang rusak.

Pada blade ke 10 ditemukan tempat terjadinya patahan. Patahan ini terjadi dari retakan kecil yang kemudian membentuk *macrocrack* dan akhirnya patah. Hal tersebut terjadi dikarenakan saat terbentuk retak awal material mengalami penurunan kekuatan, sehingga konsentrasi tegangan terfokus ke daerah yang mengalami crack dan akan membentuk *macrocrack* dan akhirnya mengalami patahan. Patahan yang terbentuk disini bisa disebut dengan patah lelah akibat korosi atau *Corrosion Fatigue*. *Corrosion fatigue* ini dikarenakan adanya pembebanan berulang dan adanya korosi. Korosi fatik juga dapat terjadi karena adanya lubang kecil atau korosi lubang pada titik dari konsentrasi tegangan yang akan muncul dengan *crack* [4]. Untuk patahan,

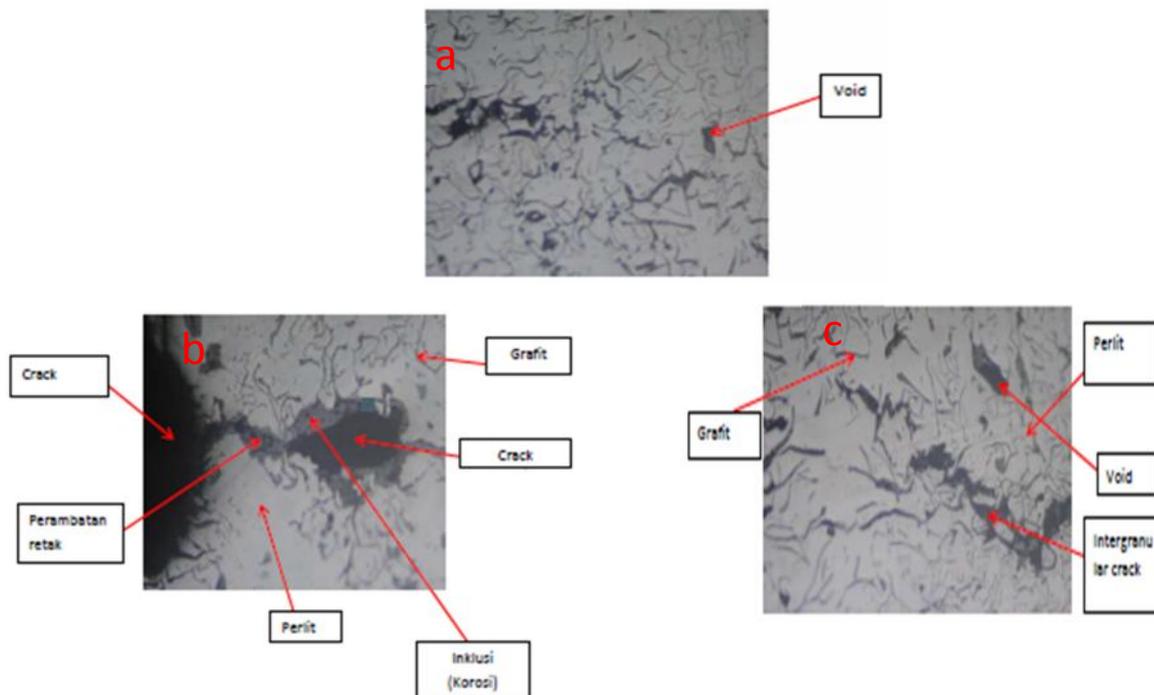
patahan awal ditandai dengan daerah yang berwarna terang dan permukaan patahan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan lainnya. Dan patahan akhir berada ditengah dan permukaannya lebih kasar.



Gambar 3. Hasil Pengamatan Makro

3.2 Hasil Pengamatan Mikro

Hasil pengamatan mikro yaitu dengan mengamati bentuk struktur mikro pada material dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Hasil pengamatan struktur mikro bagian a, b dan c pada blade rotor dengan perbesaran 1000x

Dari hasil pengamatan mikro yang dilakukan pada *blade rotor* kompresor aksial didapatkan beberapa fenomena, fasa material dan jenis kerusakan yang terjadi pada *blade rotor* tersebut. Untuk fasa yang ada pada material *blade rotor* kompresor aksial ini ialah matriks perlit dan grafit. Matriks perlit ditandai dengan adanya butiran berwarna putih yang mendominasi dari gambar struktur mikro pada *blade rotor* kompresor aksial. matriks perlit ini merupakan struktur yang berbentuk lapisan dari ferit yang liat dan sementit yang keras. Jadi matriks perlit ini bersifat ulet dan keras [5]. Kemudian grafit, grafit ini terbentuk karena kehadiran silikon yang mengakibatkan terjadinya dekomposisi karbida-karbida menjadi besi dan grafit [6]. Grafit ini terbentuk sewaktu logam tersebut membeku. Grafit ini ditandai dengan bentuk seperti serpihan dengan ujung yang tajam dan letaknya sebarang [7]. Dan dari hasil pengamatan struktur mikro maka dapat dikatakan *blade rotor* kompresor aksial turbin gas ini terbuat dari besi cor kelabu.

Selain kedua fasa diatas ditemukan juga berupa kerusakan atau cacat material yang terjadi pada *blade rotor* kompresor aksial ini. Kerusakan berupa void, *Intergranular crack*, *inklusi*, *crack* dan perambatan retak. Kerusakan ini dapat terjadi karena pengaruh dari lingkungan operasi dan dari materialnya itu sendiri. Void merupakan rongga kosong yang terletak pada batas butir [4]. Untuk *intergranular crack* merupakan retakan yang terjadi pada bagian batas butir dari struktur mikro [8]. Retakan *intergranular* ini membentuk microcrack pada blade. Intergranular crack ini terjadi karena void yang bergabung menjadi suatu muluran yang panjang pada batas butir [4]. Terdapat juga crack atau retakan. Retakan ini terjadi akibat adanya intergranular crack yang menjalar secara cepat [4]. Kemudian terdapat juga inklusi. Inklusi ini ditandai dengan adanya bercak hitam pada pinggiran crack. Inklusi ini terjadi karena adanya kandungan oksida yang merupakan senyawa inklusi. Adanya inklusi ini dapat memicu terjadinya retakan pada material [5]. Dengan adanya kandungan oksida pada pinggiran crack itu berarti crack terjadi akibat adanya udara yang bereaksi dengan besi yang biasa disebut dengan korosi. Akibat adanya retakan ini, dan adanya udara yang masuk ke retakan material, maka perambatan retakan cepat terjadi sampai material patah. Patahan yang terbentuk pada blade rotor ini merupakan patah getas.

3.3 Hasil Perhitungan Ukuran Butir

Perhitungan ukuran butir dilakukan dengan menggunakan software Image J dengan metode Intercept Heyn. Hasil perhitungan ukuran butir dengan menggunakan software Image J dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan ukuran butir dengan menggunakan software Image J

| No | Count | Total Area | Average Area | % Area | Mean | Mode | Median |
|----|-------|------------|--------------|--------|--------|------|--------|
| 1 | 35 | 33.322 | 0.952 | 0.626 | 254.95 | 255 | 255 |
| 2 | 18 | 17.011 | 0.945 | 0.381 | 255 | 255 | 255 |
| 3 | 31 | 31.362 | 1.012 | 0.706 | 254.95 | 255 | 255 |

Dari hasil perhitungan ukuran butir dengan menggunakan *software image j* didapatkan hasil jumlah butir sebanyak 35 pada bagian 1, 18 pada bagian 2 dan 31 pada bagian 3. Untuk total area dari butir yang dianalisa sekitar 33.32 pada bagian 1, 17.01 pada bagian 2 dan 31.362 pada bagian 3. Dan untuk persentase area yang diperoleh sekitar 0.626 % untuk bagian ke 1, 0.381 % pada bagian ke 2 dan 0.706 % pada bagian ke 3. Secara umum diketahui bahwa untuk ukuran dan banyak butir pada bagian ke 2 paling kecil dibandingkan dengan ukuran butir bagian 1 dan 3. Hal ini dikarenakan pada struktur mikro bagian ke 2 memiliki kerusakan paling banyak daripada bagian 1 dan 3. Kemudian hasil perhitungan ukuran butir manual dengan menggunakan metode Intercept Heyn dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan ukuran butir manual dengan metode intercept Heyn

| No | Luas Lingkaran (mm ²) | NA (Banyak Butir Per Area) | Grain Size (Ukuran Butir) | Diameter Butir μ m |
|----|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|
| 1 | 0,0049 | 3775 | 8,973 | 16,27 |
| 2 | 0,0049 | 2040 | 8,082 | 22,1 |
| 3 | 0,0049 | 3367 | 8,8074 | 17,2 |

Berdasarkan hasil perhitungan ukuran butir dengan standar ASTM E112 pada bagian 1,2 dan 3 *blade rotor* kompresor aksial nomor 7, didapati untuk ukuran diameter butir bagian pertama itu sebesar 16,27 μ m dengan banyak butir sebanyak 35 butir, untuk ukuran diameter butir bagian ke 2 didapati sebesar 22,1 μ m

dengan banyak butir sebanyak 18 butir dan terakhir untuk ukuran diameter butir pada bagian ke 3 didapati sebesar 17,2 μm dengan banyak butir sebanyak 31 butir.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Penyebab kerusakan ini yaitu timbulnya *crack* akibat dari pembebanan berulang dan korosi. Korosi ini terjadi karena operasi kompresor pada temperatur yang tinggi dan tekanan tinggi yaitu sekitar 300 $^{\circ}\text{C}$ dan 0,1-1,2 Mpa. Lalu kerusakan juga disebabkan oleh adanya benda asing (besi) yang masuk kedalam kompresor sehingga menghantam *blade rotor* kompresor aksial ini. Dan terakhir ialah umur pakai yang menyebabkan *fatigue life* tiap komponen sudah mencapai batasnya.
2. Tahapan terjadinya kerusakan itu ditandai dengan awal kerusakan pada bagian samping *blade* berupa *crack*, *crack* ini berasal dari microcrack pada batas butir. Kemudian retakan merambat yang diakibatkan oleh adanya pembebanan terus menerus dan juga adanya udara yang masuk kedalam bagian crack tersebut yang menyebabkan perambatan menjadi cepat. Perambatan terus berlanjut sampai akhirnya material patah. Patahan akhir ditandai dengan permukaan patahan yang tidak rata dan letaknya pada bagian tengah *blade rotor* kompresor aksial dan patahan awal terletak pada bekas patahan yang memiliki warna terang.
3. Ukuran butir pada *blade rotor* kompresor aksial yang mengalami kerusakan diketahui bahwa semakin banyak kerusakan maka ukuran butir akan cenderung besar. Begitu juga sebaliknya semakin sedikit kerusakan maka ukuran butir cenderung kecil. Hal ini berarti kerusakan material menyebabkan ekspansi pada butir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syuk, M.F., 2015, Evaluasi Kerusakan Akibat Korosi Pada Sudu Kompresor Aksial Turbin Gas Kapasitas 21,6 MW di PT. PLN (Persero) Teluk Lembu Pekanbaru, Laporan Kerja Praktik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Riau, Pekanbaru.
- [2] Renardi, R., 2018, Analisis Kegagalan Ring Segment Cobalt Base Superalloys X40 Pada Turbin Gas Pembangkit Listrik PT. X, Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [3] Linden, D., 2011, Long Term Operating Experience with Corrosion Control in Industrial Axial Flow Compressors, Proceedings of The Fortieth Turbomachinery Symposium, 12-15 September, Houston, Texas, 93–106.
- [4] Adrian, J., 2016, Analisa Kerusakan Superheater Tube Boiler Tipe ASTM A213 Grade T11 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap, Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [5] Sutowo, C., Senopati, G., Kartika, I., dan Priyono, B., 2016, Analisa Kegagalan Retak Material Besi Cor Kelabu, Proceeding Universitas Pamulang, Vol. 1, No. 1, 50–57.
- [6] Oktavianto, D. D., 2019, Analisis Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Besi Cor Kelabu FC 25 Dengan Mangan 1,2 %, Skripsi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- [7] Surdia, T. dan Saito, S., 1999, *Pengetahuan Bahan Teknik*, 4th ed. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [8] Hutaeruk, F. Y., 2017, Analisa Laju Korosi Pada Pipa Baja Karbon dan Pipa Galvanis dengan Metode Elektrokimia, Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.