

REPAIR ROTOR GAS TURBINE GENERATOR 3006 J

Doni Jayusman^{1*}, Anies Saggaf², dan Rosidawani³

¹ Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI), Universitas Sriwijaya, Palembang

² Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI), Universitas Sriwijaya

³ Program Profesi Insinyur (PSPPI), Universitas Sriwijaya, Palembang

Corresponding author: donijayusman@gmail.com

ABSTRAK : Gas Turbine Generator salah satu pembangkit listrik yang sangat penting di PT. Pusri Palembang, interval inspection GTG sesuai dengan operation hour dari manufacture (CI, HGPI dan MI). Masalah yang terjadi di GTG P-III karena di karenakan spike yang menyebabkan GTG TRIP. Berdasarkan Interval Inspection GTG P-III di jadwalkan MI pada tahun 2021, aktual yang di lakukan pada tahun 2023. Setelah di lakukan MI dengan penggantian rotor spare (repair) bulan Februari – Maret 2023 ternyata GTG masih vibrasi tinggi dan berdasarkan vibrasi analysis rotor tersebut terindikasi unbalance dan bow. Untuk itu di lakukan insitu balancing (balancing di tempat) dan tidak berhasil di karenakan kemungkinan adanya mechanical looseness, light rub dan pada bow (marriage bolt, through bolt dan rotor turbine nut). Metode perbaikan GTG P-III di lakukan dengan penggantian rotor GTG dengan menggabungkan 2 rotor ex pakai dan ex spare yang vibrasi menjadi 1 rotor yang siap pakai. Pekerjaan tersebut belum pernah di lakukan sehingga di kerjakan tempat lain dengan pengawasan/pengecekan keta dari setiap langkah perbaikannya dari PT. Pusri Palembang. Perbaikan tersebut menghasilkan rotor GTG yang bisa di bebaskan sampai 10-11 MW dengan vibrasi yang bagus.

Kata Kunci: Inspeksi Mayor, Metode Perbaikan, Vibrasi Analysis.

ABSTRACT : Gas Turbine Generator is one of the most important power plants in PT. Pusri Palembang, the GTG inspection interval is in accordance with the operation hours of the manufacturer (CI, HGPI, and MI). The problem that occurs in GTG P-III is due to the spike that causes GTG TRIP. Based on the GTG P-III Inspection Interval scheduled for MI in 2021, the actual will be carried out in 2023. After MI was carried out with the replacement of the spare rotor (repair) in February – March 2023, it turned out that the GTG was still high vibration, and based on the vibration analysis of the rotor, it was indicated that it was unbalanced and bowed. For this reason, it is carried out in situ balancing (balancing in place), and it is not successful because of the possibility of mechanical looseness, light rub, and in the bow (marriage bolt, through bolt, and rotor turbine nut). The repair method of GTG P-III is carried out by replacing the GTG rotor by combining 2 ex-use rotors and vibrating ex-spares into 1 ready-to-use rotor. The work has never been done, so it is done elsewhere with supervision/checking of every step of the repair from PT. Pusri Palembang. The repair results in a GTG rotor that can be charged up to 10-11 MW with good vibration.

Keywords: Major Inspection, Repair Method, Vibration analysis.

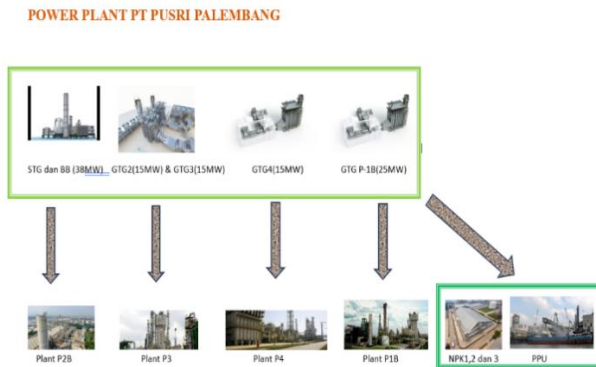
PENDAHULUAN

Gas turbine generator yang terpasang di pabrik PT. Pusri Palembang yaitu GTG P-II, GTG P-III, GTG P-IV, GTG P-IB dan STG&BB. Listrik yang di dihasilkan di interkoneksi ke seluruh GTG di masing-masing pabrik untuk menjamin listrik terus mengalir tanpa terhenti. Gas panas yang di dihasilkan GTG di gunakan untuk pemanas di WHB. Keandalan pembangkit listrik dan steam existing dapat di lihat dari beberapa hal antara lain umur peralatan, beban aktual tertinggi, frekuensi dan dampak

kerusakan sistemnya yang menyebabkan down time peralatan.

Salah satu kegiatan pemeliharaan penting yang dilakukan untuk memastikan operasional yang optimal dan aman dari komponen penting dalam proses produksi Gas Turbine Generator dengan melakukan tahapan inspeksi (Gas turbine inspection interval) yang sudah ditentukan dari manufacture. Inspeksi ini bertujuan untuk memeriksa kondisi internal dan eksternal dari GTG. Pada tahun 2022 pembangkit STG mengalami beberapa kali permasalahan sehingga kebutuhan listrik untuk

menunjang kebutuhan plant di penuhi oleh GTG2,3,4 dan 1B. Dimana rata-rata beban GTG P2→8MW, P3→10MW, P4→11MW, P1B→11MW. Sehingga jadwal interval inspection yang sudah di tetapkan menjadi tidak terlaksana.



Gambar 1. Power Plant PT. Pusri Palembang

Permasalahan yang sering terjadi pada GTG P-III yaitu trip dikarenakan vibrasi. Rencana Major inspection untuk GTG P-III telah direncanakan di akhir tahun 2021 tetapi baru dapat terlaksana pada februari 2023 dikarenakan beberapa factor meliputi ketersediaan material dan kesempatan waktu pelaksanaan yang tidak ada dikarenakan kondisi STG yang bermasalah. Adapun jadwal inspeksi (Gas Turbine inspection interval) ini harus di tetapkan sebagai bagian dari program pemeliharaan unit yang konsisten dengan kebutuhan operasi. Menurut instruction Gas Turbine Generator Volume 1, The M. W.Kellogg, USA (1974:1). Untuk standar jenis perbaikan GTG adalah sebagai berikut (Tabel 1):

Tabel 1. Typical Gas Turbine Inspection Interval

Interval Inspection	Hour
Combustion Inspection (CI)	8000 RH – 10.000 RH
Hot Gas Path Inspection (HGPI)	20.000 RH – 25.000 RH
Mayor Inspection (MI)	40.000 RH – 50.000 RH

Combustion Inspection (CI) dimana perbaikannya meliputi pemeriksaan fuel nozzle, combustion liner, cross fire tube, retainer, flame detector dan spark plug.

Hot Gas Path Inspection (HGPI) dimana perbaikannya meliputi pemeriksaan fuel nozzle, combustion liner, cross fire tube, retainer, flame detector, spark plug, transition piece, first stage nozzle, second stage nozzle, first stage bucket, second stage bucket, support ring, diaphragm, first stage shroud, dan secons stage shroud.

Hot Gas Path Inspection (HGPI) dimana perbaikannya meliputi pemeriksaan fuel nozzle, combustion liner, cross

fire tube, retainer, flame detector, spark plug, transition piece, first stage nozzle, second stage nozzle, first stage bucket, second stage bucket, support ring, diaphragm, first stage shroud, secons stage shroud. Rotor blade compressor, stator blade compressor, inlet guide vane, No,1 dan No.2 bearing dan oil deflector. Major Inspection (MI) di mana perbaikan secara total (perbaikan keseluruhan) meliputi Combustion Inspection (CI) dan Hot Gas Path Inspection (HGPI) sebagai tambahan pekerjaan pemeriksaan stator, rotor, coupling, bearing dan komponen yang terkait lainnya (M. W. Kellogg, 1974). Jika preventive maintenance dari typical gas turbine inspection interval di lakukan secara teratur dengan di dukung ketersediaan spare part, maka GTG akan running dengan beban optimal tanpa ada masalah.

Menurut penelitian oleh Ludeca pada tahun 2012, 18% kesalahan mesin disebabkan oleh unbalance (Muszynska, 1995). Dalam industri alat permesinan, unbalance adalah salah satu kondisi fisik yang paling kritis untuk pemantauan (Ludeca, 2012). Mesin berputar yang memiliki energi rotasi ditransfer ke elemen mesin dalam bentuk getaran. Mekanisme transfer secara eksplisit diwakili oleh unbalance dalam sistem (Muszynska, 1995).

Adanya unbalance dalam jumlah kecil pada mesin berkecepatan tinggi dapat terbukti berakibat fatal, menyebabkan kegagalan bencana mesin jauh sebelum masa pakai yang diantisipasi. Rotor yang menggantung ditemukan di banyak aplikasi teknik seperti pompa, kipas angin, baling-baling, dan mesin turbo. Tanda getaran rotor yang menggantung berbeda dari tipe yang digantung. Dengan demikian, prediksi akurat karakteristik getaran rotor yang menggantung sangat penting untuk pengoperasian yang efisien dan masa pakai yang lebih lama. Getaran karena ketidakseimbangan menyebabkan kerusakan pada elemen mesin penting seperti bantalan, kopling, segel, dll. Rotor seimbang yang sempurna sangat tidak mungkin, disebabkan oleh adanya porositas dalam pengecoran, nonlinieritas, distribusi kepadatan yang tidak seragam, toleransi manufaktur, dan keausan suku cadang selama operasi. Gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh ketidakseimbangan massa harus direaksikan oleh struktur bantalan dan pendukung (Md. Abdul Saleem, et al, 2012). Perhatian utama dalam mesin berputar adalah getaran. Getaran ini berasal dari kesalahan sistem, yang umumnya ada sebagai ketidaksejajaran ketidakseimbangan rotor, retakan, dan gesekan proyeksi eksplisit dari karakteristik dinamis yang penting dalam desain sistem mekanis yang berputar (Ritto T G and Rubens S, 2005).

METODE PENELITIAN

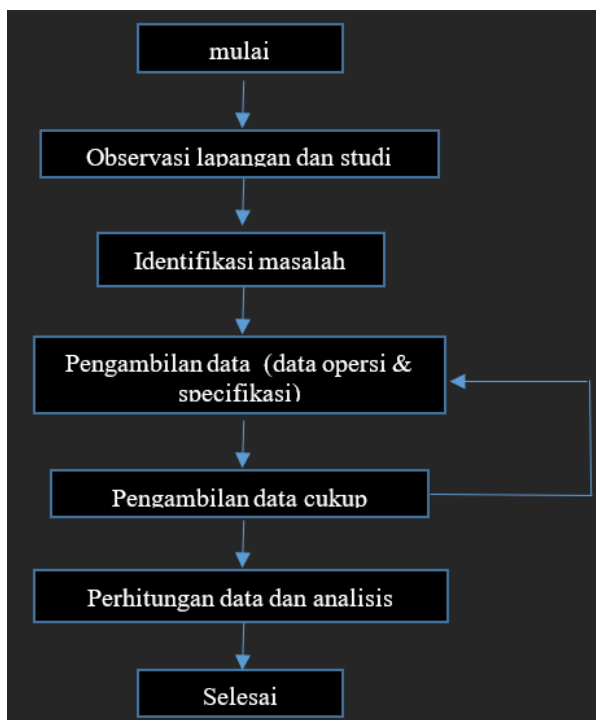
Data penelitian diperoleh dari catatan harian pengamatan dokumen, buku manual, data catatan interval perbaikan GTG, data turbine compressor. Variasi beban, monitoring vibrasi, temperatur turbin dan spesifikasi generator yang sedang dipelajari juga disertakan. Data turbin gas generator 15 MW dikumpulkan pada tanggal 10 november 2022 sampai february 2023 (sebelum MI) dan tanggal 6 maret sampai 20 maret 2023 evaluasi paska penggantian rotor turbine compressor (setelah MI) .

Data Design Gas Turbine Generator P-III

Tabel 2. Name Plate Rating GTG

Name Plate Rating	
Type & Form	PG5251
Rating	15,000 KW
Altitude	Sea Level
Copressor Stage	16
Turbine Stage	2
Inlet Temperatur	35°C
Inlet Pressure	760 mmHG
Exhaust Temperatur	521°C
Exhaust Pressure	782mmHG

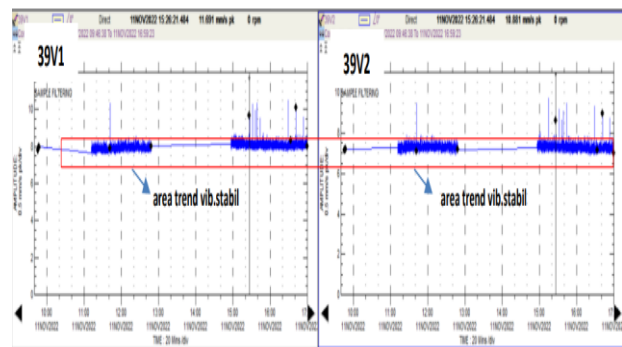
Metode yang di lakukan sebelum di lakukan Major Inspection GTG P-III



Gambar 2. Diagram alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

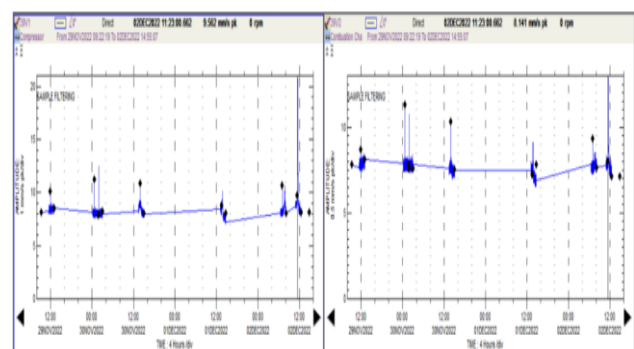
Data memonitoring trend kenaikan vibrasi pada 39V1 & 39V2 pada rotor turbine compressor, maka di pasang alat monitoring online Adre 408 (Dynamic Signal Processing Instrument) di control panel. Sebagai informasi, sensor monitoring vibrasi di equipment 3O-3006J (GTG P-III) adalah type velomitor Piezo – velocity sensor yang digunakan untuk memonitoring vibrasi di casing (housing bearing). Tanggal 10 November 2022 terjadi trip pada equipment 3O-3006J (GTG P-III), Adapun hasil monitoring trend vibrasi adalah sebagai berikut (Gambar 3):



Gambar 3. Monitoring trend Vibrasi 10 november 2022

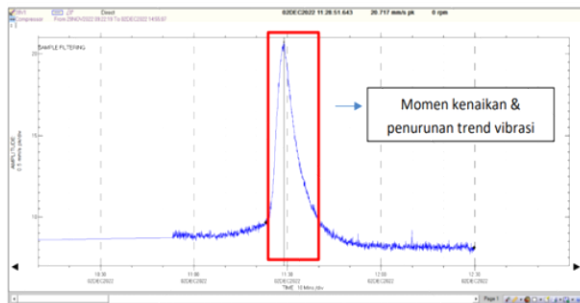
Dari data-data hasil monitoring trend vibrasi tersebut, sering terjadi spike sesaat 1-2 detik di semua sensor vibrasi. Sedangkan untuk amplitude spike vibrasi tersebut perubahan beban / proses dari interkoneksi antara GTG di masing-masing pabrik untuk mensupply aliran listrik di semua pabrik. Kondisi tersebut bisa juga merupakan indikasi bahwa performance equipment 3O-3006J (GTG P-III) sudah mulai mengalami penurunan (terkait umur peralatan).

Dari hasil pengamatan trend vibrasi tersebut, kondisi spike vibrasi masih sering terjadi hampir disemua channel dengan kondisi yang serupa dari data sebelumnya. Pada tanggal 02 Desember 2022 lebih kurang pukul 12.23.00 WIB, terjadi trend kenaikan vibrasi di channel 39V1 secara bertahap di beban ± 10 MW

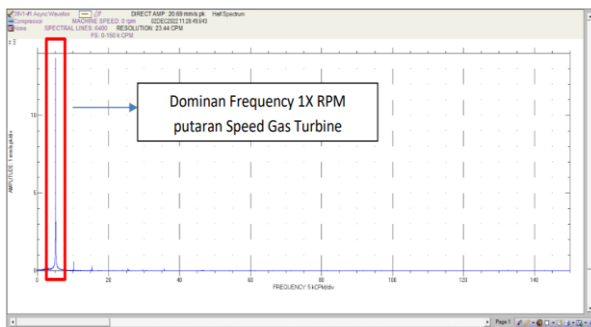


Gambar 4. Monitoring trend Vibrasi 02 desember 2022

Trend kenaikan tersebut berlangsung dari pukul 12.23.00 WIB s/d pukul 12.28.56 WIB (± 6 menit). Dari data yang terecord pada online monitoring, diketahui bahwa nilai amplitude overall vibrasi tertinggi di 20,7 mm/s peaks. Setelah itu, trend vibrasi turun secara perlahan ketika dilakukan penurunan beban GTG-PIII ke-9 MW. Dari data spectrum frequency pada channel 39V1 pada momen terjadi kenaikan vibrasi, terindikasi amplitude frequency dominan di- 1X RPM putaran speed Turbine, naik secara perlahan/bertahap seolah-olah terjadi anomali unbalance pada gas turbine. Trend kenaikan vibrasi Channel 39V1 Spectrum Frequency vibrasi Channel 39V1. Dengan kondisi beban GTG yang diturunkan, maka vibrasi turun secara perlahan kembali ke kondisi vibrasi semula.



Gambar 5. Trend Kenaikan Vibrasi Channel 39V1



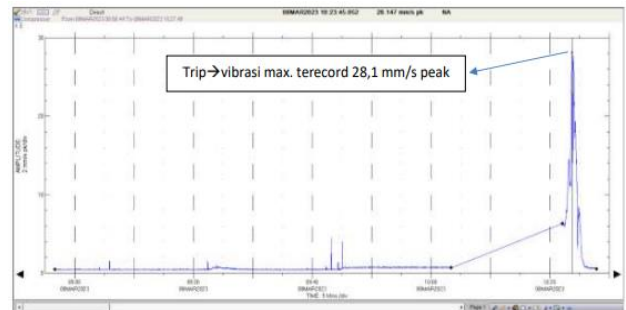
Gambar 6. Spectrum Frequency vibrasi channel 39V1

Dari data tersebut, ada beberapa kemungkinan yang dapat menyebabkan kondisi tersebut, antara lain :

- 1) Coupling yang mulai mengalami penurunan dalam meredam vibrasi sehingga ketika ada perubahan mendadak dari kondisi operasional, coupling tidak mampu mentransmisikan daya dengan baik
- 2) Komponen-komponen di dalam equipment gas turbine mulai mengalami penurunan performance terkait dengan umur peralatan seperti :
 - a) Terindikasi bearing dalam kondisi over clearance sehingga saat terjadi perubahan beban pergerakan rotor tidak dapat diredam oleh bearing

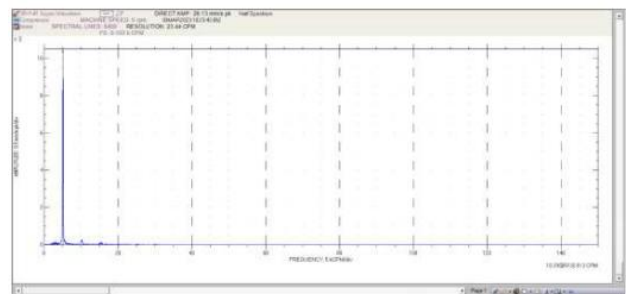
- b) Penurunan performa komponen tersebut juga dapat mengganggu stabilitas pergerakan rotor (Repair rotor unit GTG).

Berdasarkan data-data (rekom) yang di dapat, maka pada februari 2023 dilakukan major inspection Turbin gas dan load gear GTG3 dimana rotor yang dipersiapkan merupakan spare rotor PT PUSRI Palembang yang sudah di repair. Tanggal 6 maret 2023 dilakukan di lakukan proses Start Up masih ditemukannya kondisi vibrasi tinggi diarea turbine pada channel 39V1 sampai menyentuh level alarm (danger) ketika speed turbine menuju speed normal ± 5100 RPM, sehingga menyebabkan tripnya equipment GTG P-III Berdasarkan data hasil monitoring vibrasi menggunakan Adre 408 adalah sebagai berikut :



Gambar 7. Trend vibrasi Channel 39V1

Dari data trend vibrasi Channel 39V1, vibrasi maximum yang terecord adalah 28,1 mm/s peak.



Gambar 8. Spectrum frequency dominan di 1X RPM

Dari data spectrum frequency vibrasi di Channel 39V1, dominan frequency di 1X RPM pada speed ± 5132 RPM. Maka dapat disimpulkan sementara penyebab tingginya vibrasi di equipment 30-3006J adalah sebagai berikut:

1. Rotor turbine Unbalance
2. Rotor turbine Bow

maka akan dilakukan in-situ balancing di equipment 30-3006J (GTG P-III), Untuk proses in-situ balancing menggunakan alat SKF Microlog Analyzer. Sedangkan untuk penambahan massa trial weight ataupun massa correction dilakukan di coupling side area accesoris gear.

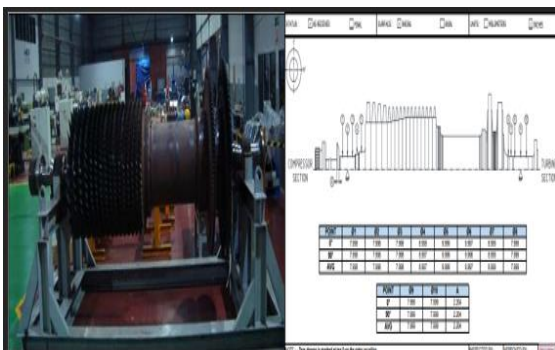
Adapun tahapan-tahapan proses balancing single plane adalah sebagai berikut:

1. Initial Run
2. Trial Weight (Massa Calibration)
3. Massa Correction

tetapi mengalami kegagalan dikarenakan karakter rotor tidak stabil dan terjadinya indikasi rubbing pada rotor.

Tanggal 21 maret 2023 dilakukan major inspection dengan pemasangan ex rotor MI Pertama GTG P-III yang sudah dilakukan cleaning, inspection dan balancing. Dilakukan commisioing kembali, unit dapat running kembali tetapi dengan minimum load karena vibrasi masih tinggi dan sering terjadi trip. Maka dilakukan beberapa persiapan alternatif dalam penyelesaian permasalahan pada GTG P-III meliputi pembelian rotor baru, repair rotor spare, atau repair rotor dengan pemanfaatan 2 rotor menjadi satu rotor yang siap pakai. Untuk Opsi penggunaan 2 ex rotor menjadi 1 rotor yang siap pakai, pekerjaan tersebut memerlukan spesial tools (khusus), adapun lingkup pekerjaan repair unit GTG :

1. Lakukan incoming Inspection sebelum di lakukan pekerjaan (Visual, Dimensial, RunOut).



Gambar 9. Pemeriksaan Visual, dimensi dan run out ex rotor GTG

2. Pembuatan Mandrell untuk individual balancing, di mana mandrel tersebut di lakukan balancing dahulu sebelum di gunakan.
3. Membuka Compressor & Turbin Rotor di lakukan dengan membuka marriage bolt dan di lakukan pemanasan rotor pada posisi vertikal sehingga memudahkan pelepasannya.



Gambar 10. Buka compressor turbine rotor

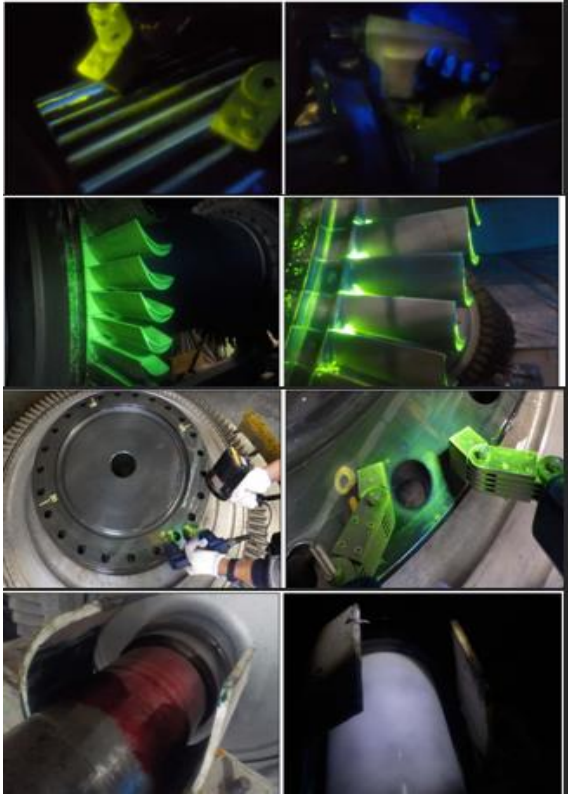
4. Membuka disck bagian Compressor Rotor dengan membuka baut through bolt dan melepas satu persatu dari 16 stage compressor rotor dan 2 stage turbine rotor.



Gambar 11. Pelepasan compressor dan turbine rotor

5. Melakukan Pembersihan total secara mekanis/ kimia compressor dan turbine rotor sehingga kotoran yang melekat bisa bersih.
6. Lakukan Inspeksi NDT & Magnetic Particle Test di semua bagian 16 stage compressor dan 2 stage turbine.

Magnetic Particle Test at Thrust Collar, Turning Gear, Bearing Journal, Oil Deflector Turbine Side & Compressor Side of GT Turbine, Fluorescent Penetrant Test at Buckle dan Red Dye Penetrant Test at Bearing Journal Turbine Side & Compressor Side, Magnetic Particle Test at Compressor Disc, Magnetic Particle Test at Distance Piece, Magnetic Particle Test at 1st Turbine Disc dan Magnetic Particle Test at 2nd Turbine Disc

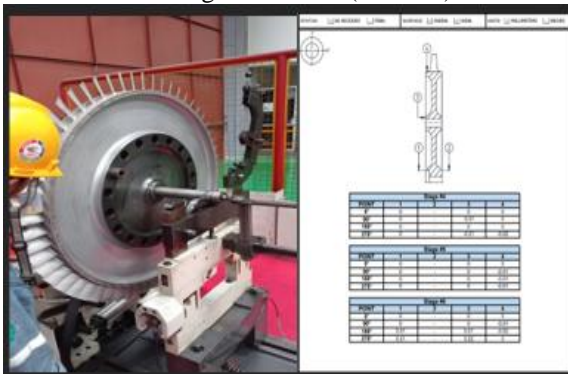


Gambar 12. Pengecekan NDT, Magnetic Particle Test untuk 16 stage compressor & 2 stage turbine

Tabel 3. Nilai Residual magnetism dan hasil pengecekan magnetic particle

Component	Maximum Residual Free Gauss Level
Shaft and all rotating Components	±2
Bearing and seal assemblies (including all components)	±2

- Lakukan individu Balancing disk compressor rotor (16 stage) dan turbine rotor (2 stage). Sebelum di balancing disk compressor dan turbine di lakukan runout dengan menggunakan dial indikator tidak melebihi sama dengan 0.05 mm (0.002 in)



Gambar 13. Run out disk compressor dan turbine

- Standart ISO balance grade 1940-1 (ISO 1940-1, 2003).

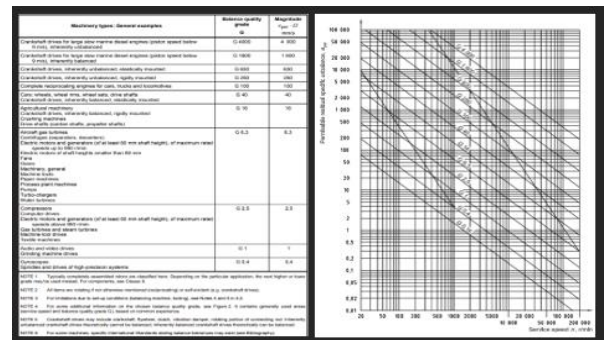
$$U_{per} = e_{per} \cdot m \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

U_{per} : Nilai dari ketidakseimbangan sisa yang di izinkan, di nyatakan dalam g/mm

e_{per} : Ketidakseimbangan spesifik residual yang di izinkan

M : Massa (berat)



Gambar 14. Guidance for balance quality grades for rotors in a constant (rigid) state dan Grafik untuk mendapatkan nilai e_{per}

- Standart API 687 -2023 [7]

$$U_r = 6350W/Nmc, g\text{-mm} \dots\dots\dots(2)$$

U_r = maximum allowable residual unbalance, in gram-millimeters

W = journal static load, in kilograms

[atau untuk mode lentur di mana defleksi maksimum terjadi pada ujung poros]:

- W biasanya bukan Y ; dari berat rotor.
 - Biasanya, W adalah nilai yang diukur, tetapi nilai yang dihitung dapat diterima.
 - Untuk penyeimbangan komponen, W adalah beban bobot statis setiap jurnal menggunakan bobot gabungan komponen dan mandrel.
 - W (per beban berat statis setiap jurnal) untuk total berat rotor dapat digunakan untuk masing-masing langkah perakitan dan keseimbangan berurutan alih-alih mengubah W untuk setiap langkah sebagaikomponen ditambahkan ke rotor
- Nmc = maximum continuous speed, rpm

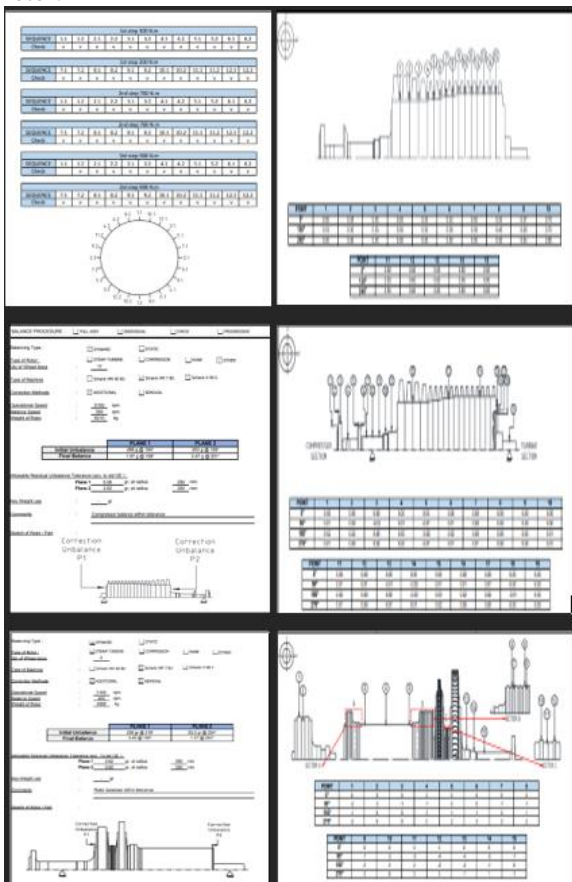
Individual balancing untuk compressor dan turbine rotor di lakukan dengan menggunakan API-687 –(2023) berikut data hasil balancing :

Balancing Report	
Equipment	CAB705
User	CAB705
Commission number	
Rotor type	Disc Compressor #7
Rotor geometry	
Balancing mode	Static
Radius 2	250.00 mm
Tolerance	
Tolerance planes	None
Correction position	
Distribution	Polar
Max. No. / Step	1
Correction method	
Mode	Mass
Material	Remove
Options	
Mode	Variable
Lock	Manual
History	Off
Drive	
Balancing speed	350 rpm
Direction of rotation	Reverse
Direction of rotation: rotor equals drive	No
Angular tolerance (+/-)	1.0°
Measurement system	
Mean value over time	Yes
Delay time	0.00 s
Filter time	1.00 s correspond 5.8 revolutions

Reference	
Number of marks	1
Measuring results - # 3	
Speed	345 rpm
Start/Time	30.09.23 / 15:30:46
Correction	
Static	1.08 g 321°

Gambar 15. Report disk no 7 hasil individual balancing dari 16 stage compressor

- Install compressor rotor unit dan di kunci (ikat) dengan through bolt dan assembly turbine rotor unit. Di lanjutkan run out dan di lakukan initial unbalancing compressor unit dan di lakukan koreksi sehingga di dapatkan final balancing, dengan pengisian data untuk balance speed dan weight of rotor.



Gambar 16. Proses pengikatan, runout dan balancing compressor dan turbine rotor unit

- Assembly Rotor Turbine-Compressor dan Kunci Baut dengan marriage bolt, di lakukan dengan di menggunakan dry es (CO2 cair) di posisi turbine rotor side dengan posisi atas vertical dan rotor compressor di bagian bawah. Di ikat baut marriage bolt dengan torsi yang di tentukan, di lanjutkan cek runout dan balancing akhir.

Jadi untuk residual yang di dapat :

Tabel 4. Hasil balancing rotor turbine compressor

	Plane 1	Plane 2
Initial Unbalance	332 gr @ 15°	256 gr @ 18°
Final Balance	5,59 g	4,90 g

Operational Speed (N): 5100 rpm

Balance Speed : 350 rpm

Weight of Rotor (m): 9500 kg

Radius (R₁) = 350 mm

Radius (R₂) = 350 mm

U_r = 6350W/Nmc, g-mm

$$U_r = \frac{6350 \times 4250}{5100}$$

$$5100$$

$$U_r = 5292$$

Allowable Residual Unbalance Tolerance (API 687) :

$$\text{Plane 1 : } 5292 / 350 = 16 \text{ gram}$$

$$\text{Plane 2 : } 5292 / 350 = 16 \text{ gram}$$

Untuk plane 1 :

Test Weight (W1) = 30 gram

Allow. Residual unbalance tolerance : 16 gram

$$\text{Trial Unbalance : } W1 \times R = 10500 \quad \dots(1)$$

$$Y = \frac{\text{Max reading} - \text{Min reading}}{2} = 5.8 \quad \dots(2)$$

$$X = \frac{\text{Max reading} - \text{Min reading}}{2} = 31.1 \quad \dots(3)$$

Residual Unbalance :

$$\frac{(1) \times (2)}{(3)} = 1958 / 350 = 5,59 \text{ g} \quad (3)$$

Untuk plane 2 :

Test Weight (W1) = 30 gram

Allow. Residual unbalance tolerance : 16 gram

$$\text{Trial Unbalance : } W1 \times R = 10500 \quad \dots(1)$$

$$Y = \frac{\text{Max reading} - \text{Min reading}}{2} = 4.5 \quad \dots(2)$$

$$X = \frac{\text{Max reading} - \text{Min reading}}{2} = 27.5 \quad \dots(3)$$

Residual Unbalance :

$$(1) \times (2) = 1718 / 350 = 4,90 \text{ g}$$

$$(3)$$

SEQUENCE	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	6.2
Check	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

SEQUENCE	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2	10.1	10.2	11.1	11.2	12.1	12.2
Check	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

SEQUENCE	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	6.2
Check	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

SEQUENCE	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2	10.1	10.2	11.1	11.2	12.1	12.2
Check	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

SEQUENCE	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	6.2
Check	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

SEQUENCE	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2	10.1	10.2	11.1	11.2	12.1	12.2
Check	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

PLANE	PLANE 1	PLANE 2
Initial Unbalance	102 @ 0.10"	100 @ 0.10"
Final Balance	4.17 @ 0.01"	0.51 @ 0.04"

PLANE	PLANE 1	PLANE 2
Initial Unbalance	102 @ 0.10"	100 @ 0.10"
Final Balance	4.17 @ 0.01"	0.51 @ 0.04"

PLANE	PLANE 1	PLANE 2
Initial Unbalance	102 @ 0.10"	100 @ 0.10"
Final Balance	4.17 @ 0.01"	0.51 @ 0.04"

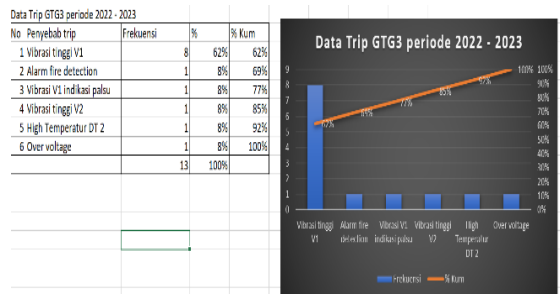
Gambar 17. Install rotor turbine to compressor, run out dan balancing

10. Hasil pemasangan dan repair rotor GTG

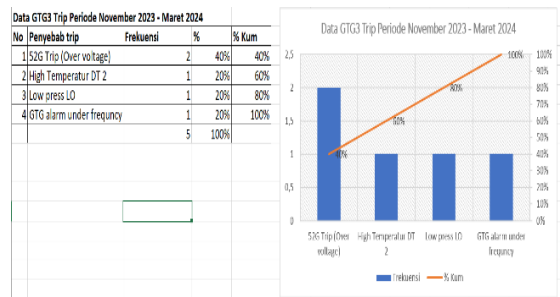


Gambar 18. Hasil pemasangan di lapangan

Performance test unit Gas Turbine Generator P-III telah dilakukan sampai pada beban 10MW dengan hasil yang baik. Setelah Perbaikan tidak adanya GTG P-III trip yang di sebabkan oleh vibrasi tinggi pada channel V1 dan V2 selama periode November 2023 sampai Maret 2024.



Gambar 19. Data sebelum perbaikan rotor GTG



Gambar 20. Data sesudah perbaikan rotor GTG

KESIMPULAN

1. Menjaga trend vibrasi gas turbin dibawah 0.5 Inch/sec untuk chanel V1,V2 dan V3 untuk mencegah GTG P-III trip
2. Pelaksanaan program pemeliksaan peralatan sesuai rekomendasi dari manufaktur yaitu Combution inspection 8000 – 10000 RH, HGPI 20.000 – 25.000 RH dan MI 48.000 – 50.000RH
3. Penggabungan dua rotor gas turbin dapat dilakukan untuk jenis rotor yang sama baik tipe maupun serial numbernya yang membedakan serial number rotor
4. Bila Rotor gas turbin telah running >200000 RH disarankan dilakukan juga penggantian Marriage bolt dan throught bolt rotor
5. Kondisi rotor yang di gabungkan meliputi Rotor Ex running kondisi turbin section dalam kondisi baik sedangkan kompressor section dalam kondisi kerusakan parah, sedangkan rotor Ex spare turbin section kondisi kerusakan parah sedangkan kompressor section dalam keadaan baik
6. Pembersihan rotor dilakukan dengan chemical cleaner, bila akan dilakukan dengan glass bide atau sand blast dilakukan perlindungan ke celah antar segment kompressor
7. Penggabungan dua rotor harus melakukan individual balancing per segmen, dilanjutkan balancing per section dan di final balancing complete

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung pekerjaan Major inspection Gas Turbine Generator P-III sampai selesai dengan hasil yang memuaskan.

DAFTAR PUSTAKA

- API 687 (2023). *Special – purpuse Rotating equipment Repair*.
- ISO 1940-1 (2003). *Mechanical vibration — Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state — Part 1: Specification and verification of balance tolerances*
- Ludeca, Top 3 machine faults: *An IMC-2012 conference poll at maintenance*.
<https://ludeca.com/blog/alignment/3979/top-3-machine-faults-an-imc-2012-conference-poll-maintenanceconf/>
- Md. Abdul Saleem, Diwakar G and Satyanarayana M R S 2012 *Detection of unbalance in rotating machines using shaft deflection measurement during its operation IOSR J. of Mech. and Civil Engineering (IOSR-JMCE) 3 8-20*.

- Muszynska A 1995 *Vibrational diagnostics of rotating machinery malfunctions Int. J. Rotating Mach.1 237-266*.
- Ritto T G and Rubens S 2005 *The effects of unbalance and clearance on the bearings of an overhung rotor Proc. of COBEM 18th Int. Congress of Mechanical Engineering (Ouro Preto, Brazil)*
- The M. W. Kellogg CO, USA 1974. *Instruction Gas Turbine unit volume 1*