

Enhancing Operational Efficiency and Cutting Operational Expenses by Implementing Effective Strategic Maintenance

Buyung Arianto^{1)}; Dandy Alfian Sabila¹; Intan Andini Ayuningtyas¹*

1. Head Office PT PLN Indonesia Power, Jl. Gatot Subroto No.Kav.18, Kuningan Timur, Setiabudi, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12950, Indonesia

**)Email: buyung.arianto@plnindonesiapower.co.id*

ABSTRACT

As a peaking power plant, Semarang PGU runs a 1.4 GW combined cycle gas turbine (CCGT). Our power plants must start and stop on a regular basis, as well as respond to sudden spikes and drops in load caused by the peaking function. Operating this 30-year-old power plant is likewise getting tougher; the chief factors are component obsolescence and asset age. Tambak Lorok CCGT, on the other hand, was able to achieve less than 0.51% EFOR (Equivalent Forced Outage Rates) in 2022, which was a notable success given the power plant's age in terms of its ability to sustain dependability. Our company created a "end-to-end asset healthiness monitoring dashboard" that reduced the WMATL WO backlog by 14.65%. Semarang PGU completed maintenance efficiently in order to sustain the firm by increasing efficiency and minimizing OPEX. Our principal means of attaining this goal are to improve reliability management, develop a quality-based maintenance approach, and ensure shorter and safer outages. Our company also combines risk management into outage operations and innovates in asset management pillars integration, which uses real-time monitoring for an asset's life cycle.

Keywords: *Maintenance Strategy, Effective outage management, Risk Evaluation and Prioritization (REAP), Efficiency*

ABSTRAK

Semarang PGU mengoperasikan combined cycle gas turbine (CCGT) berkapasitas 1,4 GW sebagai pembangkit peak load. Pembangkit peak load harus start dan stop secara teratur, serta dapat merespons lonjakan dan penurunan beban secara tiba-tiba yang disebabkan oleh fungsi peaking. Mengoperasikan pembangkit listrik yang telah berusia 30 tahun ini juga merupakan sebuah tantangan; faktor utamanya adalah keusangan komponen dan usia aset. Di sisi lain, CCGT Tambak Lorok mampu mencapai kurang dari 0,51% EFOR (Equivalent Forced Outage Rates) pada tahun 2022, yang merupakan keberhasilan yang luar biasa mengingat usia pembangkit listrik dalam hal kemampuannya untuk mempertahankan keandalan. Perusahaan kami menciptakan "dashboard pemantauan kesehatan aset secara menyeluruh" yang telah berhasil mengurangi backlog WO WMATL sebesar 14,65%. Semarang PGU melaksanakan pemeliharaan secara efisien untuk mempertahankan keuntungan perusahaan dan meminimalkan OPEX. Strategi kami untuk mencapai tujuan ini adalah dengan meningkatkan manajemen keandalan, mengembangkan pendekatan pemeliharaan berbasis kualitas, dan outage yang lebih singkat dan lebih aman. Perusahaan kami juga menggabungkan manajemen risiko ke dalam outage dan berinovasi dalam integrasi pilar manajemen aset, yang menggunakan pemantauan real-time untuk life cycle aset.

Kata kunci: *Maintenance Strategy, Effective outage management, Risk Evaluation and Prioritization (REAP), Efficiency*

1. PENDAHULUAN

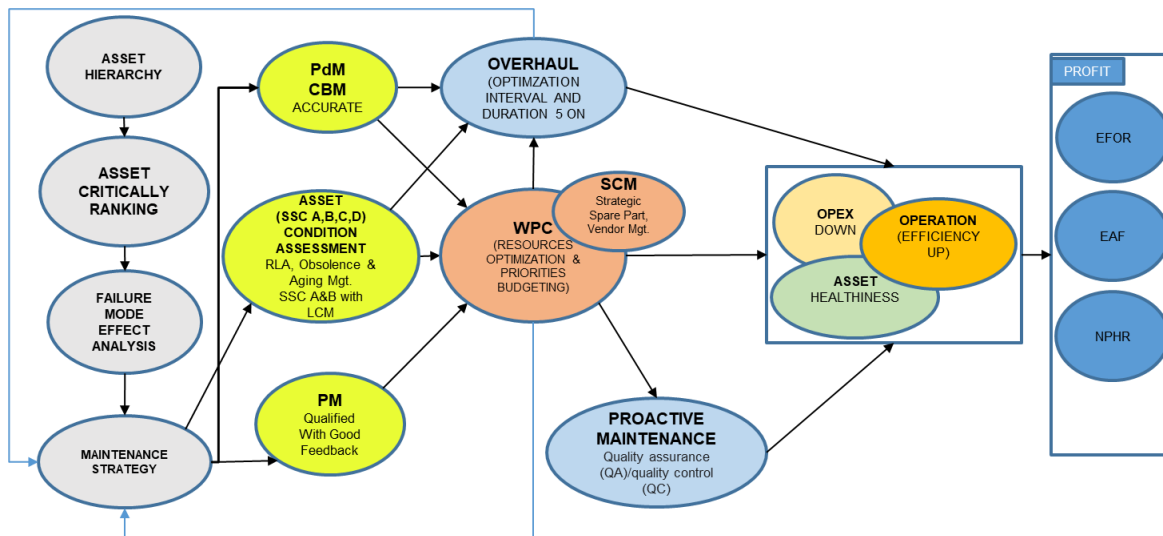
Mengoperasikan 1.4 GW Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) sejak tahun 1993 PT PLN Indonesia Power Semarang PGU (Power Generation Unit) memiliki 2 blok PLTGU dengan tipe pembangkit *peak load* yang mengharuskan sistem beroperasi dengan waktu yang cepat. Hal ini dikarenakan pembangkit *peak load* sering dioperasikan *start-stop* pada saat jam beban puncak.[1] *Aging* dan *obsolescence* merupakan 2 faktor yang menjadi tantangan bagi pembangkit yang telah beroperasi selama 30 tahun untuk tetap berproduksi secara handal dan efisien. Perbaikan *management overhaul* dapat meningkatkan *availability* beberapa minggu pertahun yang berarti peningkatan pendapatan. [2] *Outage* menyerap anggaran terbesar dari anggaran tahunan sehingga sebuah tantangan untuk menurunkan biayanya dari 30% hingga 50%. Selain itu, membesarnya lingkup kerja *overhaul* merupakan dampak pengelolaan aset yang kurang baik. Hal tersebut terjadi karena risiko dalam perencanaan *overhaul* tidak diperhitungkan secara akurat dan matang.[3] Kondisi pengimplimentasian manajemen aset di pembangkit Semarang PGU belum terintegrasi dengan baik antarpilar yang dampaknya WPC menghasilkan WO-WO yang belum mempertimbangkan kesediaan material yang dibutuhkan, *schedule* yang belum tepat waktu, prioritas pemeliharaan aset yang belum baik, tindak lanjut terkait *asset wellness* yang belum tepat, dll. SCM menghasilkan stok-stok material *consumable* yang menumpuk di gudang, WO WMATL karena belum adanya pengadaan komponen, pengadaan-pengadaan komponen yang tidak melihat planning selama 1 tahun berjalan, dll. *Reliability* yang output datanya belum terintegrasi sehingga *update* kondisi aset membutuhkan kerja lebih dan waktu yang tidak singkat, update kondisi yang tidak terpantau, tindak lanjut perbaikan *asset wellness* yang kurang tepat, dll. Hasil evaluasi *feedback* yang dilakukan menunjukkan terdapat 45.47% *backlog* WO WMATL (dari keseluruhan *backlog* WO) di tahun 2018, 57.35% di 2019, dan 78.47% di tahun 2020. Jika kondisi ini terus dipertahankan, maka kemungkinan *backlog* WO akan terus terjadi dan akan memperburuk kondisi aset.

Oleh karena itu diperlukan sebuah inovasi pada sistem manajemen aset yang dapat menurunkan biaya operasional dan dapat menghasilkan program *outage* yang lebih singkat dan aman. Program strategis disusun oleh PT PLN Indonesia Power Semarang PGU secara sistematis dengan memanfaatkan sumberdaya yang dimiliki seoptimal mungkin melalui 3 strategi utama antara lain, Penajaman *Reliability Management*, Kualitas *Maintenance Strategy* dan *Ensuring Faster and Safer Outages*. [4] Selain itu perlu ada integrasi data antara dua *database* yang berbeda ini sehingga WPC dapat terintegrasi dengan SCM dan jalinan ini akan mendukung pilar *reliability*. Sehingga pada tahun 2021 kami melakukan inovasi *End to End Asset Healthiness monitoring dashboard* sebagai bentuk implementasi *breakthrough* transformasi PT PLN dimana tujuannya adalah mengupayakan penyehatan aset dengan menajamkan integrasi pilar *Reliability*, *Supply Chain Management* dan *Work Plan and Control*. [5]

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Strategi Efisiensi Pemeliharaan dan Operasi

Dalam praktik *Operation & Maintenance Excellence*, PT PLN Indonesia Power Semarang PGU mengimplementasikan tata Kelola manajemen aset yang berdasarkan ISO 55001:2014 untuk memastikan proses bisnis pengelolaan asetnya berjalan secara efektif dan efisien.[6] PT PLN Indonesia Power Semarang PGU berhasil memperoleh nilai *level assessment maturity level* sebesar 3.96. PT PLN Indonesia Power Semarang PGU memiliki 3 strategi utama yang saling berkesinambungan. Pertama ialah Penajaman *Reliability Management*. Kedua ialah Kualitas *Maintenance Strategy*. Ketiga ialah *ensuring faster and safer outages*. Berikut framework dari strategi utama tersebut,



Gambar 1. Framework Strategy Utama

Proses perencanaan dimulai dengan mengidentifikasi awal semua peralatan *critical* yang mengalami kondisi tidak sehat, peralatan *critical* yang memiliki potensi akan terjadi breakdown dan semua peralatan *critical* tersebut hanya bisa dilakukan *maintenance* apabila unit *shutdown*. Dapat dilihat dari Gambar 1. proses identifikasi tersebut didasarkan pada *asset hierarchy*, *ACR* (*Asset Critical Ranking*) dan kemudian dibuatlah *FMEA* (*Failure Mode Effect Analysis*) untuk mengidentifikasi kemungkinan kegagalan yang terjadi pada suatu aset. Berangkat dari *FMEA* terbentuk *maintenance strategy*. *Maintenance Strategy* disusun untuk menentukan *resource man power* dan *material, budgeting* untuk penyelesaian pekerjaan, dan durasi pekerjaan. Setelah teridentifikasi planner dapat menentukan waktu yang tepat apakah akan memanfaatkan waktu *outage* atau ketika unit *reverse shutdown* karena belum diperlukan sistem. Penerapan *strategy* tersebut dapat menurunkan *OPEX*, meningkatkan *Effisiensi* dan *Asset Healthiness* dimana ketiga hal itu berdampak pada profit dan keandalan unit.

2.2. Outage Strategy

Outage strategy dijalankan untuk mengatur seluruh pekerjaan *overhaul* agar dapat berjalan secara 5 ON (*On Scope, On Time, On Budget, On Quality, dan On Target*). Dengan manajemen *outage* diharapkan penyelesaian *outage* unit (khususnya *Overhaul*) menjadi lebih baik, dengan adanya kriteria sebagai berikut:

1. Problem

Permasalahan/ problem unit yang akan diselesaikan dalam OH sudah diidentifikasi dengan benar dan tujuan yang jelas.

2. Solution

Penentuan penanganan permasalahan dilakukan untuk memperoleh solusi yang tepat sesuai dengan tujuan proyek.

3. Design

Penjadwalan/ scheduling, metode dan cara kerja dibuat secara lengkap dan jelas untuk menangani masalah.

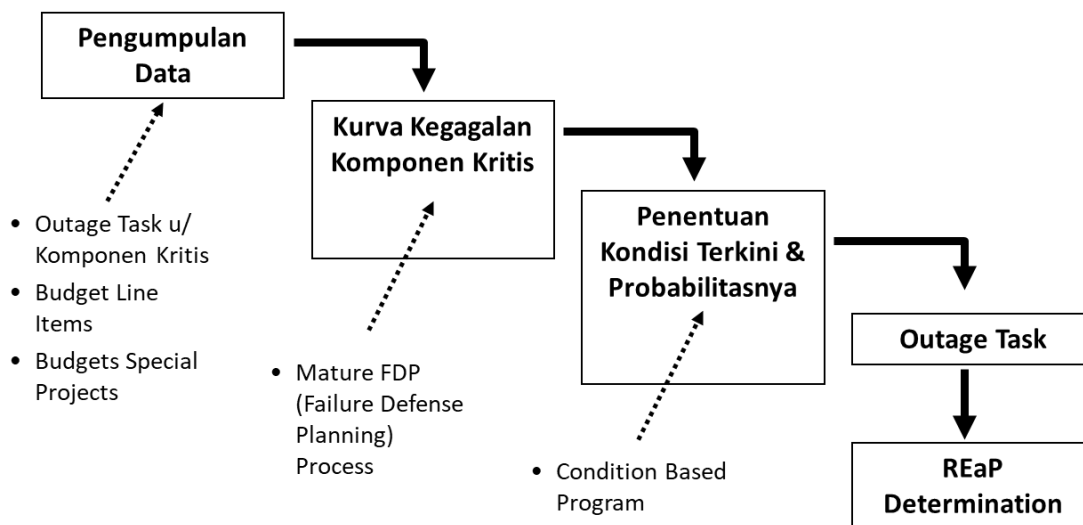
4. Implementation.

Overhaul bekerja sesuai metode dan cara kerja yang baku serta berdasarkan schedule yang telah dibuat dan anggarannya.

Kelengkapan data history (perencanaan, persiapan, pelaksanaan Overhaul dan hasil evaluasi OH) didokumentasikan 100%. Melalui:

- 1) Semua Work Order Overhaul teridentifikasi dengan jelas dan akurat.
- 2) Delivery material paling lambat (satu) minggu sebelum unit shut down (yang diproses oleh Semarang PGU atau Maintenance Service Unit), sedangkan untuk jasa/repair penyelesaiannya sesuai schedule overhaul.
- 3) Laporan hasil overhaul yang lengkap, valid dan informatif serta dipresentasikan ke Semarang PGU paling lambat 2 (dua) minggu setelah online dan diserahkan paling lambat 1 (satu) bulan setelah online.
- 4) Seluruh schedule pelaksanaan overhaul manajemen outage terpenuhi.
- 5) Koordinasi Semarang PGU-MSU (Maintenance Service Unit) terjalin dengan efektif dan optimal

MANAJEMEN RISIKO DALAM OUTAGE, EVALUASI DAN PRIORITISASI RISIKO (REAP= RISK EVALUATION AND PRIORITIZATION)



Gambar 2. Diagram Flow REaP

Analisa Evaluasi dan Prioritisasi Risiko diperlukan untuk memitigasi risiko dengan mengidentifikasi peralatan yang memiliki dampak dan probabilitas kegagalan tertinggi. Menyediakan benefit tambahan dengan dikumpulkannya sejumlah informasi komponen secara rinci. *Reliability Risk Based Management, Reap - Risk Evaluation And Prioritization* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. didasarkan pada risiko dari komponen kritis pembangkit dan kumpulan pekerjaan spesifik untuk mengendalikan risiko,[7] dengan masukan:

1. Outage Task untuk memitigasi risiko dan dampak kegagalan fungsional
2. Probabilitas kegagalan didasarkan pada kondisi peralatan

3. Kemampuan Specific TASK termasuk Outage Tasks dan Multi Year Strategic Capital Projects

Tujuannya adalah memitigasi sebanyak mungkin risiko dengan dana yang tersedia, sehingga dapat menyediakan kebutuhan finansial yang tepat dan jelas untuk menetapkan investasi di pembangkit (sebagai usulan bagi Manajemen Korporat /Direksi).

LINGKUP PEKERJAAN DALAM RISK BASED MANAGEMENT PROGRAM:

1. Kurva risiko keandalan dikembangkan untuk seluruh peralatan kritis – didasarkan dampak (consequence) dan probabilitas kegagalan (MTBF)
2. Risiko diprogramkan sebagai fungsi waktu
3. Risk Leverage adalah jumlah risiko termitigasi untuk tiap biaya perawatan (atau investasi) yang dikeluarkan
4. Meyakinkan bahwa sesuatu pekerjaan dilakukan pada waktu yang tepat

2.3. Integrated Strategic Asset Management (ISAM) dan Digitalisasi

Data feedback menunjukkan bahwa masing-masing pilar belum terintegrasi dengan baik karena database masing-masing pilar yang berbeda. WPC dan reliability memiliki database yang sama sedangkan SCM memiliki databasenya sendiri. Kondisi ini mendukung kenaikan jumlah backlog WO atau WO yang tidak dapat diclose karena beberapa hal khususnya WMATL.

Tabel 1. Data WO Backlog 2018-2020

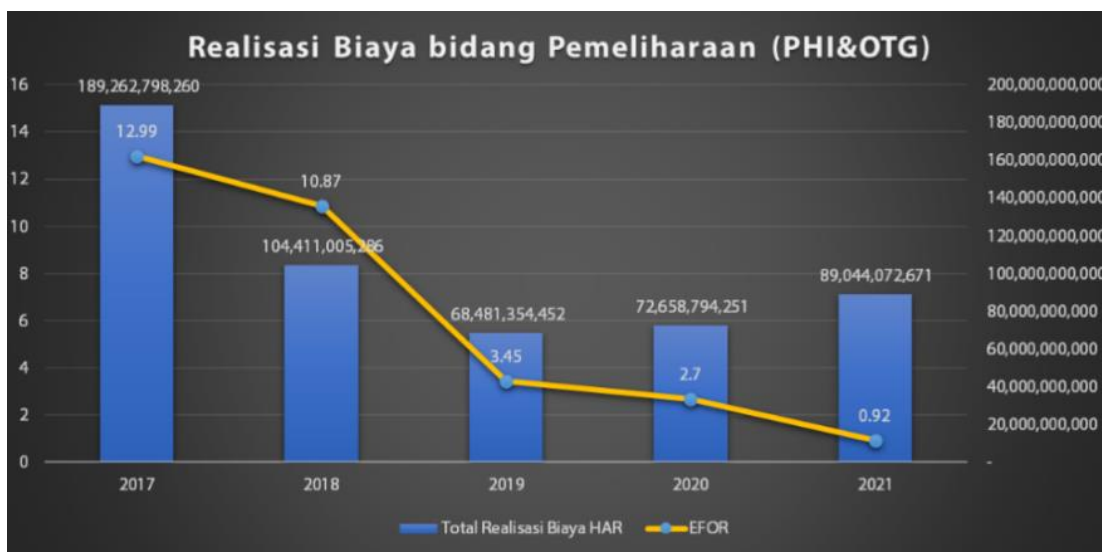
Year	WO WMATL	WO WPCON	Backlog WO	Total WO
2018	291	349	640	3,400
2019	593	441	1,034	4,894
2020	645	177	822	4,038

Berdasarkan Tabel 1, terdapat 45.47% backlog WO WMATL (dari keseluruhan backlog WO) di tahun 2018, 57.35% di 2019, dan 78.47% di tahun 2020. Jika kondisi ini terus dipertahankan, maka kemungkinan backlog WO akan terus terjadi dan akan memperburuk kondisi aset. Aset wellness akan terjaga pada penurunan kondisinya saat ini atau bahkan lebih parah karena tindak lanjut dari penurunan aset tersebut tidak juga dapat dilakukan. Utilisasi teknologi digital dilakukan untuk mengintegrasikan data antara dua database yang berbeda dan sekaligus sebagai perwujudan 2 breakthrough yaitu digital power plant dan procurement.

Pada tahun 2021 kami melakukan inovasi End to End Asset Healthiness monitoring dashboard yang bertujuan sebagai upaya penyehatan aset dengan menajamkan integrasi pilar Reliability, Supply Chain Management dan Work Plan and Control. Feedback dari masing-masing PIC pilar manajemen aset dikumpulkan untuk mengetahui permasalahan-permasalahan pilar aset manajemen dan integrasi datanya. Pentingnya data feedback work order dapat digunakan dasar pertimbangan improvement engineering ke depan.[8] Kajian risiko pun dilaksanakan sebelum memunculkan inovasi di proses bisnis ini. Sebagai perwujudan breakthrough PT Indonesia Power yaitu utilisasi teknologi digital pada pembangkit, kami memiliki risiko tata kelola manajemen aset yang belum optimal. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya integrasi data antar dua database yang berbeda dan hal ini akan berdampak tidak hanya pada keandalan aset pembangkit tetapi juga reputasi perusahaan di mata pelanggan. Risiko ini termasuk kategori ekstrem melihat dari kemungkinan dan dampaknya sehingga perlu diprioritaskan.

Sebelum implementasi inovasi, kontrol eksisting yang dilakukan adalah meeting aset wellness dan SCM secara rutin. Menangkap input dari setiap PIC pilar manajemen aset yang tidak terupdate atau ditampilkan pada sistem. Solusi yang kami berikan dengan membuat sebuah dashboard yang menampilkan proses dari hulu ke hilir suatu aset secara realtime, telah melalui kajian risiko juga. Risiko-risiko seperti ketidakakuratan data, kendala input data, keamana data, dll. teridentifikasi dan kami buat mitigasi risikonya. Hal ini kami lakukan untuk memastikan keefektifan proses bisnis dan hasil yang sesuai dengan harapan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

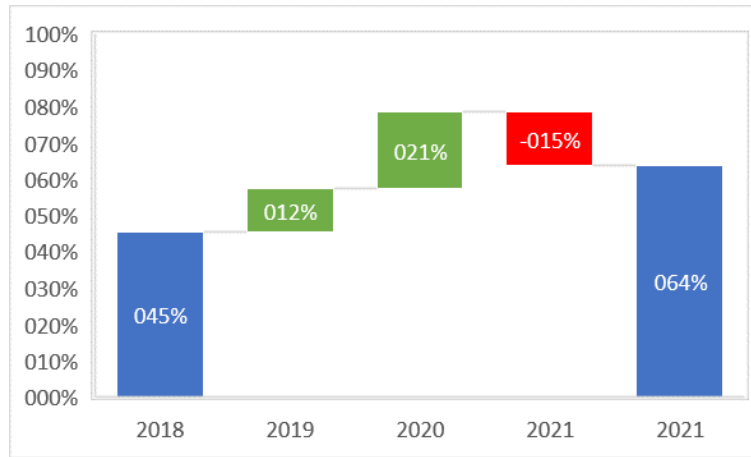


Gambar 3. Realisasi Biaya Bidang Pemeliharaan dengan EFOR

Berdasarkan Gambar 3. dapat diinformasikan dalam kurun waktu 2017 hingga 2021 terjadi penurunan EFOR dari 12.99 menjadi 0.92. Dengan menerapkan framework strategy utama terjadi penurunan biaya pemeliharaan yang cukup tajam dari tahun 2017 hingga 2019 dari Rp 189,262,798,260 menjadi Rp 68,481,354,452 dan setelah itu tidak terjadi fluktuasi biaya pemeliharaan yang tinggi. Selain itu implementasi end-to-end asset healthiness juga berdampak pada penurunan backlog WO sebesar 14.65% dari tahun 2020 (lihat Gambar 4) sehingga dapat disimpulkan secara sederhana bahwa proses bisnis untuk ketiga pilar sudah lebih baik.

Tabel 2. Data WO Backlog 2018-2021

Year	WO WMATL	WO WPCON	Backlog WO	Total WO
2018	291	349	640	3,400
2019	593	441	1,034	4,894
2020	645	177	822	4,038
2021	508	288	796	3,651



Gambar 4. Waterfall graph mengindikasikan perbedaan WO backlog

Berikut merupakan data kesuksesan pemeliharaan overhaul dengan mengimplementasikan framework outage REAP = RISK EVALUATION AND PRIORITIZATION



LAPORAN HASIL PERFORMANCE TEST

GTG 1.3 Before After OH CI PLUS

Tanggal : 18 Agustus s/d 12 September 2021

PERFORMANCE TEST GTG 1.3 After OH CI Plus

*Standart perhitungan sesuai PLN LITBANG (ASME PTC 2.2 ; ASME PTC 4.4 ; ASME PTC 6.2)

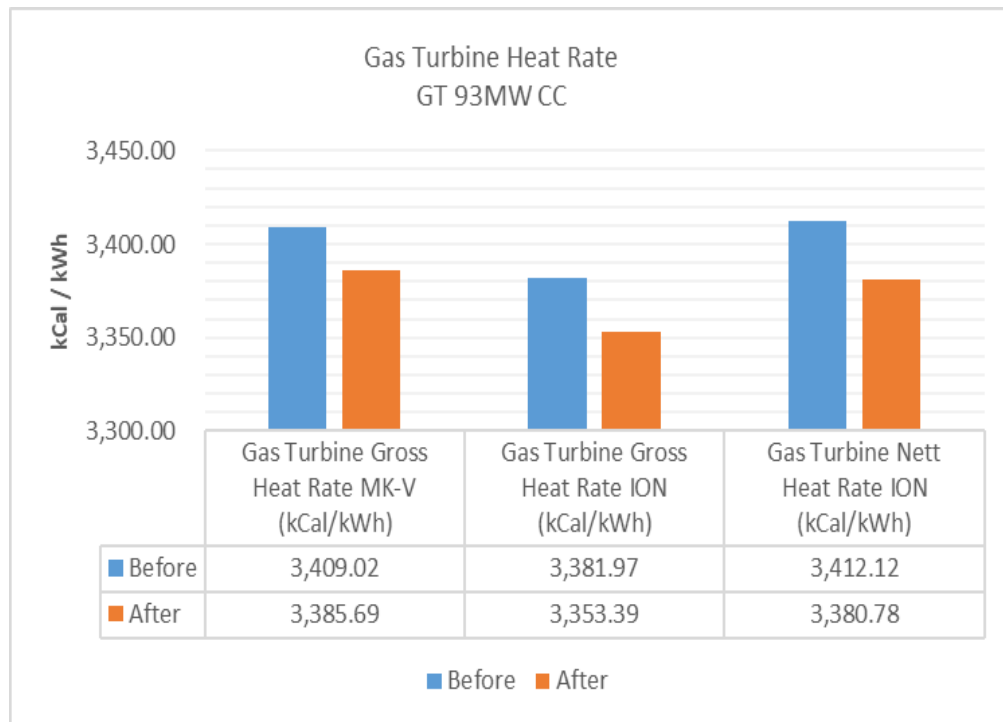


UNIT : Blok-1
 BAHAN BAKAR : GAS
 TANGGAL : 12, 14 September 2021
 JAM : 17:00 - 20 00
 HAL : Performance Test GTG 1.3 After OH CI Plus
 Beban : 30MW OC, 50MW OC, 75MW CC, 93MW CC

Tabel 3. Data Hasil Performance Test

Performance	Sebelum CI Plus*	Sesudah CI Plus*	Kesimpulan**
Load Test	93.63	93.75	0.13 %
Gas Turbine Gross Heat Rate	3,381.97	3,353.39	0.85 % lebih baik
Gas Turbine Nett Heat Rate	3,414.12	3,380.78	0.98 % lebih baik
GT Efficiency	25.43	25.65	5.42 % lebih baik

* = perbandingan Test Performance sebelum dan sesudah CI Plus GT 1.3



Gambar 5. Hasil Perbandingan Performance Test Gas Turbine Heat Rate Sebelum dan Sesudah CI Plus GT 1.3

Tabel 4. Hasil Performance Test pada CI

Sasaran	Expectasi OH	Expectasi after inspection	Realisasi after inspection	Kesimpulan*
a Durasi Percepatan Pelakasnaan Pekerjaan	Tidak ada PE	30	26,85	10.03 % lebih baik
b Penyelesaian Pekerjaan Inspection	100%	100%	100%	- sesuai
c Peningkatan Effisiensi	Meningkat	25.43	25.65	0.87 % lebih baik
d Peningkatan Daya Mampu	DMN	93,63	93,75	0.13 % lebih baik
e K3	Zerro Accident	0 kali	0	- sesuai
f Lingkungan	Zerro Complain	0	0	- sesuai
g Komplain Pelanggan	Zerro Complain	0	0	- sesuai
h Penyerapan Anggaran	95%	6,864,961,274	6,783,518,919	96.95 % Lebih baik

* = perbandingan expectasi sebelum dan sesudah CI PLUS GT 1.3

EVALUASI PEKERJAAN CI PLUS GT 1.3 tahun 2021

Evaluasi Jadwal dan Waktu Pelaksanaan.

Durasi OH CI GTG 1.3 sesuai dengan SK 238 adalah selama 5 - 7 hari kalender. Durasi OH CI PLUS GTG 1.3 di tetapkan selama 30 hari kalender dengan adanya pekerjaan tambahan pada penggantian Firs Stage Nozzle (S1N) yang memerlukan total waktu pekerjaan selama 30 hari. Penyelesaian Pekerjaan Scope Gas Turbine termasuk dengan pekerjaan scope tambah adalah di hari ke 26, unit dinyatakan siap. Berikut rincian proyek OH CI PLUS GTG 1.3 :

1. Combustion Inspection Plus (CI Plus) GTG 1.3 direncanakan tanggal 18 Agustus s.d. 16 September 2021 selama 30 hari kalender.
2. Pekerjaan Scope Standart dan pekerjaan tambah penggantian First Stage Nozzle (S1N) dengan rincian; 7 hari untuk lingkup Standart CI & 23 hari untuk lingkup Pekerjaan tambah.
3. Realisasi Pekerjaan All Scope OH CI plus selesai pada hari ke 26 dan dinyatakan siap komersial pada 12 September 2021 jam 20:25 WIB.
4. Dilakukan penggantian part-part Utama gas turbine, diantaranya:

Tabel 5. Main Part

NO	Main Part	QTY	Remark
1	Transition Piece (TP)	14 pcs	Repair OEM
2	Combustion LInner (CL)	14 pcs	Repair OEM
3	Fisrt Stage Nozzle (S1N)	1 set	Repair OEM

5. Dari hasil Performance Test After OH CI Plus pencapaian pada beban GT: 93MW CC Gross Heat Rate Gas Turbin unit 1.3 Before OH: 3,381.97 kCal/kWh After OH: 3,353.39 kCal/kWh, mengalami penurunan: 28.58 kCal/kWh

Setelah implementasi inovasi ini, monitoring pengelolaan tindak lanjut Aset terutama yang berstatus merah dan kuning menjadi lebih komunikatif dan lebih mudah dipahami. Dengan menjaga keakuratan data dashboard monitoring ini, pertukaran informasi menjadi lebih valid dan sesuai dengan breakthrough PT PLN dan budaya PT Indonesia Power dalam menyediakan data terpercaya. End to end asset Healthiness monitoring dashboard memudahkan leader dalam mengambil keputusan dengan cepat dan akurat. Mengeliminasi gap data yang terjadi antara database WPC dan Reliability, dan database SCM terkait pengelolaan penyehatan aset. Transaksi, monitoring dan tracking program penyehatan lebih mudah, akurat dan terpercaya sesuai dengan breakthrough PT PLN sebagai induk perusahaan dan budaya PT Indonesia Power dalam menyediakan data terpercaya. Implementasi end to end dashboard ini memudahkan proses identifikasi unit dalam melakukan penajaman program penyehatan aset. Berkontribusi dalam penurunan 14.65% backlog WO WMATL dari tahun 2020 ke 2021.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

PT PLN Indonesia Power Semarang PGU berupaya menerapkan pengelolaan aset yang efektif untuk mendorong proses bisnis yang berkelanjutan, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya pemeliharaan dan pengoperasian. Inisiatif yang diterapkan mencakup praktik operasional dan pemeliharaan serta peningkatan efisiensi melalui bisnis proses manajemen aset yang efektif. Yang kedua adalah implementasi *maintenance strategy* sesuai *reliability basis*. Ketiga, menerapkan kerangka manajemen risiko untuk kegiatan pemeliharaan *outage* dengan penilaian, dan

penentuan prioritas risiko untuk memastikan *outage* lebih cepat dan aman (REaP = penilaian dan penentuan prioritas risiko). Semarang PGU tidak hanya mengoptimalkan strategi pengelolaan aset, namun juga mengembangkan inovasi penerapan *Integrated Strategic Asset Management (ISAM)* dan digitalisasi untuk merespons secara fleksibel kecepatan perubahan di era digital.[9] Pada akhirnya, melalui strategi dan inovasi, Semarang PGU mampu mencapai EFOR 0.51% pada tahun 2022, sesuatu yang menjadi capaian elite untuk pembangkit kinerja world class karena mampu mempertahankan keandalan dan efisiensi pembangkit dengan usia >25 tahun.[10]

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direksi PT PLN Indonesia Power dan Senior Manager Semarang PGU yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Syafii and K. Ika Putri, "Analisa Operasi Ekonomis Pembangkit Termal untuk Melayani Beban Puncak Sistem Kelistrikan Sumbar," *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 7, no. 1, p. 1, Mar. 2018, doi: 10.25077/jnte.v7n1.458.2018.
- [2] PT PLN Indonesia Power, "SK 107 2010 PROSES BISNIS MANAJEMEN ASET PEMBANGKIT IP."
- [3] A. Crespo, M. Dragan, K. Joe, and A.-E. Editors, "Lecture Notes in Mechanical Engineering 14th WCEAM Proceedings." [Online]. Available: <http://www.springer.com/series/11693>
- [4] S. M Ahsin, *Powerful Asset Management*. Jakarta: PT PLN Indonesia Power, 2020.
- [5] PT PLN (Persero), *Program penguatan budaya AKHLAK PLN Group IDEA LIGHT UP FOR IP GREAT Buku Saku AKHLAK dan Program PLN123*. Jakarta: PT PLN Persero, 2021.
- [6] GFMAM, *The Maintenance Framework Second Edition The Global Forum on Maintenance and Asset Management*. 2021. [Online]. Available: www.gfmam.org.
- [7] W. Wang, X. Liu, Y. Qin, and Y. Fu, "A risk evaluation and prioritization method for FMEA with prospect theory and Choquet integral," *Saf Sci*, vol. 110, pp. 152–163, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.ssci.2018.08.009.
- [8] M. J.S, *Physical Asset Management Handbook 4th Edition*, ISBN 0-9717945-4-5. New York, 2006.
- [9] Australian Asset Management Collaborative Group., *Guide to integrated strategic asset management*. AAMCoG, 2011.
- [10] P. Richard, "Maintenance Planning and Scheduling Handbook, 2nd Edition (McGraw-Hill Handbooks)."
- [11] Wireman, T. (2005). Developing Performance Indicators for Managing Maintenance. *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*, 1–36.
- [12] Velmurugan, R.S. and Tarun Dhingra (2014). Maintenance strategy selection and its impact in maintenance function A conceptual framework. India: University of Petroleum & Energy Studies.
- [13] Márquez, A. C., De León, P. M., Fernández, J. F. G., Márquez, C. P., & Campos, M. L. (2009). The maintenance management framework: A practical view to maintenance management.
- [14] *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 15(2), 167–178. <https://doi.org/10.1108/13552510910961110>

- [15] Murthy, D. N. P., Atrens, A., & Eccleston, J. A. (2002). Strategic maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(4), 287–305. <https://doi.org/10.1108/13552510210448504>
- [16] Program penguatan budaya AKHLAK PLN Group IDEA LIGHT UP FOR IP GREAT Buku Saku AKHLAK dan Program PLN123