



## PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM

### KAJIAN ENGINEERING

PENURUNAN DAYA MAMPU BLOK 1-STEAM TURBINE 1.4 MUARA TAWAR

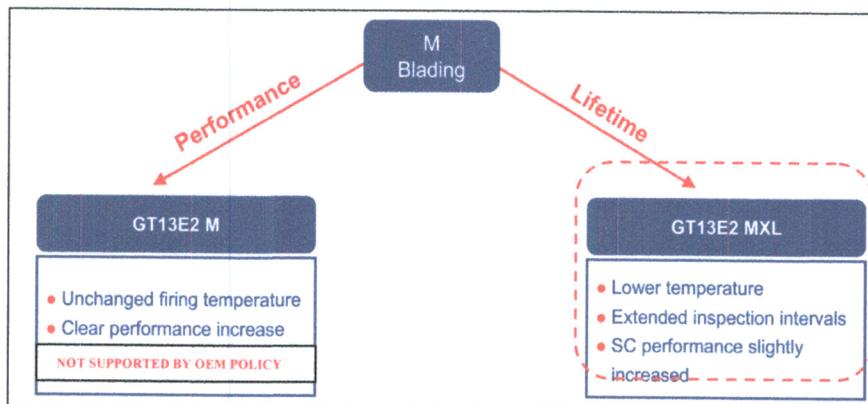
PT PEMBANGKITAN JAWA BALI

*Produsen Listrik Terpercaya Kini dan Mendatang*

## 1. LATAR BELAKANG

Secara periodik Blok 1 Muaratawar (3-3-1) telah melakukan *inspection* tipe A, B, C mengikuti prosedur *maintenance* dari vendor OEM berdasarkan EOH (*Equivalent Operating Hours*) mesin. Sebelum melakukan *inspection* terutama tipe C, perlu menyiapkan material HGPP (*Hot Gas Path Part*) terlebih dahulu agar *schedule outage* bisa terjaga dengan baik. Namun pada saat proses perencanaan material untuk *inspection* tipe C terakhir tahun 2016, material HGPP (*Hot Gas Path Part*) *existing* tidak tersedia dipasaran (*obsolete*). Hal ini sesuai dengan pemberitahuan dari vendor OEM Alstom nomor 002/MUTA/DJS-adj/II/2014/ZM tanggal 28 Februari 2014 (lampiran 1).

Merujuk surat diatas serta referensi dari laporan *Assesment of Non-OEM Vendor and Workshops for New and Repair Gas Turbine Hot Gas Path Parts* nomor 170.PJ/061/IP/2011 yang diterbitkan oleh PT Indonesia Power bahwa material HGPP *existing* versi XL, baik vendor OEM sudah tidak bisa menyediakan *spare part* (*obsolete*), begitu juga dengan vendor non-OEM yang belum mampu untuk melakukan repair. Mengingat setiap *inspection* tipe C material HGPP yang tercapai EOH-nya harus diganti agar tidak menyebabkan kerusakan *catastrophic* pada peralatan utama maka dengan pertimbangan diatas, *HGPP existing* versi diganti dengan versi MXL.



Gambar 1.1 Skema pemenuhan HGPP OH Type C Blok 1

Penggantian HGPP versi MXL memberikan dampak:

- Menurunkan temperatur TIT (*Turbine Inlet Temperatur*)
- Memperpanjang interval *inspection*
- Meningkatkan sedikit performa *simple cycle (open cycle) gas turbin*

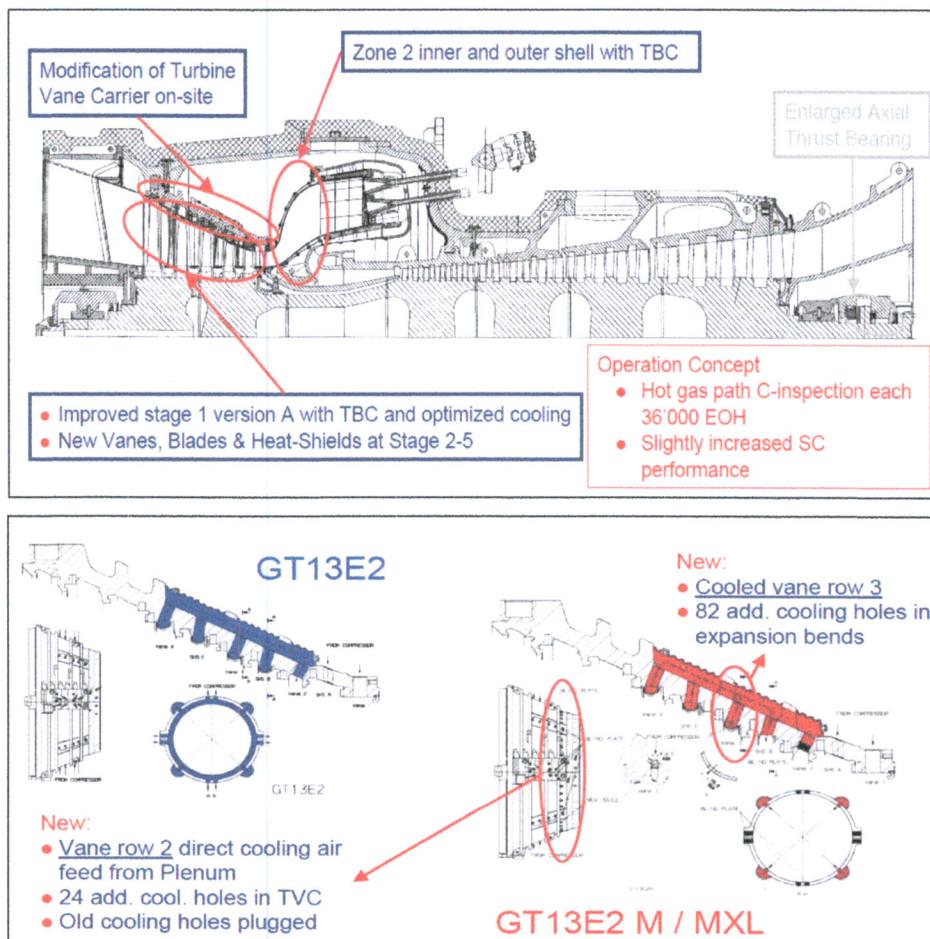
Meskipun penurunan temperatur TIT bisa meningkatkan *performance* Gas Turbin, namun disisi lain memberikan potensi penurunan daya mampu Steam Turbine ST 1.4.

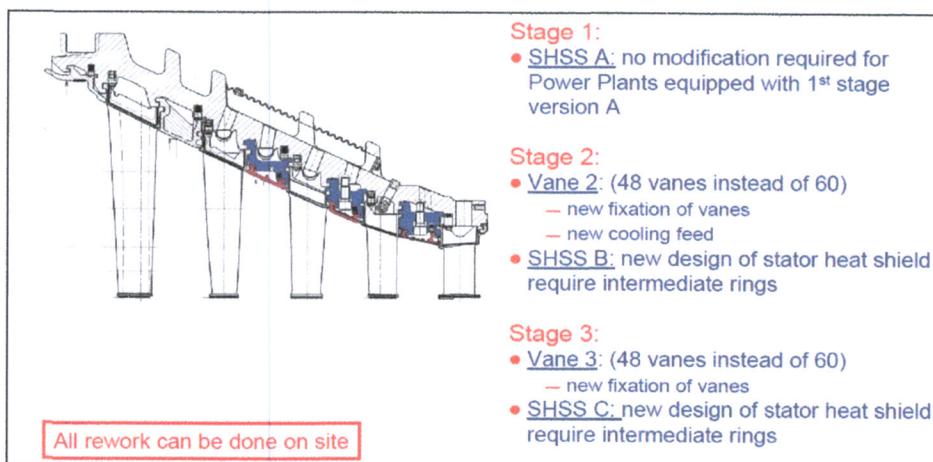
## 2. PERMASALAHAN

Seperti yang dijelaskan diawal bahwa tujuan penggantian material HGPP GT13E2 versi MXL adalah untuk menggantikan material HGPP *existing* yang sudah *obsolete*. Penggantian versi MXL memberikan dampak positif pada sisi Gas Turbine (*simple cycle*) namun disisi lain diketahui memberikan dampak yang kurang baik pada sistem *combined cycle*.

### 2.1. Disain Modifikasi GT13E2 Versi MXL

Penggantian material GT13E2 versi MXL yang sesuai rekomendasi dari vendor OEM adalah hanya pada sisi HGPP (*hot gas path part*) saja, sedangkan *combustion component* tidak dilakukan penggantian karena teknologi *coating* yang terpasang di GT13E2 masih bisa digunakan bersama komponen yang lainnya. Beberapa disain modifikasi pada versi MXL dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.





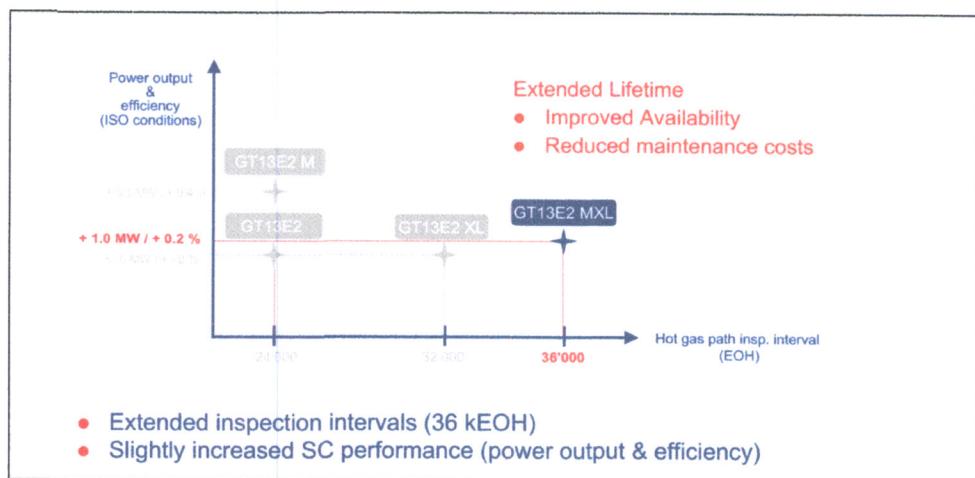
Gambar 2.1 Design modifikasi pada GT13E2 versi MXL

Disain modifikasi GT13E2 versi MXL hanya difokuskan pada penambahan *cooling hole* baik untuk *vane* (sudu tetap) maupun pada TVC (*Turbine Vane Carrier*). Hal tersebut bertujuan untuk memperpanjang *lifetime* dari material HGPP. Modifikasi tersebut diantaranya:

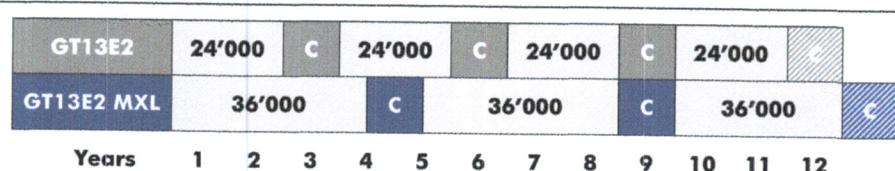
- Penambahan *direct cooling air feed from plenum* pada *vane row 2*
- Penambahan pendinginan pada *vane row 3*
- Penambahan 24 *cooling holes* pada TVC
- Penambahan 82 *cooling holes* pada *expansion bends*

## 2.2. Dampak Penggantian GT13E2 Versi MXL

Penggantian HGPP GT 13E2 versi MXL memberikan *added value* pada Gas Turbine sesuai penjelasan dibawah ini.



M.M



### Save 1 out of 3 C-inspections in a span of 9 years

- GT13E2 MXL with 36'000 EOH C-inspection intervals
- Slightly increased SC performance (ISO / Baseload)
  - + 1.0 MW / + 0.2%

Gambar 2.2 EOH vs Power Output

a. Kelanjutan proses produksi blok 1

Dengan penggantian HGPP versi MXL diharapkan pada inspection tipe C selanjutnya material HGPP sudah tersedia dan unit blok 1 masih bisa berproduksi untuk melayani kebutuhan sistem jaringan.

b. Perpanjangan interval inspeksi tipe C

Penurunan temperature TIT otomatis akan memperpanjang *end of life* material sehingga diperoleh perpanjangan interval dari 6000 EOH menjadi 9000 EOH (*saving* 3000 EOH). Artinya, jika dengan versi *existing* dibutuhkan 3 kali inspeksi tipe C dalam kurun waktu 9 tahun, maka dengan versi MXL hanya dibutuhkan 2 kali inspeksi tipe C (*saving* 1 kali *inspection* tipe C).

c. Peningkatan performa gas turbine sebesar masing-masing  $\pm 1$  MW atau  $\pm 0.2\%$  pada mode SC (*simple cycle/open cycle*).

d. Penurunan temperatur pembakaran (TIT).

Disain penambahan *cooling hole* pada *vane* (sudu tetap) dan *TVC* (*Turbine Vane Carrier*) akan menurunkan seting temperatur TIT (*Gas Turbine Inlet Temperature*) dari 1100 °C ke 1094 °C. Dan hal ini juga diketahui memberikan pengaruh pada penurunan TAT (*Gas Turbine Exhaust Temperature*). Penurunan temperature TAT inilah yang akan memberikan dampak berkurangnya energi panas yang diserap oleh HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*).

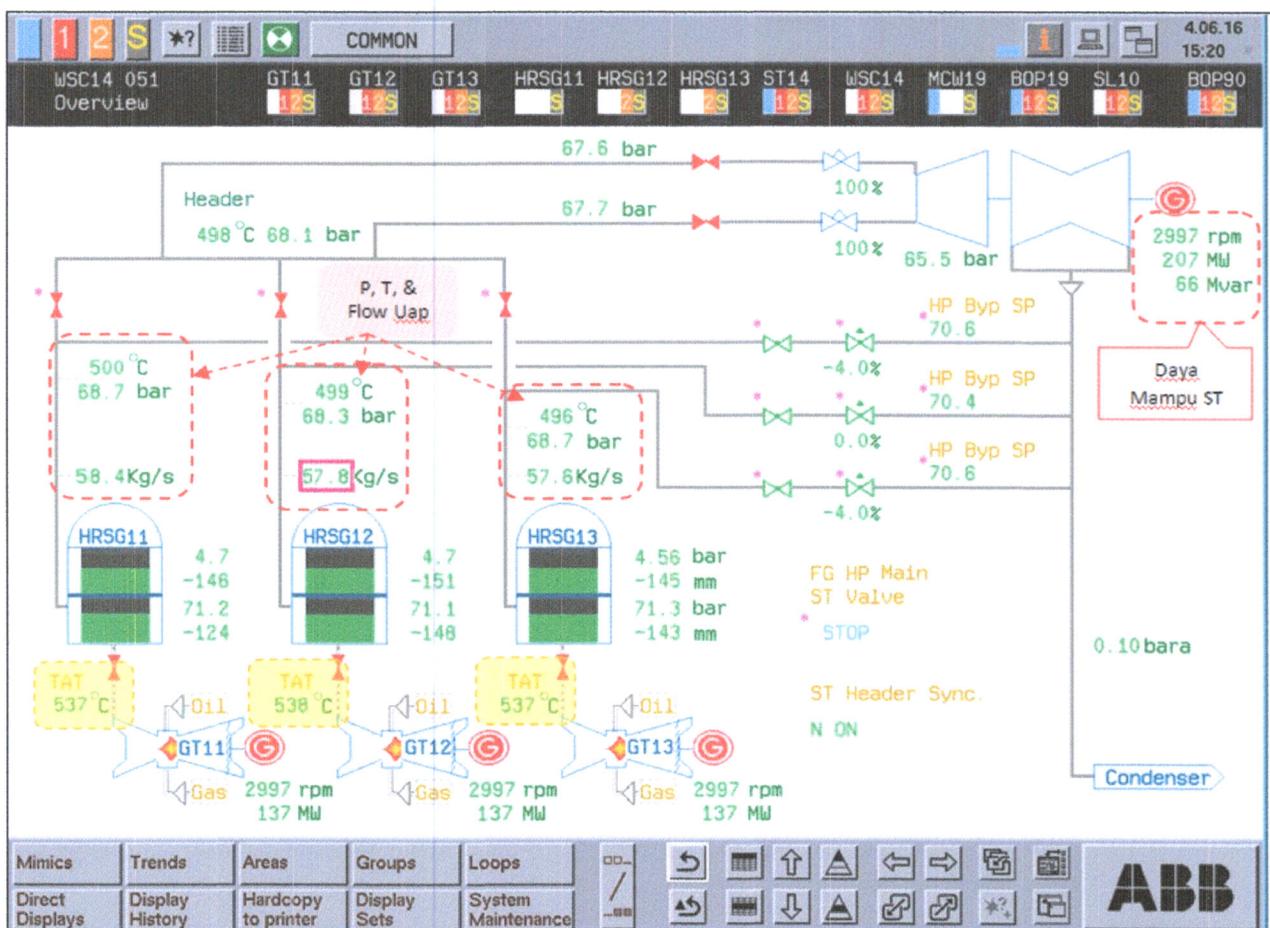
### 3. ANALISIS PERMASALAHAN

Modifikasi sistim pendinginan gas turbine GT13E2 versi MXL akan menaikan performa & *design of life* material HGPP dengan menurunkan temperatur TIT, namun diketahui berdampak juga pada penurunan nilai TAT. Dengan turunnya nilai TAT (*Temperatur After Turbine/ Exhaust Temperature*), sebelum penggantian rata –

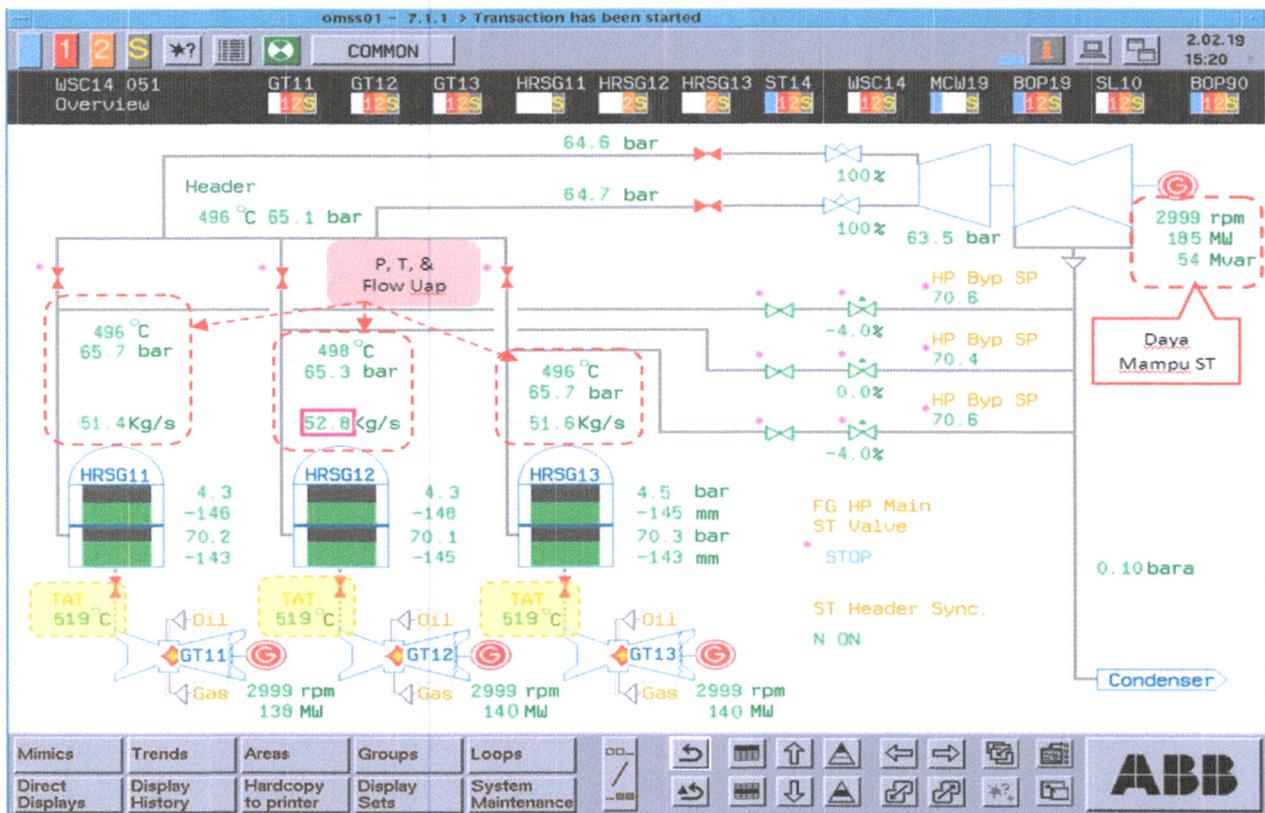
rata sebesar  $537^{\circ}\text{C}$  turun menjadi  $519^{\circ}\text{C}$  (versi MXL),  $18^{\circ}\text{C}$  lebih dingin. Bagaimana pengaruhnya terhadap *combined cycle* akan dijelaskan dibawah ini.

### 3.1. Penurunan Energi Input HRSG Blok 1

Penurunan nilai TAT ini mengakibatkan penurunan flow steam, temperatur steam dan tekanan steam karena penurunan suplai energi panas dari gas buang gas turbin ke HRSG blok 1 , yang akan digunakan sebagai energi input pada sistem di HRSG.



(a)



(b)

Gambar 3.1 (a) Tampilan POS sebelum penggantian MXL (b) Tampilan POS setelah penggantian MXL

Besarnya penurunan suplai energi panas sebagai dampak penurunan nilai TAT terhadap energi *live steam* (*High Pressure Steam* dan *Low Pressure Steam*) dihitung berdasarkan data *performance test* yang dilakukan sebelum dan sesudah penggantian GT13E2 versi MXL. Hasil analisis penurunan laju energi *steam* dapat dilihat pada Tabel 3.1, 3.2 dan 3.3 di bawah.

Tabel 3.1 Perhitungan Laju Energi HP (*High Pressure*) Steam

| PARAMETER                     | SATUAN | BEFORE    | AFTER     |
|-------------------------------|--------|-----------|-----------|
| HP Steam Temperature HRSG 1.1 | Deg C  | 495.06    | 482.84    |
| HP Steam Pressure HRSG 1.1    | bar    | 76.02     | 66.58     |
| HP Steam Flow HRSG 1.1        | kg/s   | 57.86     | 50.59     |
| HP Steam Enthalphy HRSG 1.1   | KJ/kg  | 3391.97   | 3373.76   |
| HP Steam Energy HRSG 1.1      | KJ/s   | 196273.04 | 170678.65 |
| HP Steam Temperature HRSG 1.2 | Deg C  | 496.70    | 492.36    |
| HP Steam Pressure HRSG 1.2    | bar    | 74.95     | 66.42     |
| HP Steam Flow HRSG 1.2        | kg/s   | 57.92     | 51.95     |
| HP Steam Enthalphy HRSG 1.2   | KJ/kg  | 3397.29   | 3397.02   |

| PARAMETER                     | SATUAN | BEFORE    | AFTER     |
|-------------------------------|--------|-----------|-----------|
| HP Steam Energy HRSG 1.2      | KJ/s   | 196764.31 | 176475.39 |
| HP Steam Temperature HRSG 1.3 | Deg C  | 492.26    | 488.47    |
| HP Steam Pressure HRSG 1.3    | bar    | 74.65     | 65.82     |
| HP Steam Flow HRSG 1.3        | kg/s   | 57.41     | 50.00     |
| HP Steam Enthalphy HRSG 1.3   | KJ/kg  | 3386.75   | 3388.35   |
| HP Steam Energy HRSG 1.3      | KJ/s   | 194447.15 | 169417.59 |

Dari Tabel 3.1 diatas dapat dilihat bahwa pada semua HP HRSG mengalami penurunan *Steam Energy* sebagai dampak dari penurunan TAT Gas Turbine.

Tabel 3.2 Perhitungan Laju Energi LP (*Low Pressure*) Steam

| PARAMETER                     | SATUAN | BEFORE   | AFTER    |
|-------------------------------|--------|----------|----------|
| LP Steam Temperature HRSG 1.1 | Deg C  | 180.16   | 162.33   |
| LP Steam Pressure HRSG 1.1    | bar    | 5.18     | 4.33     |
| LP Steam Flow HRSG 1.1        | kg/s   | 25.70    | 24.47    |
| LP Steam Enthalphy HRSG 1.1   | KJ/kg  | 2811.68  | 2777.87  |
| LP Steam Energy HRSG 1.1      | KJ/s   | 72271.42 | 67974.58 |
| LP Steam Temperature HRSG 1.2 | Deg C  | 176.11   | 154.46   |
| LP Steam Pressure HRSG 1.2    | bar    | 4.75     | 4.36     |
| LP Steam Flow HRSG 1.2        | kg/s   | 24.93    | 24.90    |
| LP Steam Enthalphy HRSG 1.2   | KJ/kg  | 2805.49  | 2759.88  |
| LP Steam Energy HRSG 1.2      | KJ/s   | 69952.01 | 68720.96 |
| LP Steam Temperature HRSG 1.3 | Deg C  | 175.56   | 161.97   |
| LP Steam Pressure HRSG 1.3    | bar    | 5.15     | 4.30     |
| LP Steam Flow HRSG 1.3        | kg/s   | 26.45    | 23.77    |
| LP Steam Enthalphy HRSG 1.3   | KJ/kg  | 2801.63  | 2771.21  |
| LP Steam Energy HRSG 1.3      | KJ/s   | 74091.92 | 65871.59 |

Dari Tabel 3.2 diatas juga dapat dilihat bahwa terjadi penurunan *Steam Energy* pada semua LP HRSG. Berdasarkan Tabel 3.1 dan 3.2, maka dapat dihitung penurunan total energi panas yang diproduksi oleh HRSG :

Tabel 3.3 Penurunan Total Energi panas yang diproduksi oleh HP &amp; LP HRSG

| TOTAL PENURUNAN ENERGI YANG DIPRODUKSI HRSG |                 |             |
|---|-----------------|-------------|
| Penurunan Energi HRSG 1.1                   | 29891.23        | kJ/s        |
| Penurunan Energi HRSG 1.2                   | 21519.97        | kJ/s        |
| Penurunan Energi HRSG 1.3                   | 33249.89        | kJ/s        |
| <b>TOTAL PENURUNAN ENERGI</b>               | <b>84661.09</b> | <b>kJ/s</b> |

Berdasarkan Tabel 3.3 diatas penurunan temperatur TAT (*Temperature After Turbine*) menyebabkan penurunan total energi panas yang diproduksi oleh HRSG blok 1 sebesar 84661,09 kJ/s.

### 3.2. Penurunan Daya Mampu Steam Turbin 1.4 Blok 1

Dari analisis penurunan total energi panas 84661,09 kJ/s yang diproduksi oleh HRSG blok 1 akan mempengaruhi *performance combined cycle* dalam hal ini steam turbin 1.4 sebagai berikut:

Nilai efisiensi steam turbin berdasarkan hasil *performance test* adalah 27.9%.

Sehingga dari analisis *heat balance*, potensi penurunan daya mampu steam turbin akibat penurunan TAT:

$$\begin{aligned}
 \text{Penurunan daya mampu ST} &= \text{penurunan energi input} \times \text{efisiensi ST} \\
 &= 84661,09 \text{ kJ/s} \times 27.9\% \\
 &= 23620 \text{ kJ/s atau setara } 23.62 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan nilai TAT Gas Turbine berpotensi mengakibatkan penurunan daya mampu ST 14 sebesar 23.62 MW.

Berdasarkan data operasi dilapangan yang ter-capture dari POS (*Plant Operating System*) seperti pada Gambar 3.1 diatas, terjadi penurunan daya mampu *steam turbine* 1.4 sebesar 22 MW, sehingga hasil perhitungan penurunan daya mampu ST 1.4 secara analisis *heat balance* sudah mendekati realitas di lapangan.

### 3.3. Daya Mampu Gas Turbine Blok 1

Sesuai dengan penjelasan dari disain versi MXL bahwa *performance* gas turbin naik 1 MW (+0,2%) ketika mode SC (*Simple Cycle*) atau *open cycle*, seperti terlihat pada Gambar 2.2 di atas. Berdasarkan data *performance test* sebelum penggantian didapatkan bahwa *power output* dari gas turbin mengalami sedikit kenaikan dibanding *power output* pada kondisi sebelum penggantian. Data kenaikan *power output* gas turbin dapat dilihat pada tabel 3.4.

|                            |  |  |
|----------------------------|--|--|
| <b>PJB</b><br><b>UPMTW</b> | PT PEMBANGKITAN JAWA BALI UP MUARA TAWAR<br>PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM<br>FORMULIR<br>KAJIAN ENGINEERING |  |
|----------------------------|--|--|

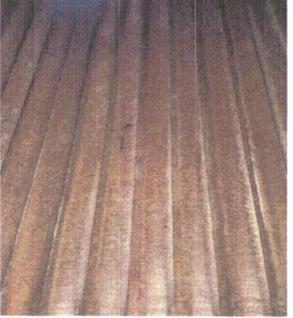
Tabel 3.4 Power Output Gas Turbine

| PARAMETER    | SATUAN | BEFORE | AFTER  |
|--------------|--------|--------|--------|
| Beban GT 1.1 | MW     | 137.30 | 138.43 |
| Beban GT 1.2 | MW     | 137.14 | 140.33 |
| Beban GT 1.3 | MW     | 137.09 | 140.12 |

### 3.4. Upaya Meningkatkan Daya Mampu Steam Turbin 1.4 Blok 1

Upaya untuk mengembalikan daya mampu *Steam Turbine* 1.4 telah dilakukan, namun karena sumber energi panas dari *exhaust gas* turbin untuk memanaskan HRSG sudah mengalami penurunan akibat dari penurunan TAT, maka upaya yang telah dilakukan tidak berdampak signifikan untuk mengembalikan daya mampu *steam turbine* 1.4. Adapun upaya yang telah dilakukan adalah

Tabel 3.5 Upaya Meningkatkan Daya Mampu Steam Turbine

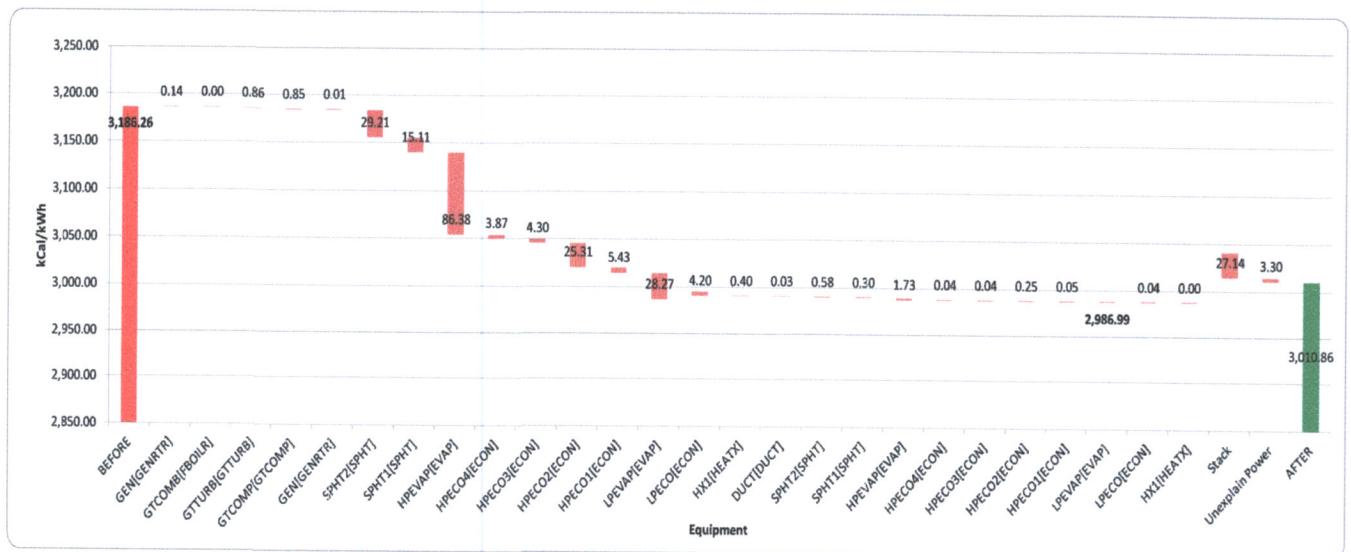
| No. | Peralatan | Action Plan                                   | Foto  |
|-----|-----------|---|---|
| 1   | HRSG      | Cleaning, kondisi <i>fin tube</i> masih bagus |  |
|     |           | Perbaikan <i>fin tube</i> yang bocor          |  |
| 2   | Condenser | Cleaning Condenser, Ball Taproge              |  |

Kondisi bersih

*mnd*

|   |              |   |  |
|---|--------------|---|--|
| 3 | Ejector      | <i>Cleaning pendingin ejector</i>       |  |
| 4 | MCW          | Perbaikan <i>main cooling water</i>     |  |
| 5 | Water intake | <i>Cleaning rutin area water intake</i> |  |

Upaya tersebut diatas tidak memberikan hasil yang signifikan terhadap perbaikan daya mampu *steam turbine*, meskipun *performance* peralatan diatas lebih bagus dari kondisi sebelumnya. Hal ini dibuktikan dengan hasil *performance test* HRSG saat ini sedikit lebih bagus dibanding kondisi sebelum penggantian MXL, seperti terlihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



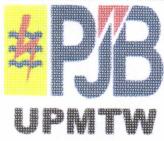
Gambar 3.2 Pareto Heat rate

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| PT PEMBANGKITAN JAWA BALI UP MUARA TAWAR | Nomor Dokumen : FMT-04.2.2.8.2   |
| PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM         | No. Revisi : 00                  |
| FORMULIR                                 | Tanggal Terbit : 20 Agustus 2013 |
| KAJIAN ENGINEERING                       | Halaman : 12 dari 14             |

#### 4. KESIMPULAN

Dari data dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

- a. Penggantian material HGPP *gas turbine GT13E2 Blok 1* ke versi MXL, karena material HGPP *existing* sudah *discontinue (obsolete)* dan tidak ada pihak yang mampu untuk melakukan repair HGPP *existing*.
- b. Penggantian HGPP versi MXL memberikan dampak kelangsungan operasi gas turbin blok 1 dengan kenaikan daya mampu gas turbin sebesar  $\pm 1$  MW ( $+0,2\%$ ). Dari analisa *heat balance*, penurunan nilai TAT gas turbin akan menurunkan *output* dari steam turbin sebesar 23,62 MW.
- c. UP Muara Tawar mengajukan perubahan DMN blok 1 dari 615 MW menjadi 603 MW dengan rincian sebagai berikut:
  - GT 1.1 dari 137 MW menjadi 138 MW
  - GT 1.2 dari 137 MW menjadi 140 MW
  - GT 1.3 dari 137 MW menjadi 140 MW
  - ST 1.4 dari 204 MW menjadi 185 MW



PT PEMBANGKITAN JAWA BALI UP MUARA TAWAR

PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM

FORMULIR

KAJIAN ENGINEERING

Nomor Dokumen : FMT-04.2.2.8.2

No. Revisi : 00

Tanggal Terbit : 20 Agustus 2013

Halaman : 10 dari 11

## LEMBAR PENGESAHAN

## KAJIAN ENGINEERING

## PENURUNAN DAYA MAMPU BLOK 1- ST14 MUARA TAWAR

Bekasi, 17 Mei 2019

Dibuat Oleh,

Spv. Senior System Owner PLTGU

Nastopo Darmawan

Spv. Senior Rendal Operasi dan Niaga Blok 1-2

Muchlisin

Diperiksa Oleh,

Manajer Engineering dan Quality Assurance

Tovi Hardanto

Manager Operasi

Ratno Wijaya

Disahkan Oleh,

General Manager UP Muara Tawar

Lavi Rumandjoko

Mengetahui,

Kepala Bidang Enjiniring Pembangkit PT PJB,

Henry Pariaman P

### Lampiran 1

**POWER  
THERMAL SERVICES**  
Indonesia

PT ALSTOM Power Energy Systems Indonesia  
 Plaza ALSTOM, 5th Floor  
 Jl. TB. Simatupang Kav IS-1  
 Pondok Pinang, Jakarta 12310 Indonesia  
 Tel : 62 (21) 2924 4500 (Hunting)  
 Fax : 62 (21) 2924 4509/ 4510  
[www.power.alstom.com](http://www.power.alstom.com)



Jakarta, 28 Februari 2014

Kepada Yth:  
**Direktur Produksi**  
**PT Pembangkitan Jawa Bali**  
**Kantor Pusat**  
 Jl. Ketintang Baru No. 11  
 Surabaya 60231

Ref no. : 002/MUTA/DJS-adj/II/2014/ZM  
 Perihal : Informasi Variant Reduction terhadap Hot Gas Path Parts GT13E2.

Dengan Hormat,

Menindak lanjuti penyampaikan sebelumnya kepada Bapak dan Tim PT PJB di Unit Muara Tawar terkait adanya pengembangan teknologi produk ALSTOM khususnya terhadap Hot Gas Path Parts GT13E2, maka dengan ini kami lampirkan Informasi Variant Reduction terhadap beberapa Versi GT13E2 antara lain:

- Variant Reduction untuk Versi A
- Variant Reduction untuk Versi 96
- Variant Reduction untuk Version XL

Kami menyadari bahwa dengan adanya Variant Reduction ini kemungkinan dapat mempengaruhi strategi pengadaan Spare Part untuk Pembangkitan Muara Tawar, namun demikian kami selaku Original Equipment Manufacturer (OEM) dari GT13E2 akan senantiasa berusaha bersama-sama mencari solusi terbaik dengan pihak PT PJB.

Oleh karenanya, kami sangat mengharapkan adanya diskusi secara detail dan berkelanjutan guna mencari strategi terbaik sesuai dengan target dan rencana pencapaian dari PT Pembangkitan Jawa Bali.

Demikian penyampaian ini, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapan banyak terima kasih.

Untuk informasi dapat menghubungi kami:  
**Alirman Djamereng, HP : 08121019515, email: alirman.djamereng@power.alstom.com**  
**Djono Salim, HP : 0811882961, email: djono.salim@power.alstom.com**

Hormat Kami,  
 PT ALSTOM Power Energy Systems Indonesia

**Djono SALIM**  
 Sales Manager  
 Thermal Services Indonesia

Tembusan :

1. Senior Manager Engineering, PT Pembangkit Jawa Bali, Kantor Pusat.
2. Senior Manager ROP, PT Pembangkit Jawa Bali, Kantor Pusat.
3. General Manager, Unit Bisnis Pembangkitan Muara Tawar
4. Manager Pemeliharaan, Unit Bisnis Pembangkitan Muara Tawar

M.M

## Lampiran 2

### KAJIAN FINANSIAL PENGGANTIAN HGPP GT13E2 MXL

#### DOKUMEN FORMULIR ANALISA LIFE CYCLE COST

JUDUL PROGRAM : Penggantian HGPP GT13E2 ke Versi MXL

FMZ-11.1.1.2

| KATEGORI LCCA TRIGGER   | Y/T | EVIDENCE                |
|---|-----|-------------------------|
| Temuan saat melakukan Condition Based Monitoring                                    | T   |                         |
| Gap analysis dari efisiensi atau plant performance                                  | T   |                         |
| Penyelesaian Chronic Problem  | T   |                         |
| Temuan saat Overhaul yang sifatnya krusial  | T   |                         |
| Retrofit/Upgrade peralatan  | Y   | Surat Obsolete dari OEM |
| Tindaklanjut hasil Remaining Life Assessment peralatan                              | T   |                         |
| Tindaklanjut rekomendasi hasil analisa atau kajian (RCFA, FMEA, TBM dan lainnya)    | T   |                         |
| Temuan potensi terjadi kondisi berbahaya pada lingkungan dan atau keselamatan kerja | T   |                         |
| Tindaklanjut rekomendasi untuk minimalisasi hidden capacity                         | T   |                         |

#### ALTERNATIF SOLUSI DALAM ANALISA LIFE CYCLE COST

| NO  | DESKRIPSI ALTERNATIF  | Y/T | ALASAN        |
|-----|---|-----|---------------|
| 1   | Hanya melakukan pemeliharaan dan operasi "as usual"                 | T   |               |
| 2   | Melakukan optimasi pemeliharaan dan pengoperasian yang ada/existing | T   |               |
| 3   | Melakukan Re-Engineering/Retrofit/Upgrade                           |     |               |
| 3.1 | Retrofit/Re-Engineering/Upgrade Parsial                             | T   |               |
| 3.2 | Retrofit/Re-Engineering/Upgrade Meyeluruh                           | T   |               |
| 3.3 | Retrofit/Re-Engineering/Upgrade Non OEM                             | T   |               |
| 3.4 | Retrofit/Re-Engineering/Upgrade OEM                                 | T   |               |
| 4   | Replace/Refurbish   |     |               |
| 4.1 | Replace/Refurbish Parsial   | T   |               |
| 4.1 | Replace/Refurbish Meyeluruh   | T   |               |
| 4.1 | Replace/Refurbish Non OEM   | T   |               |
| 4.1 | Replace/Refurbish OEM   | Y   | Part Obsolete |
| 5   | Do Nothing/Run to Failure   | T   |               |





|  |                                  |  |
|--|----------------------------------|--|
| PT PEMBANGKITAN JAWA BALI UP MUARA TAWAR | Nomor Dokumen : FMT-04.2.2.8.2   |  |
| PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM         | No. Revisi : 00                  |  |
| FORMULIR                                 | Tanggal Terbit : 20 Agustus 2013 |  |
| KAJIAN ENGINEERING                       | Halaman : 16 dari 24             |  |

Life Cycle Cost Worksheet untuk Project Life 1 Tahun

Life Cycle C

### **Acquisition Costs:**

| Non Annual Acquisition Costs:  |                                    |        |
|--|------------------------------------|--------|
| - Program Management   |                                    |        |
| - Engineering Design   |                                    |        |
| - Engineering D Data   |                                    |        |
| - Spare Part & Logistics   |                                    |        |
| - Facilities & Construction  |                                    |        |
| - Initial Training   |                                    |        |
| - Technical Data   |                                    |        |
| - Capital Equipment  |                                    |        |
| - Documentation Cost   |                                    |        |
| - Disposal Costs   |                                    |        |
|  | TOTAL Non Annual Acquisition Costs |        |
| Annual Acquisition Costs   | 1,123,000,000,000                  |        |
| - Biaya pemeliharaan (CR, PdM, PM, OH, dsb)  | 0                                  |        |
| - Biaya material/parts yang digantikan/pertahankan   | 0                                  |        |
| - Biaya pemasangan   | 0                                  |        |
| - Biaya pembongkaran   | 0                                  |        |
| - Biaya penggantian  | 0                                  |        |
| - Biaya Operation loss opportunity (FO atau Deraing)   | 0                                  |        |
| - Biaya Pengoperasian  | 0                                  |        |
|  | TOTAL Annual Acquisition Costs     |        |
| Savings:   |                                    |        |
| Annual Savings   | 1,098,623,876,778                  |        |
| Kajian finansial ini memperhitungkan saving dari:  |                                    |        |
| 1. Penambahan EOH dan versi eksisting 32000 EOH menjadi versi MXL 360000 EOH   |                                    |        |
| 2. Saving loss opportunity of Operation apabila unit gagal beroperasi dikarenakan tidak adanya suku cadang HGPP yang disebabkan suku cadang HGPP Obsolete. |                                    |        |
| 3. Kajian Finansial ini dihitung dengan project life years 1 tahun   |                                    |        |
|  | Deskripsi                          |        |
| Nilai capital penggantian untuk 3 GT (GT1.1, GT1.2, GT1.3)   | Nilai                              | Satuan |
| Penambahan EOH versi eksisting ke MXL  | 1,123,000,000,000                  | Rp     |
| Saving cost EOH versi eksisting ke MXL   | 4000                               | EOH    |
|  | 124,777,777,778                    | Rp     |
| Saving Loss Opportunity of Operation jam Operasi 1 tahun   |                                    |        |
| DIN PT LGU Blok 1  | 615,000                            | kW     |
| HKP PLTGU Blok 1 (GT 1.1, GT1.2, GT1.3)  | 2,244,971                          | Rp     |
| Hix PLTGU Blok 1 (GT 1.1, GT1.2, GT1.3)  | 639,332                            | Rp     |
| EAF Loss Compensation PLTGU Blok 1 dalam 1 Tahun   | 1,773,846,099,000                  | Rp     |
| Total saving (Saving EOH + EAF Loss Compensation)  | 1,898,623,876,778                  | Rp     |

Kajian finansial ini memperhitungkan saving dan:

1. Penambahan EOH dari versi eksisting 32000 EOH
2. Saving loss opportunity of Operation apabila unit gagal
3. Kajian Finansial ini dihitung dengan project life years

menjadi versi MXL 36000 EOH  
gal beroperasi dikarenakan tidak  
3 1 tahun

<sup>1</sup> ak adanya suku cadang HGPP yang disebabkan suku cadang HGPP Obsolete.

| Deskripsi   | Nilai   | Satuan         |
|-------------|---|----------------|
| T1.3)       | 1.123.000.000.000<br>4.0000   | Rp ECHF        |
| isi 1 tahun | 124.777.777.778   | Rp             |
| In          | 615.000<br>2.244.971<br>639.332<br>1.773.846.099.000<br>1.898.623.876.778 | kW Rp Rp Rp Rp |



PT PEMBANGKITAN JAWA BALI UP MUARA TAWAR

Nomor Dokumen : FMT-04.2.2.8.2

PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM

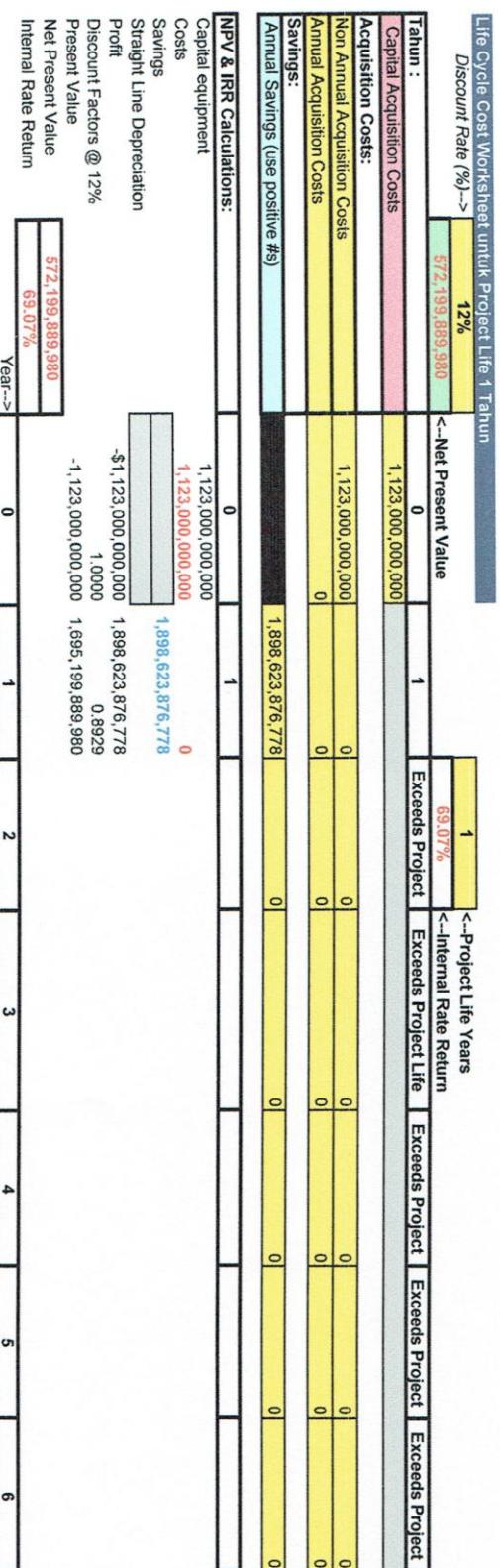
No. Revisi : 00

FORMULIR

Tanggal Terbit : 20 Agustus 2013

KAJIAN ENGINEERING

Halaman : 17 dari 24



K



PT PEMBANGKITAN JAWA BALI UP MUARA TAWAR

Nomor Dokumen : FMT-04.2.2.8.2

PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM

No. Revisi : 00

FORMULIR

Tanggal Terbit : 20 Agustus 2013

KAJIAN ENGINEERING

Halaman : 18 dari 24

| Life Cycle Cost Worksheet untuk Project Life 10 Tahun  |  | 0                 | 1                 | 2                 | 3                 | 4                 | 5                 | 6                 | 7                 | 8                 | 9                 | 10                |
|--|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Acquisition Costs:   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Non Annual Acquisition Costs   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Program Management   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Engineering Design   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Engineering Data   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Spare part & Logistics   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Facilities & Construction  |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Initial Training   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Technical Data   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Capital Equipment  |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Documentation Cost   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Disposal Costs   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| TOTAL Non Annual Acquisition Costs   |  | 1.123.000.000.000 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| Annual Acquisition Costs   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Biaya pemeliharaan (CR, PdM, PM, OH, dls)  |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Biaya material/part yang diganti/diperbaiki  |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Biaya pemeliharaan   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Biaya perbaikan  |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Biaya pengembalian   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Biaya Operation loss opportunity (FO atau Dembing)   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| - Biaya pemanfaatan  |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Swing:   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Annual Swing   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Annual Swing   |  | 1.094.333.000.000 | 2.007.000.000.000 | 2.007.000.000.000 | 2.007.000.000.000 | 2.007.000.000.000 | 2.007.000.000.000 | 2.007.000.000.000 | 2.007.000.000.000 | 2.007.000.000.000 | 2.007.000.000.000 | 2.007.000.000.000 |
| Kajian Finansial ini memperhitungkan dulu:   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 1. Perambahan EOH dan versa eksisting 2000 EOH menjadi versa MXL 30000 EOH   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 2. Swings loss opportunity of Operation jam operasi 1 tahun  |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 3. Kajian Finansial ini dilakukan dengan project life years 10 tahun   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Kajian Finansial ini dilakukan dengan project life years 10 tahun dengan jumlah suku cadang HEPPI yang disebabkan suatu cadang HEPPI Obsolete. |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Deskrisp.  |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Nilai  |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Satuan   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Nilai capital pengembalian untuk 3 GT (GT1.1, GT1.2, GT1.3)  |  | 1.123.000.000.000 | Rp                |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Penambahan EOH versus eksisting ke MXL   |  | 4.000             | EOH               |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Swing cost EOH versus eksisting ke MXL   |  | 12.477.777.778    | Rp                |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Saving Loss Opportunity of Operation Jam Operasi 1 tahun   |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| DNB PT.GTU Blok 1  |  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Hemp PT.GTU Blok 1 (GT1.1, GT1.2, GT1.3)   |  | 615.000           | kW                |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Hemp PT.GTU Blok 1 (GT1.1, GT1.2, GT1.3)   |  | 2.244.971         | Rp                |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| EAf Loss Compensation PT.GTU Blok 1 1 tahun 1 Tahun  |  | 639.332           | Rp                |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| EAf Loss Compensation (Swing EOH + EAf Loss Compensation)  |  | 1.773.046.096.000 | Rp                |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Total saving (Swing EOH + EAf Loss Compensation)   |  | 1.898.023.876.778 | Rp                |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |

/g



PT PEMBANGKITAN JAWA BALI UP MUARA TAWAR

PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM

FORMULIR

KAJIAN ENGINEERING

Nomor Dokumen : FMT-04.2.2.8.2

No. Revisi : 00

Tanggal Terbit : 20 Agustus 2013

Halaman : 19 dari 24

| Life Cycle Cost Worksheet untuk Project Life 10 Tahun |                      |                      |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |    |    |
|---|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----|----|
| Tahun :   | Discount Rate (%) -> | <- Net Present Value |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |    |    |
|   |                      | 0                    | 1                 | 2                 | 3                 | 4                 | 5                 | 6                 | 7                 | 8                 | 9                 | 10 |    |
| Capital Acquisition Costs:                            | 14,520,623,876,371   | 1,123,000,000,000    | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |    |    |
| Annual Sustaining Costs                               |                      | 1,123,000,000,000    | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |    |    |
| Annual Savings:                                       |                      |                      | 1,898,623,876,778 | 2,038,486,264,456 | 2,297,334,890,501 | 2,527,058,379,991 | 2,779,775,217,900 | 3,057,782,739,789 | 3,365,528,013,760 | 3,699,880,815,145 | 4,069,058,896,680 |    |    |
| Annual Savings (use positive #s)                      |                      |                      | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |    |    |
| NPV & IRR Calculations:                               |                      |                      | 0                 | 1                 | 2                 | 3                 | 4                 | 5                 | 6                 | 7                 | 8                 | 9  | 10 |
| Capital equipment Costs                               |                      | 1,123,000,000,000    | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |    |    |
| Savings   |                      |                      | 1,898,623,876,778 | 2,038,486,264,456 | 2,297,334,890,501 | 2,527,058,379,991 | 2,779,775,217,900 | 3,057,782,739,789 | 3,365,528,013,760 | 3,699,880,815,145 | 4,069,058,896,680 |    |    |
| Straight Line Depreciation                            |                      |                      |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |    |    |
| Profit  |                      |                      |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |    |    |
| Present Factors @ 12%                                 |                      |                      |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |    |    |
| Present Value   |                      |                      |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |    |    |
| Net Present Value                                     |                      |                      |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |    |    |
| Internal Rate Return                                  |                      |                      |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |    |    |
| Year ->   |                      | 0                    | 1                 | 2                 | 3                 | 4                 | 5                 | 6                 | 7                 | 8                 | 9                 | 10 |    |



PT PEMBANGKITAN JAWA BALI UP MUARA TAWAR

Nomor Dokumen : FMT-04.2.2.8.2

PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM

No. Revisi : 00

FORMULIR

Tanggal Terbit : 20 Agustus 2013

KAJIAN ENGINEERING

Halaman : 20 dari 24

**RESUME HASIL ANALISA LIFE CYCLE COST****HASIL ANALISA NPV**

| NO | Program   | NPV                | IRR     |
|----|---|--------------------|---------|
| 1  | Penggantian HGPP GT13E2 ke Versi MXL dengan Project Life 1 Tahun  | 572,199,889,980    | 69.07%  |
| 2  | Penggantian HGPP GT13E2 ke Versi MXL dengan Project Life 10 Tahun | 14,529,667,738,871 | 179.05% |

**RESUME HASIL ANALISA LIFE CYCLE COST**

Berdasarkan kajian kelayakan finansial, didapatkan bahwa untuk Penggantian HGPP GT13E2 ke Versi MXL dengan Project Life 1 Tahun dan 10 tahun menghasilkan NPV dan IRR yang bernilai positif. Hal ini penting karena dengan NPV dan IRR yang bernilai positif maka perusahaan bisa menghasilkan keuntungan dan membayar bunga kepada kreditur untuk program tersebut.

Merujuk pada surat dari vendor OEM Alstom nomor 002/MUTA/DJS-adj/II/2014/ZM bahwa material HGPP (Hot Gas Path Part) existing tidak tersedia dipasaran (obsolete). Begitu pula dengan vendor Non-OEM belum ada yang mampu untuk melakukan repair sesuai laporan assesment of Non-OEM Vendor and Workshop for New and Repair Gas Turbine Hot Gas Part Path nomor 170.PJ/061/IP/2011.

*ku*

### Lampiran 3

#### LAPORAN UJI HEAT RATE PLTGU MTW BLOK 1

| <br><b>PT PLN (Persero)<br/>PUSLITBANG</b>   | <b>LAPORAN PENGUJIAN<br/>TEST REPORT</b>  |  |                                  | <b>No. 056.BKIT.034C.2017</b><br><br><b>Tgl. 23 – 03 – 2017</b><br><i>Date.</i> |                          |                      |                      |
|--|---|--|----------------------------------|---|--------------------------|----------------------|----------------------|
|  | <b>Peminta Jasa<br/>Client</b><br><b>PT PEMBANGKITAN JAWA BALI<br/>KANTOR PUSAT</b> |  |                                  |   |                          |                      |                      |
| <b>Nomor KPJ/Order No : 034C/2017</b><br><br><b>Jumlah Laporan<br/>Number of copies</b><br>2   |   | <b>Penulis<br/>Author</b><br><br><b>DEPUTI MANAJER<br/>EFISIENSI PEMBANGKITAN</b>  |                                  |   |                          |                      |                      |
| <b>Keterangan<br/>Reff</b><br><br><b>Surat permintaan :</b><br><br><b>Nomor : B065150</b><br><b>Tanggal : 27 Desember 2016</b>   |   | <b>Dikeluarkan oleh<br/>Issued by</b><br><br><b>PT PLN MANAJER PENELITIAN SISTEM<br/>PEMBANGKITAN DAN ENERGI PRIMER<br/>DEPUTI MANAJER EFISIENSI PEMBANGKITAN<br/>PENELITIAN DAN<br/>PENGEMBANGAN<br/>KETENAGALISTRIKAN<br/>(RESEARCH<br/>INSTITUTE)</b><br><b>HAMDAN HARTONO ALIF</b> |                                  |   |                          |                      |                      |
| <b>Judul<br/>Title</b> <b>PENGUJIAN HEAT RATE PLTG/U MUARA TAWAR BLOK 1-4</b>  |   |  |                                  |   |                          |                      |                      |
| <b>Ringkasan<br/>Summary</b><br><br>Sesuai surat PT Pembangkitan Jawa Bali No B065150 tanggal 27 Desember 2016 perihal Permohonan Pelaksanaan Uji Heat Rate Unit-Unit Thermal PJB, PT PLN (Persero) Puslitbang ditugaskan untuk melaksanakan pengujian <i>heat rate</i> PLTGU Muara Tawar Blok 1-4 menggunakan metode energi input – energi output dengan hasil sebagai berikut: |   |  |                                  |   |                          |                      |                      |
| <b>PLTGU MUARA TAWAR BLOK 1</b>  |   |  |                                  |   |                          |                      |                      |
| <b>Beban<br/>(load<br/>Setting GT<br/>Gross)</b>   | <b>Hasil Pengukuran</b>   |  |                                  | <b>Hasil Analisa<br/>Laboratorium</b>   | <b>Hasil Perhitungan</b> |                      |                      |
|  | <b>Konsumsi<br/>Bahan Bakar</b>   | <b>Produksi<br/>Energi Gross</b>   | <b>Produksi<br/>Energi Netto</b> |   |                          |                      |                      |
| <b>MW</b>  | <b>Nm<sup>3</sup></b>   | <b>MWh</b>   | <b>MWh</b>                       | <b>BTU/SCF</b>  | <b>kKal/kWh</b>          |                      |                      |
| 139  | 130.532,45  | 618,88   | 606,75                           | 1.047   | 2.078                    |                      |                      |
| 125  | 119.758,73  | 572,09   | 560,02                           | 1.047   | 2.062                    |                      |                      |
| 110  | 108.685,33  | 516,45   | 505,19                           | 1.047   | 2.073                    |                      |                      |
| 95   | 99.431,85   | 460,51   | 449,59                           | 1.047   | 2.127                    |                      |                      |
| <b>PLTGU MUARA TAWAR BLOK 2</b>  |   |  |                                  |   |                          |                      |                      |
| <b>Beban<br/>(load<br/>setting<br/>GT Gross)</b>   | <b>Hasil Pengukuran (Blok)</b>  |  |                                  | <b>Hasil Analisa<br/>Laboratorium</b>   | <b>Hasil Perhitungan</b> |                      |                      |
|  | <b>Konsumsi<br/>Bahan Bakar</b>   | <b>Produksi<br/>Energi Gross</b>   | <b>Produksi<br/>Energi Netto</b> |   | <b>GPHR (Blok)</b>       | <b>GPHR (GT 2.1)</b> | <b>GPHR (GT 2.2)</b> |
| <b>MW</b>  | <b>Nm<sup>3</sup></b>   | <b>MWh</b>   | <b>BTU/SCF</b>                   | <b>kKal/kWh</b>   | <b>kKal/kWh</b>          | <b>kKal/kWh</b>      |                      |
| 140  | 89.486,57   | 285,25   | 284,81                           | 1.021   | 3.013                    | 2.985                |                      |
| 125  | 80.518,92   | 251,18   | 249,38                           | 1.021   | 3.079                    | 3.073                |                      |
| 110  | 74.658,45   | 220,18   | 219,33                           | 1.021   | 3.257                    | 3.262                |                      |
| 95   | 67.142,16   | 190,75   | 189,35                           | 1.021   | 3.381                    | 3.384                |                      |

Keluhan atas isi dokument hanya dapatkan paling lambat 3 (tiga) bulan sejak diterbitkan. Dokumen ini berlaku 5 (lima) tahun sejak diterbitkan, sepanjang standarisasi yang berlakunya masih berlaku. Dokumen ini tidak boleh digandakan tanpa persetujuan tertulis dari PT PLN (Persero) Pusat Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan - Bidang Penelitian Sistem Pembangkitan Dan Energi Primer, kecuali secara lengkap.

*Complaint on this report could be handled only if it received within 3 months after issued. This report is valid for 5 (five) years as long as the related standard specification is valid. This report shall not be reproduced except in full, without the written approval of PT PLN (Persero) Pusat Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan - Bidang Penelitian Sistem Pembangkitan dan Energi Primer.*

**PLTGU MUARA TAWAR BLOK 3**

| Beban<br>(Load) | Hasil Pengukuran        |                          |                          | Hasil Analisa<br>Laboratorium | Hasil Perhitungan |              |              |              |            |                     |              |
|-----------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------------|--------------|
|                 | Konsumsi<br>Bahan Bakar | Produksi<br>Energi Gross | Produksi<br>Energi Netto |                               | GPHR(blok)        | GPHR(GT 3.1) | GPHR(GT 3.2) | GPHR(GT 3.3) | NPHR(blok) | NPHR(GT<br>3.1/3.2) | NPHR(GT 3.3) |
| MW              | Nm <sup>3</sup>         | MWh                      | MWh                      | Btu/SCF                       | kKcal/kWh         | kKcal/kWh    | kKcal/kWh    | kKcal/kWh    | kKcal/kWh  | kKcal/kWh           | kKcal/kWh    |
| 140             | 132.242,49              | 424,60                   | 417,50                   | 1.017                         | 2.979             | 2.883        | 2.856        | 3.198        | 3.080      | 2.921               | 3.247        |
| 120             | 117.146,98              | 364,55                   | 357,75                   | 1.017                         | 3.074             | 2.977        | 2.941        | 3.302        | 3.132      | 3.018               | 3.359        |
| 80              | 89.947,31               | 242,88                   | 238,00                   | 1.017                         | 3.542             | 3.447        | 3.391        | 3.789        | 3.615      | 3.494               | 3.865        |
| 60              | 76.366,10               | 181,96                   | 177,88                   | 1.017                         | 4.014             | 3.854        | 3.851        | 4.327        | 4.105      | 3.995               | 4.426        |

**PLTGU MUARA TAWAR BLOK 4**

| Beban<br>(Load) | Hasil Pengukuran        |                          |                          | Hasil Analisa<br>Laboratorium | Hasil Perhitungan |              |              |              |            |                     |              |
|-----------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------------|--------------|
|                 | Konsumsi<br>Bahan Bakar | Produksi<br>Energi Gross | Produksi<br>Energi Netto |                               | GPHR(blok)        | GPHR(GT 4.1) | GPHR(GT 4.2) | GPHR(GT 4.3) | NPHR(blok) | NPHR(GT<br>4.1/4.2) | NPHR(GT 4.3) |
| MW              | Nm <sup>3</sup>         | MWh                      | MWh                      | Btu/SCF                       | kKcal/kWh         | kKcal/kWh    | kKcal/kWh    | kKcal/kWh    | kKcal/kWh  | kKcal/kWh           | kKcal/kWh    |
| 140             | 138.582,44              | 426,18                   | 421,44                   | 1.017                         | 3.111             | 3.209        | 3.267        | 2.864        | 3.146      | 3.263               | 2.915        |
| 120             | 123.024,23              | 365,42                   | 361,50                   | 1.017                         | 3.221             | 3.319        | 3.369        | 2.977        | 3.256      | 3.370               | 3.027        |
| 80              | 94.264,67               | 244,28                   | 240,88                   | 1.017                         | 3.692             | 3.807        | 3.851        | 3.409        | 3.745      | 3.883               | 3.467        |
| 60              | 80.321,83               | 183,43                   | 179,69                   | 1.017                         | 4.190             | 4.287        | 4.352        | 3.890        | 4.277      | 4.429               | 3.972        |

1. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTGU Muara Tawar Blok 1 adalah  $y = 0,006x^2 - 6,903 x + 4009$  dengan  $R^2 = 0,998$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
2. Persamaan *Net Plant Heat Rate* (NPHR) PLTGU Muara Tawar Blok 1 adalah  $y = 0,006 x^2 - 7,173 x + 4143$  dengan  $R^2 = 0,996$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah NPHR (kKcal/kWh).
3. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTG Muara Tawar Blok 2 adalah  $y = 0,020x^2 - 13,71 x + 5267$  dengan  $R^2 = 0,984$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
4. Persamaan *Net Plant Heat Rate* (NPHR) PLTG Muara Tawar Blok 2 adalah  $y = 0,018 x^2 - 13,22 x + 5246$  dengan  $R^2 = 0,992$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah NPHR (kKcal/kWh).
5. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTG Muara Tawar GT 2.1 adalah  $y = 0,054x^2 - 21,69 x + 4966$  dengan  $R^2 = 0,989$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
6. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTG Muara Tawar GT 2.2 adalah  $y = 0,104 x^2 - 32,25 x + 5520$  dengan  $R^2 = 0,978$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
7. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTG Muara Tawar Blok 3 adalah  $y = 0,017x^2 - 14,48 x + 6078$  dengan  $R^2 = 0,998$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
8. Persamaan *Net Plant Heat Rate* (NPHR) PLTG Muara Tawar Blok 3 adalah  $y = 0,017 x^2 - 14,96 x + 6238$  dengan  $R^2 = 0,998$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah NPHR (kKcal/kWh).
9. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTG Muara Tawar Blok GT 3.1 adalah  $y = 0,130x^2 - 38,47 x + 5709$  dengan  $R^2 = 0,999$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
10. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTG Muara Tawar GT 3.2 adalah  $y = 0,151 x^2 - 42,60 x + 5870$  dengan  $R^2 = 0,998$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
11. Persamaan *Net Plant Heat Rate* (NPHR) PLTG Muara Tawar GT 3.1/3.2 adalah  $y = 0,035 x^2 - 20,71 x + 5924$  dengan  $R^2 = 0,999$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah NPHR (kKcal/kWh).
12. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTG Muara Tawar GT 3.3 adalah  $y = 0,176x^2 - 49,22 x + 6651$  dengan  $R^2 = 0,997$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
13. Persamaan *Net Plant Heat Rate* (NPHR) PLTG Muara Tawar GT 3.3 adalah  $y = 0,186 x^2 - 51,84 x + 6868$  dengan  $R^2 = 0,996$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah NPHR (kKcal/kWh).
14. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTG Muara Tawar Blok 4 adalah  $y = 0,017x^2 - 15,00 x + 6339$  dengan  $R^2 = 0,997$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
15. Persamaan *Net Plant Heat Rate* (NPHR) PLTG Muara Tawar Blok 4 adalah  $y = 0,019 x^2 - 16,17 x + 6586$  dengan  $R^2 = 0,997$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah NPHR (kKcal/kWh).
16. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTG Muara Tawar GT 4.1 adalah  $y = 0,154x^2 - 44,52 x + 6434$  dengan  $R^2 = 0,998$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
17. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTG Muara Tawar GT 4.2 adalah  $y = 0,173x^2 - 48,80 x + 6705$  dengan  $R^2 = 0,997$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
18. Persamaan *Net Plant Heat Rate* (NPHR) PLTG Muara Tawar GT 4.1/4.2 adalah  $y = 0,045 x^2 - 25,39 x + 6848$  dengan  $R^2 = 0,997$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah NPHR (kKcal/kWh).
19. Persamaan *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) PLTG Muara Tawar GT 4.3 adalah  $y = 0,146x^2 - 42,02 x + 5891$  dengan  $R^2 = 0,996$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah GPHR (kKcal/kWh).
20. Persamaan *Net Plant Heat Rate* (NPHR) PLTG Muara Tawar GT 4.3 adalah  $y = 0,155 x^2 - 44,25 x + 6072$  dengan  $R^2 = 0,995$  dimana x adalah beban (MW) dan y adalah NPHR (kKcal/kWh).

Keluhan atas isi dokumen hanya dilayani bila disampaikan pada jangka 3 (tiga) bulan sejak diterbitkan. Dokumen ini berlaku 5 (lima) tahun sejak diterbitkan, sejungkal standar/specifikasi yang bersangkutan masih berlaku. Dokumen ini tidak boleh digunakan tanpa persetujuan tertulis dan PT PLN (Persero) Pusat Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan - Bidang Penelitian Sistem Pembangkitan Dan Energi Primer , kecuali secara lengkap.

Complaint on this report could be handled only if it received within 3 months after issued. This report is good for 5 (five) years as long as the related standard/specification is valid. This report shall not be reproduced except in full, without the written approval of PT PLN (Persero) Pusat Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan - Bidang Penelitian Sistem Pembangkitan dan Energi Primer.

**PT PLN (Persero) PUSLITBANG KETENAGALISTRIKAN**
**BERITA ACARA**

No : 032 /BA-HR/PUSLITBANG/2017

Pada hari ini Kamis, tanggal 2 Maret 2017 telah dilaksanakan Pengujian *Heat Rate* PLTGU Muara Tawar dengan rincian sebagai berikut :

1. Pengujian PLTGU Muara Tawar dilakukan dengan pola operasi dan pola pembebanan seperti pada tabel di bawah ini.

| Blok                   | Pola Operasi                                 | Beban GT Gross (MW) | Tanggal        | Waktu       | Total Pemakaian Gas | Hasil Pengukuran KWh Meter |                      |                     |                    |
|------------------------|--|---------------------|----------------|-------------|---------------------|----------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
|                        |  |                     |                |             |                     | Produksi Gross (MWh)       | Produksi Netto (MWh) | Pemakaian UAT (MWh) | Pemakaian SST (MW) |
| (x10 Nm <sup>3</sup> ) |  |                     |                |             |                     |                            |                      |                     |                    |
| 1                      | Combined cycle 3-3-1<br>(3 GT-<br>3HRSG-1ST) | 139                 | 23 Feb<br>2017 | 14.20-15.20 | 13.053,25           | 618,88                     | 606,75               | 0,722               | 7,227              |
|                        |  | 125                 |                | 16.15-17.15 | 11.975,87           | 572,09                     | 560,02               | 0,733               | 7,163              |
|                        |  | 110                 |                | 17.45-18.45 | 10.868,53           | 516,45                     | 505,19               | 0,733               | 7,092              |
|                        |  | 95                  |                | 20.00-21.00 | 9.943,18            | 460,51                     | 449,59               | 0,732               | 7,100              |
| 2                      | Open cycle 2<br>GT                           | 140                 | 22 Feb<br>2017 | 10.00-11.00 | 8.948,66            | 282,25                     | 284,81               | 0,44                |                    |
|                        |  | 125                 |                | 11.15-12.15 | 8.051,89            | 251,18                     | 249,38               | 0,44                |                    |
|                        |  | 110                 |                | 13.45-14.45 | 7.465,84            | 220,18                     | 219,33               | 0,44                |                    |
|                        |  | 95                  |                | 15.00-16.00 | 6.714,22            | 190,75                     | 189,35               | 0,43                |                    |
| (Nm <sup>3</sup> )     |  |                     |                |             |                     |                            |                      |                     |                    |
| 3                      | Open cycle 3<br>GT                           | 140                 | 21 Feb<br>2017 | 16.00-17.00 | 132.242,49          | 424,60                     | 417,50               | 1,20                |                    |
|                        |  | 120                 |                | 14.30-15.30 | 117.146,98          | 364,55                     | 357,75               | 1,10                |                    |
|                        |  | 80                  |                | 13.03-14.03 | 89.947,31           | 242,88                     | 238,00               | 1,00                |                    |
|                        |  | 60                  |                | 11.00-12.00 | 76.366,10           | 181,96                     | 177,88               | 0,90                |                    |
| 4                      | Open cycle 3<br>GT                           | 140                 | 24 Feb<br>2017 | 14.45-15.45 | 138.582,44          | 426,18                     | 421,44               | 1,2                 |                    |
|                        |  | 120                 |                | 13.25-14.25 | 123.024,23          | 365,42                     | 361,50               | 1,1                 |                    |
|                        |  | 80                  |                | 10.50-11.50 | 94.264,67           | 244,28                     | 240,88               | 0,9                 |                    |
|                        |  | 60                  |                | 09.38-10.38 | 80.321,83           | 183,43                     | 179,69               | 0,8                 |                    |
| (m <sup>3</sup> )      |  |                     |                |             |                     |                            |                      |                     |                    |
| 5                      | Combined cycle 1-1-1<br>(1 GT-<br>1HRSG-1ST) | 145                 | 22 Feb<br>2017 | 09.36-10.36 | 1.780,0             | 217,15                     | 214,20               | 3,71                |                    |
|                        |  | 130                 |                | 11.05-12.05 | 1.639,0             | 199,17                     | 196,20               | 3,72                |                    |
|                        |  | 115                 |                | 13.50-14.50 | 1.519,0             | 180,35                     | 177,30               | 3,66                |                    |
|                        |  | 100                 |                | 15.20-16.20 | 1.386,0             | 161,22                     | 158,30               | 3,67                |                    |

2. Kondisi Pengujian :

- a. Unit beroperasi dengan kondisi normal operasi.
- b. Pengujian *heat rate* PLTG/U Muara Tawar Blok 1, 2, 3, 4 menggunakan bahan bakar gas dari Pertamina dan PGN. Untuk menaikkan *pressure* gas digunakan *compressor gas booster* yang dalam pengoperasiannya menggunakan bahan bakar gas yang diambil dari *line utama* gas PGN.
- c. Pengujian *heat rate* PLTG/U Muara Tawar Blok 1, 2, 3, 4 belum memperhitungkan pemakaian bahan bakar gas untuk *compressor gas booster* dan *auxiliary boiler*.
- d. Pengujian *heat rate* PLTG/U Muara Tawar Blok 5 menggunakan bahan bakar gas dari PGN. Untuk menaikkan *pressure* gas digunakan *compressor gas booster* yang dalam pengoperasiannya menggunakan energi listrik yang dibebankan pada UAT/SST GT .

**PT PLN (Persero) PUSLITBANG KETENAGALISTRIKAN**

3. Pengambilan data operasi dilakukan setiap 15 menit dan *download* data DCS dilakukan setiap 15 menit untuk blok 1-4 dan 1 menit untuk blok 5. Untuk data *Print screen* diambil masing-masing satu kali untuk setiap beban.
4. Pada pengujian PLTGU Muara Tawar Blok 1, data produksi energi *netto* diambil dari *kWhmeter* transaksi yang terletak pada ruang server, data produksi energi *gross* diambil dari *kWhmeter* gross masing-masing unit GT dan ST. Unit GT 1.1 dan GT 1.2 menggunakan *main trafo three winding* sehingga pengukuran energi *netto* hanya menggunakan satu *kWhmeter*. Untuk pemakaian sendiri unit dibebankan pada *kWhmeter* UAT GT. Untuk pemakaian energi peralatan *common* dan *Balance of Plant* (BOP) dibebankan pada *kWhmeter* SST GT 1.1 dan SST GT 1.3.
5. Pada pengujian PLTG Muara Tawar Blok 2, data produksi energi *netto* diambil dari *kWhmeter* transaksi yang terletak pada ruang server, data produksi energi *gross* diambil dari *kWhmeter* gross masing-masing unit GT. Unit GT 2.1 dan GT 2.2 menggunakan *main trafo three winding* sehingga pengukuran energi *netto* hanya menggunakan satu *kWhmeter*. Untuk pemakaian sendiri unit dibebankan pada *kWhmeter* UAT GT.
6. Pada pengujian PLTG Muara Tawar Blok 3 & 4, data produksi energi *netto* diambil dari *kWhmeter* transaksi yang terletak pada GITET 500 kV, data produksi energi *gross* diambil dari *kWhmeter* gross masing-masing unit GT. Unit GT 3.1 dan GT 3.2 menggunakan *main trafo three winding* sehingga pengukuran energi *netto* hanya menggunakan satu *kWhmeter*. Unit GT 4.1 dan GT 4.2 menggunakan *main trafo three winding* sehingga pengukuran energi *netto* hanya menggunakan satu *kWhmeter*. Untuk pemakaian sendiri unit dibebankan pada *kWhmeter* UAT GT.
7. Pada pengujian PLTGU Muara Tawar Blok 5, data produksi energi *netto* diambil dari *kWhmeter* transaksi yang terletak pada GITET 500 kV, data produksi energi *gross* diambil dari *kWhmeter* gross masing-masing unit (GT dan ST). Untuk pemakaian sendiri unit dibebankan pada *kWhmeter* UAT/ SST masing-masing unit.
8. Data pemakaian bahan bakar menggunakan data dari pencatatan *counter totalizer* gas pada masing-masing *gas turbine*.
9. Pengambilan sampel bahan bakar gas dilakukan sebanyak satu kali pada titik sampling *inlet* salah satu *gas turbine* pada masing-masing blok untuk kemudian dilakukan uji laboratorium.
10. Jika dikemudian hari ditemukan adanya ketidaksesuaian perhitungan maka akan dilakukan koreksi sebagaimana mestinya.

Demikian Berita Acara ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

**PT PLN (PERSERO)  
PUSLITBANG**
**TIVA WINAHYU DH**
**PT PLN (PERSERO)  
PUSAT SERTIFIKASI**
**ERIQ SULTON EFFENDY**
**PT PJB  
UP MUARA TAWAR**
**EMIEL ZAKKA NOOR AULIYA**