

POWERPLANT

Roswati Nurhasanah
Jasmid Edy
Eza Brian Pradana

Arief Suardi
Vendy Antono
Al Asyi

Arisma Chairul Syarif
Iman Kartolaksano R
Jalu Eko Harjono

Nofirman
Yusuf Rasyid

Win Alfalah
Eko Sulistyio
Rahmat Ikhsan

Utami Wahyuningsih
Halim Rusjdi
Eko Sulistiyo

Sahlan

Jumiati
Intan Ratna Sari Yanti
Sri Yayi

Perancangan Boiler Dengan Memanfaatkan Sampah Kering Untuk Bahan Bakar PLTU Mini 3 kW STT-PLN

Analisis Perbandingan Penggunaan *Big Oil Gun* dan *Tiny Oil Gun* terhadap Kosumsi Bahan Bakar Pada Saat *Strat Up Unit* di PLTU Banten Lontar

Uji Prestasi dan Emisi Diesel Berbahan Bakar Minyak Nabati Murni untuk Pembangkitan Daya di Daerah Terpencil

Pengukuran Suhu Pembakaran di Dalam Boiler : Pirometer Akustik VS Pirometer Infrared

Pengaruh Pemeliharaan *Overhaul Turbo Charger* Terhadap Kinerja Mesin Unit VII PLTD Ampenan

Penanggulangan Korosi Pada Pipa Gas Dengan Metode *Catodic Protection* (Anoda Karbon) PT PGN Solution Area Cengkareng

Analisis Strategi Teknologi PLTS Fotovoltik di Indonesia Terhadap Nilai Ekvivalensi dan Pemanfaatan Per Wilayah

Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Tutorial Bagi Mahasiswa Teknik Mesin STT PLN



9 772356 151002

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

JURNAL POWERPLANT

VOL. 5

NO. 1

HAL. 1 - 63

NOVEMBER 2017

ISSN No :2356-1513

ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN *BIG OIL GUN* DAN *TINY OIL GUN* TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA SAAT *START UP* UNIT DI PLTU BANTEN 3 LONTAR

Arief Suardi Nur Chairat

Jurusan S1 Teknik Mesin , Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : arief.suardi@sttpln.ac.id

Vendy Antono

Jurusan S1 Teknik Mesin , Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : vendyantono@gmail.com

Al Asyi

Jurusan S1 Teknik Mesin , Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : al.asyi@yahoo.com

Abstrak

Konsumsi energi di Indonesia yang terus meningkat namun tidak berbanding lurus dengan ketersediaan sumber daya alam berupa minyak bumi dan batubara yang merupakan energi primer dalam pembangkitan listrik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penghematan agar berimbang antara konsumsi dan persediaannya. Hal tersebut juga sesuai dengan Kebijakan Energi Nasional yang dikeluarkan pemerintah tentang penghematan energi yang salah satunya adalah penghematan bahan bakar. Proses start up unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Banten 3 Lontar dengan kapasitas 3 x 315 MW, menggunakan Big oil gun dengan bahan bakarnya yaitu HSD (High Speed Diesel) saja. Sejak 2014, Tiny oil gun muncul dengan konsep konsumsi bahan bakar yang jauh lebih hemat daripada Big oil gun. Start up dengan Tiny oil gun menggunakan sedikit solar + batubara. Start awal ini bertujuan agar tercapai temperatur dan tekanan di dalam ruang bakar (furnace). Perbedaan di antara keduanya jelas memiliki kelebihan serta kekurangan dari segi waktu, keandalan dan konsumsi bahan bakar. Penelitian ini menganalisa perbandingan penggunaan Big oil gun dan Tiny oil gun pada proses start up dan konsumsi bahan bakarnya yang kemudian dihubungkan dengan berapa besar biaya start up yang dikeluarkan setiap kali start up dilakukan selama penggunaan yang terus berjalan serta studi kelayakan investasi pada Tiny oil gun. Start up dengan Tiny oil gun berhasil menghemat konsumsi bahan bakar solar hingga 89,9% atau sebesar 54698 liter dan menghemat biaya Start up sebesar 61% atau sebesar Rp 263.836.213 per kali Start up serta hasil dari studi kelayakan investasi pada Tiny oil gun menyimpulkan investasi layak untuk diterima dan dijalankan.

Kata Kunci : *Start up, Big oil gun, Tiny oil gun, Furnace*

I. PENDAHULUAN

Pemakaian terbesar bahan bakar solar pada PLTU Banten 3 Lontar adalah untuk *start up unit*. Kemudian disusul dengan penggunaan alat berat, pengoperasian *auxiliary boiler* serta *start* dan *stop mill*. Pada umumnya, pembangkit listrik berbahan bakar batu bara menggunakan *Big oil gun* sebagai pemanas awal boiler. Artinya unit distart terlebih dahulu oleh *Big oil gun* dengan bahan bakar solar. Saat start up dengan *Big oil gun*, sangat banyak mengkonsumsi solar. Hal tersebut berbanding terbalik dengan program pemerintah. Pemerintah dengan Kebijakan Energi

Nasionalnya sedang gencar mensosialisasikan pentingnya penghematan energi. Salah satu penghematan energi yaitu penghematan penggunaan bahan bakar minyak. Di samping itu, tindakan ini dapat menjawab krisis bahan bakar minyak dunia yang menyebabkan harga minyak meningkat dan menyebabkan biaya operasi industri berbahan bakar minyak juga meningkat sehingga diperlukan suatu langkah yang strategis dalam melakukan penghematan konsumsi bahan bakar minyak.

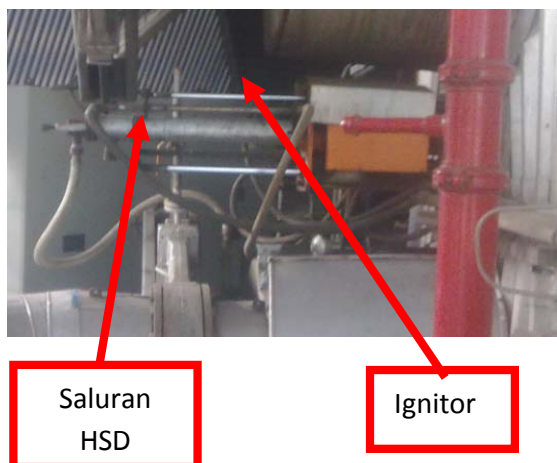
Di PLTU Banten 3 Lontar yang berkapasitas 3 x 315 MW dipasang *Tiny oil gun* yang pada kenyataannya menggunakan sedikit solar plus batu bara. Di mana harga batu bara

jauh lebih murah daripada harga solar. Sehubungan dengan itu maka penulis mengangkat pembahasan tentang “Analisis Perbandingan Penggunaan *Big Oil Gun* dan *Tiny Oil Gun* terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada saat *Start up Unit* di PLTU Banten 3 Lontar”.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Big Oil Gun

Pada Pembangkit berbahan bakar batubara, proses *start* awal boiler tidak bisa langsung menggunakan batubara karena temperatur di *furnace* masih rendah. Untuk menaikkan temperatur *furnace* maka digunakan bahan bakar HSD (*High Speed Diesel*) melalui alat *Big oil gun*. Pada *Big oil gun* terdapat dua saluran utama yaitu saluran bahan bakar HSD dan saluran *atomizing air*. Sedangkan untuk penyalaan awal pada *Big oil gun* menggunakan *ignitor* (pematik api) yang prinsip kerjanya sama seperti busi, seperti terlihat pada gambar berikut:



Pada PLTU Banten 3 Lontar, terdapat 3 layer *Big oil gun* yaitu layer AB, BC, dan DE. Pada masing-masing layer terdapat 4 *Big oil gun* yang berada pada setiap *corner* boiler, sehingga totalnya terdapat 12 buah *Big oil gun*. Posisi *Big oil gun* terletak diantara *coal burner*. *Big oil gun* layer AB terletak diantara *coal burner* A dan *coal burner* B, *Big oil gun* layer BC terletak diantara *coal burner* B dan *coal burner* C, dan *Big oil gun* layer DE terletak diantara *coal burner* D dan *coal burner* E. Desain awal *Big oil gun* adalah untuk pemanasan awal Boiler pada saat *start up unit*, untuk membantu pembakaran saat proses *start Mill* (*pulverizer coal*), dan untuk membantu pembakaran pada saat proses

stop Mill. Pada saat *start up unit* menggunakan *Big oil gun*, digunakan 4 sampai 10 buah *Big oil gun* tergantung kebutuhan pembakaran namun harus terdapat 8 *Big oil gun* yang siap (*standby*) agar keluar *work permit* atau izin *start up*. Pada PLTU Banten 3 Lontar, satu *Big oil gun* menghabiskan HSD 1,8 T/h sehingga proses *start up unit* menggunakan *Big oil gun* bisa menghabiskan HSD sebanyak 108.000 liter. *Start up unit* dengan menggunakan *Big Oil Gun* akan memakan waktu 6 jam untuk mencapai temperatur dan tekanan ruang bakar.

Rumus untuk menghitung biaya *start up* dengan *Big oil gun*:

$$C_{oil\ gun} : \text{Bahan Bakar} + \text{SDM} + \text{PS}$$

$$C_{oil\ gun} : (t_{start\ up} \times foc_{solar} \times Rp_{solar}) + (t_{start\ up} \times n_{pekerja} \times Rp_{pekerja}) + (t_{start\ up} (P_{FDF} + P_{IDF}) \times Rp_{listrik})$$

di mana:

$C_{oil\ gun}$: Biaya Penggunaan Bahan Bakar ketika *Start Up* dengan *Big oil gun* (Rp)

$t_{start\ up}$: Waktu yang dibutuhkan sampai unit sinkron (h)

foc_{solar} : Jumlah pemakaian solar (liter)

Rp_{solar} : Harga solar (Rp/liter.h)

$n_{pekerja}$: Jumlah pekerja yang dibutuhkan

$Rp_{pekerja}$: Tunjangan pekerja (Rp/orang.h)

P_{FDF} : Daya listrik motor *Force Draft (FD) Fan* (kWh)

P_{IDF} : Daya listrik motor *Induced Draft (ID) Fan* (kWh)

$Rp_{listrik}$: Harga listrik saat ini (Rp/kWh)

Ketika *Start Up* dengan menggunakan *Big oil gun* maka akan mempersingkat waktu *Start Up* hingga 2 jam apabila dibandingkan dengan *Start Up* menggunakan *Tiny oil gun*. Selisih 2 jam tersebut dapat dijadikan kesempatan produksi listrik.

Rumus untuk menghitung biaya kesempatan produksi dengan *Big Oil Gun*:

$$\text{Biaya Kesempatan Produksi} : = \Delta t \times \text{Output} \times Rp_{listrik}$$

di mana:

Δt : Selisih waktu *start up* antara *Big oil gun* dan *Tiny oil gun* (jam)

Output : Daya keluaran yang mampu dihasilkan (kW)

$Rp_{listrik}$: Harga listrik per kWh

Rumus untuk menghitung penghematan konsumsi HSD:

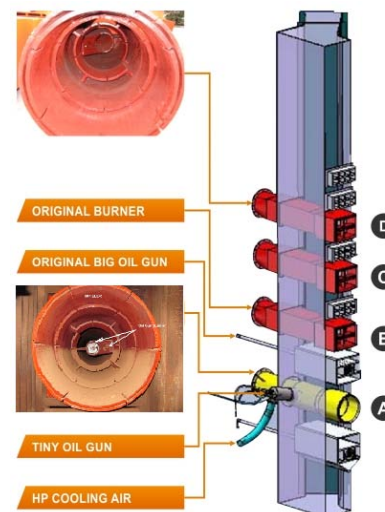
$$\text{Penghematan HSD} := \frac{\text{Rata - rata}_{\text{HSD oil gun}} - \text{Rata - rata}_{\text{HSD tiny oil gun}}}{\text{Rata - rata}_{\text{HSD oil gun}}} \times 100\%$$

2.2. Tiny Oil Gun

Tiny oil gun pada dasarnya adalah *Big oil gun* yang berukuran kecil, dimana pada PLTU Banten 3 Lontar terdapat empat buah *Tiny oil gun*, di setiap unitnya berarti secara keseluruhan ada 12 *Tiny oil gun*. Satu *Tiny oil gun* hanya menghabiskan HSD sebesar 0,12 T/h sehingga jika keempat *Tiny oil gun* menyala maka akan menghabiskan HSD 0,48 T/h. *Tiny oil gun* dipasang pada coal burner paling bawah, tepatnya pada keempat *burner Mill (pulverizer coal)* E yaitu pada layer A1, A2, A3 dan A4 dengan tujuan agar membantu pembakaran batubara yang keluar dari *Mill E*. Batubara yang keluar dari *Mill E*, sudah berukuran 200 mesh dan ditransportasikan ke *burner* dengan bantuan udara primer. Alhasil, proses *start up unit* bisa langsung menggunakan *Tiny oil gun* yang dicampur dengan batubara pada *Mill E* tanpa harus melakukan pemanasan dengan *Big oil gun*. Keuntungannya adalah pemakaian HSD pada saat proses *start up unit* menjadi berkurang.

Pulverized coal burner pada layer A yang merupakan *output* dari *Mill E* dimodifikasi menjadi seperti gambar 2.6 dimana pada *coal burner* ditambahkan *line oil (HSD)* yang merupakan *Tiny oil gun*. Cara kerja singkat dari *tiny oil pulverized coal burner* adalah ketika *Tiny oil gun* sudah menyala maka akan menghasilkan temperatur yang tinggi pada area *first stage burner*.

Ketika serbuk batubara *output* *Mill A* keluar melewati inti *first stage burner* yang bertemperatur tinggi maka temperatur pada serbuk batubara akan meningkat, berpecah menjadi bagian-bagian kecil, mengeluarkan partikel yang mudah terbakar, dan kemudian terbakar. Proses *start up* dengan menggunakan *Tiny oil gun* berlangsung lebih lama daripada *Big oil gun* yaitu selama 8 jam baru tercapai temperatur dan tekanan di dalam ruang bakar.



2.3. Efisiensi Boiler

Konsumsi Spesifik Bahan Bakar pada persentase beban yang sama cenderung menurun sebagai hasil kemajuan teknologi sehingga efisiensi Unit Pembangkit Termis menjadi lebih baik. Usaha-usaha memperbaiki efisiensi ini dilakukan dengan menambah siklus pemanasan ulang dari uap, menambah pemanas awal, menaikkan tekanan dan suhu uap (efisiensi bisa mencapai 38%). Pada PLTU, kehilangan energi terbesar ada pada kondensor, terbawa dalam air pendingin yang diperlukan untuk mengembunkan uap yang keluar dari turbin. Energi yang hilang pada kondensor bisa mencapai 40%, sedangkan energi yang hilang terbawa oleh gas buang PLTU berkisar antara 9-15%.

Rumus efisiensi boiler (metode langsung):

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Boiler } (\eta) &= \frac{\text{PANAS KELUAR}}{\text{PANAS MASUK}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi Boiler } (\eta) = \frac{\dot{m}_s (h_g - h_f)}{\dot{m}_f (\text{GCV})}$$

di mana:

\dot{m}_s = main steam flow (kg/h)

\dot{m}_f = fuel flow (kg/h)

h_g = enthalpi uap (kkal/kg)

h_f = enthalpi air pengisi (kkal/kg)

GCV = nilai kalor bahan bakar (kkal/kg)

2.4. Net Present Value (NPV)

NPV merupakan selisih antara pengeluaran dan pemasukan yang telah didiskon dengan menggunakan *social opportunity cost of capital* sebagai diskon faktor, atau dengan kata lain merupakan arus kas yang diperkirakan pada masa yang akan datang yang didiskontokan pada saat ini. Untuk menghitung NPV diperlukan data tentang perkiraan biaya investasi, biaya

operasi, dan pemeliharaan serta perkiraan manfaat/benefit dari proyek yang direncanakan. Jadi perhitungan NPV mengandalkan pada teknik arus kas yang didiskontokan.

$$NPV = \frac{Rt}{(1 + i)^t}$$

di mana:

t = waktu arus kas

i = suku bunga diskonto yang digunakan

Rt = arus kas bersih dalam waktu t

2.5. Internal Rate of Return (IRR)

Metode ini untuk membuat peringkat usulan investasi dengan menggunakan tingkat pengembalian atas investasi yang dihitung dengan mencari tingkat diskonto yang menyamakan nilai sekarang dari arus kas masuk proyek yang diharapkan terhadap nilai sekarang biaya proyek atau sama dengan tingkat diskonto yang membuat NPV sama dengan nol.

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1 + r)^n} = 0$$

di mana:

Cn = Arus kas dalam tahun n

r = suku bunga diskonto yang digunakan

n = waktu

2.6. Payback Period (PP)

Payback period adalah suatu metode berapa lama investasi akan kembali atau periode yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi (*initial cash investment*) dengan menggunakan aliran kas, dengan kata lain Payback Period merupakan rasio antara initial cash investment dengan cash flownya yang hasilnya merupakan satuan waktu. Suatu usulan investasi akan disetujui apabila Payback Periodnya lebih cepat atau lebih pendek dari Payback Period yang disyaratkan oleh perusahaan.

$$\text{Payback Period} = n + \frac{a - b}{c - b} \times 1 \text{ tahun}$$

di mana:

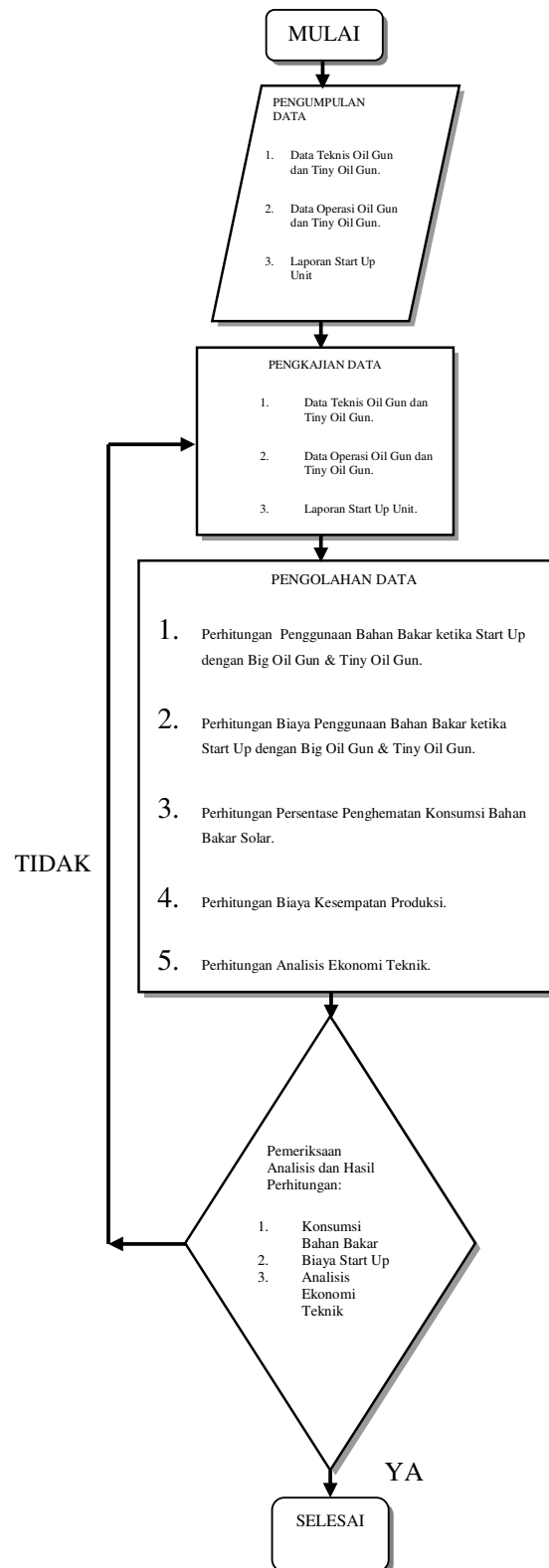
n = tahun terakhir di mana arus kas masih belum bisa menutupi initial investment.

a = jumlah initial investment

b = jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke-n

c = jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke-n+1

3. METODE PENELITIAN



No	Perhitungan	Satuan	Parameter
1	Pemakaian HSD ketika start up dengan Big Oil Gun	liter	56437
2	Pemakaian HSD ketika start up dengan Tiny Oil Gun	liter	2313,2
3	Pemakaian batubara ketika start up dengan Tiny Oil Gun	ton	114,4
4	Biaya Start Up dengan Big Oil Gun	Rp	427.357.752
5	Biaya Start Up dengan Tiny Oil Gun	Rp	163.521.539
6	Penghematan Konsumsi Bahan Bakar Solar	%	89,9
7	Biaya Kesempatan Produksi	Rp	190.746.400
8	Payback Period (PP)	tahun	9
9	Net Present Value (NPV)	Milyar	1,58
10	Internal Rate of Return (IRR)	%	9,5

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Perbandingan Pemakaian Bahan Bakar Solar (HSD) Ketika Start Up dengan Big Oil Gun dan Tiny Oil Gun

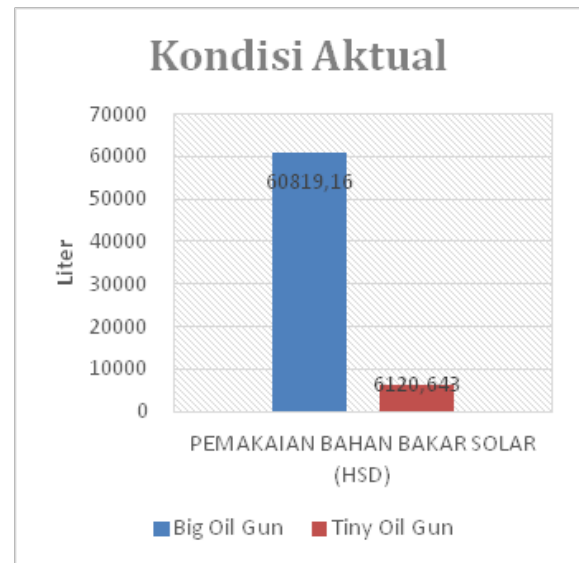
- Kondisi Ideal



Dari grafik di atas, pada kondisi ideal terlihat menurunnya pemakaian bahan bakar solar (HSD) ketika start up dengan Tiny oil gun. Ini membuktikan bahwa semakin sedikit bahan

bakar solar yang digunakan maka semakin besar penghematan yang bisa dilakukan.

- Kondisi Aktual

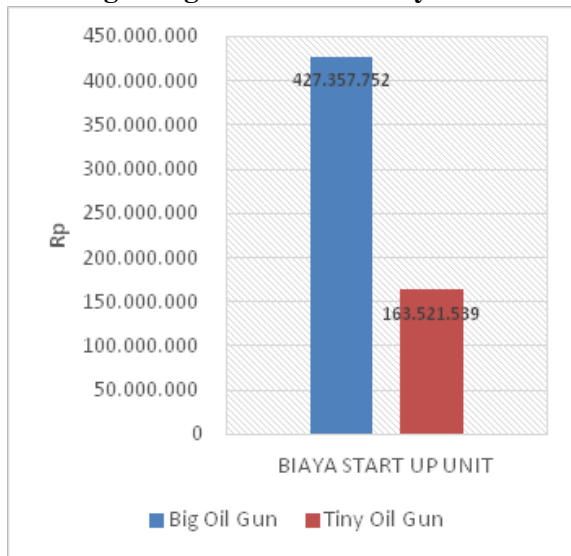


Dari grafik di atas, pada kondisi aktual juga terlihat menurunnya konsumsi bahan bakar solar (HSD) ketika menggunakan Tiny oil gun untuk keperluan start up unit. Hal ini disebabkan karena ketika menggunakan Tiny oil gun, proses pembakaran dibantu dengan batubara dan solar hanya banyak dipakai di awal saja. Setelah udara dan bahan bakar bercampur dengan baik, pembakaran oleh Tiny oil gun beralih dengan menggunakan batubara sampai unit sinkron. Oleh karena itu, pemakaian bahan bakar solar menjadi sedikit.

Ketika start up dengan Big oil gun, pada kondisi ideal dan aktual tidak terlihat perbedaan yang signifikan terhadap pemakaian bahan bakar solar (HSD). Selisih keduanya adalah 7% atau setara dengan 4382 liter. Hal ini disebabkan karena pada kondisi ideal, tidak memperhitungkan penguapan yang terjadi pada solar. Padahal, pada kondisi aktualnya, solar mengalami penguapan dan sering terjadi kebocoran pada line solar sebelum terjadi pembakaran.

Sedangkan ketika start up dengan Tiny oil gun, pada kondisi ideal dan aktual terlihat perbedaan yang signifikan terhadap pemakaian bahan bakar solar (HSD). Selisih keduanya sampai 3807 liter. Hal tersebut disebabkan oleh kualitas batubara yang jelek sehingga lebih banyak batubara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran.

4.2. Analisis Perbandingan Biaya Start Up dengan Big Oil Gun dan Tiny Oil Gun



Dari grafik di atas, terlihat penurunan biaya start up ketika menggunakan Tiny oil gun. Start up dengan Tiny oil gun menggunakan banyak solar (di awal saja) dan batubara hingga unit sinkron, di mana harga batubara lebih murah daripada harga solar. Hal ini juga tidak lepas dari penghematan penggunaan bahan bakar solar. Penghematan penggunaan bahan bakar solar berbanding lurus dengan penghematan biaya keluar, artinya semakin sedikit bahan bakar solar yang digunakan maka semakin besar penghematan biayanya. Selisih biaya start up keduanya yaitu sebesar Rp 263.836.213, terjadi penurunan biaya start up sebesar 61%. Penurunan biaya ini bisa terjadi setiap kali start up unit dilakukan. Kegiatan start up unit berlangsung rata-rata 8 kali start up per tahunnya. Penurunan biaya juga berdampak besar terhadap finansial perusahaan.

4.3. Analisis Penghematan Konsumsi Bahan Bakar

Pemakaian bahan bakar solar yang terbesar adalah pemakaian untuk start up unit. Persentase pemakaian solar untuk start up yaitu sebesar 95,47%. Persentase tersebut sangat mendominasi dibandingkan pemakaian untuk keperluan lainnya. Oleh karena itu, hadirnya Tiny oil gun merupakan optimalisasi yang strategis, di mana sejak digunakan pada tahun 2014 hingga sekarang, kehadiran Tiny oil gun untuk start up unit menghemat bahan bakar solar sebesar 89,9% (54698 liter). Angka yang cukup besar untuk mendukung Kebijakan Energi Nasional yang dicanangkan oleh pemerintah

pada tahun 2014. Apalagi kini PLTU Banten 3 Lontar merupakan salah satu PLTU percontohan di Indonesia.

4.4. Analisis Biaya Kesempatan Produksi

Selisih 2 jam dari durasi start up antara Big oil gun (6 jam) dan Tiny oil gun (8 jam) inilah yang dinamakan kesempatan produksi listrik. Dari 2 jam tersebut, output yang dihasilkan baru mencapai 65 MW dari kapasitas terpasangnya 315 MW. Inilah yang merupakan keunggulan dari Big oil gun. Namun di samping itu, Cost Big oil gun dengan biaya kesempatannya pun masih lebih mahal jika dibandingkan dengan Cost Tiny oil gun. Cost Big Oil Gun rata-rata yaitu sebesar Rp 37.551.694, sedangkan Cost Tiny oil gun rata-rata yaitu sebesar Rp 24.922.866. Artinya terdapat perbedaan sebesar 33% yang membuat Tiny oil gun masih lebih menguntungkan secara ekonomis.

4.5. Analisis Ekonomi Teknik

Analisis Ekonomi Teknik sebagai bentuk kelayakan investasi Tiny oil gun, dilakukan dengan 3 metode yaitu Metode Payback Period (PP), Metode Net Present Value (NPV) dan Metode Internal Rate of Return (IRR). Dengan Metode Payback Period (PP), didapat bahwa investasi Tiny oil gun sebesar 11 M akan kembali pada tahun 2022, 9 tahun setelah investasi yang dilakukan pada tahun 2013. Dari metode ini, investasi dinilai layak karena tingkat pengembalian investasi lebih kecil daripada masa pemakaian (20 tahun).

Dengan Metode Net Present Value (NPV), didapat NPV Tiny oil gun pada kondisi present, annual dan future. Dengan tingkat suku bunga acuan sebesar 5%, semua nilainya bernilai positif (>0). Ketika nilai NPV lebih besar daripada nol maka investasi yang dilakukan memberikan manfaat bagi perusahaan dan proyek bisa dijalankan. Di sisi lain, ketika nilai NPV lebih kecil daripada nol maka investasi yang dilakukan akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan dan proyek harus ditolak. Dengan tingkat suku bunga yang ditetapkan Bank Indonesia sebesar 5% pada Juli 2017 maka investasi Tiny oil gun dinilai layak (proyek bisa dijalankan).

Sama halnya dengan perhitungan kelayakan investasi menggunakan Metode Net Present Value (NPV), perhitungan dengan Metode Internal Rate of Return (IRR) juga menggunakan tingkat suku bunga acuan dari Bank Indonesia. Apabila nilai IRR lebih besar

daripada tingkat suku bunga acuan, maka investasi layak untuk dilakukan. Sedangkan, apabila nilai IRR lebih kecil daripada tingkat suku bunga acuan, maka investasi tidak layak dan harus ditolak untuk dijalankan. Pada perhitungan ini didapat nilai IRR sebesar 9,5%, artinya nilai IRR lebih besar daripada tingkat bunga acuan (i^*) terbaru yang ditetapkan oleh Bank Indonesia yaitu sebesar 5%. Oleh karena itu, investasi Tiny oil gun pada tahun 2013 untuk keperluan start up unit di PLTU Banten 3 Lontar layak untuk dijalankan.

5. KESIMPULAN

- a. Tiny oil gun sebagai optimalisasi strategis untuk start up unit di PLTU Banten 3 Lontar dari tahun 2014 – Mei 2017 menghemat konsumsi bahan bakar solar hingga 89,9% atau sebesar 54698 liter.
- b. Dengan menggunakan Tiny oil gun, PLTU Banten 3 Lontar menghemat biaya start up hingga 61% atau sebesar Rp 263.836.213.
- c. Tingkat kegagalan start up dengan Tiny oil gun (15%) lebih rendah dibandingkan tingkat kegagalan start up dengan Big oil gun (40%)
- d. Dengan analisa ekonomi teknik menggunakan metode Payback Period (PP), Net Present Value (NPV), dan Internal Rate of Return (IRR), investasi terhadap Tiny oil gun layak untuk diterima dan dijalankan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marsudi, Djiteng. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga. 2005.
- [2] Blank Leland, Anthony Tarquin. *Engineering Economy*. Seventh Edition. New York : McGraw Hill Companies. 2012.
- [3] Kasmir, dan Jakfar. *Studi Kelayakan Bisnis*. Jakarta : Prenada Media Grup. 2003
- [4] Ahmadi Hasia, Hasan Basori, Aripin Gandi Marbun. *Pengaturan Coal Flow ECF A pada Start Up Unit Menggunakan Tiny Oil Gun*. PT Indonesia Power : Banten. 2014.
- [5] Manual book Boiler, Dongfang Boiler Grup Co., Ltd., 2010.
- [6] Manual book Oil Burner, Xuzhou Combustion Control Research Institute Co., Ltd., 2008.
- [7] Training Manual of Tiny-oil Ignition System, PT D&C Engineering, 2007.