

P-ISSN : 1693-1548

E-ISSN : 2684-9372

JURNAL TEKNIK MESIN

SINERGI

MESIN DAN ENERGI

SINERGI	Volume	Nomor	Makassar	P-ISSN : 1693-1548
	18	2	Oktober 2020	E-ISSN : 2684-9372

**SUSUNAN DEWAN REDAKSI JURNAL
SINERGI POLITEKNIK NEGERI UJUNG
PANDANG**

Pelindung

Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang

Penanggung Jawab

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Penyunting

Pria Gautama

Wakil Ketua

Yiyin Klistafani

Penyunting Ahli

Salama Manjang (UNHAS – Makassar)
Nasaruddin Salam (UNHAS – Makassar)
Denni Kurniawan (CURTIN – Serawak)
Rafiuddin Syam (UNHAS – Makassar)
Rhiza S. Sajad (UNHAS – Makassar)

Penyunting Pelaksana

Muhammad Anshar
Suryanto
Makmur Saini
Nur Hamzah
Firman
Muhammad Arsyad
Jamal
A.M.Shiddiq Yunus
Rusdi Nur
Ahmad Zubair Sultan
Abdul Kadir Muhammad
Akhmad Taufik

Layout & IT

Muhammad Ruswandi Djalal

Administrasi

Dian Siswi Handayani

DARI REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kekhadirat Allah SWT, atas berkat dan Hidayah-Nya sehingga terbitan tahun kelima belas nomor dua Jurnal Sinergi ini dapat diwujudkan.

Terbitan ini memuat sebelas artikel hasil penelitian dan artikel konseptual dari bidang mesin dan energi.

Kami mengucapkan terima kasih kepada pimpinan Politeknik atas perhatian dan arahnya serta kepada semua pihak yang turut membantu penerbitan jurnal ini.

Makassar, Oktober 2020



Redaksi

DAFTAR ISI

<p>◆ Pemantauan Elevasi Bendungan Bilibili Secara Real Time Untuk Pencapaian Kinerja PLTA Bilibili Mochamad Marte Ardianto</p>	148 – 156
<p>◆ Analisis Efisiensi Termal Sistem PLTGU Sengkang Pada Tekanan Uap Ekstraksi Yang Bervariasi Sri Suwasti, Muhammad Syukur Abdullah, Siti Astrijah Asdar</p>	157 – 162
<p>◆ Disain dan Pembuatan Alat Atomisasi Aluminium Edi Iskandar, Hafrizon Hafrizon, Wiwiek Nuralimah, Hairul Arsyad, Lukmanul Hakim Arma</p>	163 – 169
<p>◆ Studi Estimasi Beban Puncak Hari Libur Nasional Sistem Interkoneksi Sulselbar Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik Makmur Saini, A.M. Shiddiq Yunus, Firdaus Firdaus</p>	170 – 181
<p>◆ Pengaruh Proses Nitriding Terhadap Perubahan Kekerasan Dan Keausan Permukaan Baja St 40 Dengan Variasi Waktu Dan Suhu Trisbenheiser Trisbenheiser</p>	182 – 188
<p>◆ Peningkatan Ketersediaan Waktu Operasi Pada Mesin Boiler Berdasarkan Down Time Dengan Pendekatan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus PT. Dian Swastika Sentosa, Tbk Ahmad Zubair Sultan, Muhammad Arsyad Suyuti, Tanhar Bin Naim, Arya A. Amiruddin</p>	189 – 197
<p>◆ Analisis Kuat Arus dan Wire Speed Pada Permesinan Wire Cut EMS 45 Terhadap Kekasaran Permukaan Roda Gigi Lurus Muas M, Rusdi Nur, Usman Usman, Firman Arif</p>	198 – 205
<p>◆ Analisa Perawatan Diesel Engine Generator (DEG) Tunu South Production Platform Pertamina Hulu Mahakam Abdul Zain, Wildan Alif Imam Putra</p>	206 – 212
<p>◆ Rancang Bangun Mesin Produksi Biodiesel Sistem Kontinyu Kapasitas 400 Liter/Jam Suryanto Suryanto, Sukma Abadi, Barka Amanah, Wahyudin Wahyudin</p>	213 – 223
<p>◆ Penggunaan Peralatan Eksperimen Karakteristik Aliran Laminer Melewati Berbagai Bentuk dan Model Interaksi Benda Hafrison Salamba, Edi Iskandar</p>	224 – 232
<p>◆ Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Heat Rate pada Unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeneponto 2 135 MW Nur Hamzah, A.M. Shiddiq Yunus, Dwiki Dirgantama</p>	233 – 240
<p>◆ Analisis Pengaruh Perubahan Beban Generator Terhadap Efsiensi Kinerja PLTU Bosowa Energi Jeneponto Unit 2 Andreas Pangkung, Herman Nawir, Aditya Nugraha Adji Santoso</p>	241 – 250
<p>◆ Perancangan Sistem Pengendali Jarak Jauh Berbasis Mikrokontroler Pada Rumah Cerdas Lewi Lewi, Abdul Rahman</p>	251 – 256
<p>◆ Analisa Keseimbangan Energi PLTU Takalar (Punagaya) Unit 2 Berdasarkan Perubahan Beban Makmur Saini, Nur Hamzah, Devi Prasetyo Utomo</p>	257 – 264

Penggunaan Bahan Bakar High Speed Diesel dan Marine Fuel Oil Terhadap Biaya Operasi PLTD

Nur Hamzah^{1*}, Makmur Saini², dan Makbul³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*hamzah_said@poliupg.ac.id

Abstract: Diesel Power Plant is one that can overcome problems at peak loads because it can be operated quickly and easily and can supply a large enough power, both as a main power supply and as a backup to overcome peak loads in urban areas as a center of load. The increase in fuel prices, PT. PLN (Persero) UL-PLTD Tello Makassar seeks to reduce fuel usage costs without reducing electricity production. PT. PLN (Persero) uses two types of fuel namely High Speed Diesel to Marine Fuel Oil. This research focuses on the efficient use of High Speed Diesel and Marine Fuel Oil as well as the cost of using these fuels in the operation of Diesel Power Plant at PT. PLN (Persero) Parent Generation and Distribution of Sulawesi Implementing Unit for Tello Generation Control, Makassar City, South Sulawesi Province. The largest thermal efficiency value of PLTD obtained on January 20, 2018 was 40.02% with an SFC value of 0.262 l / kWh. While the thermal efficiency value of the smallest Diesel Power Plant is on January 25, 2018 at 38.62% with an SFC value of 0.267 liters / kWh. The largest total cost of using Diesel Power Plant fuel is on January 19, 2018 amounting to Rp. 181,014,222.00 with the use of Marine Fuel Oil fuel as much as Rp. 167,815,245.00 and the cost of using High Speed Diesel fuel as much as Rp. 13,198,977.00.

Keywords: Diesel power plant, high speed diesel, marine fuel oil, efficiency

Abstrak: Pembangkit Listrik Tenaga Diesel merupakan salah satu yang dapat mengatasi permasalahan pada beban puncak karena dapat dioperasikan secara cepat dan mudah serta dapat mensuplai daya yang cukup besar, baik sebagai pensuplai utama daya maupun sebagai cadangan untuk mengatasi beban puncak pada daerah perkotaan sebagai pusat beban. Dengan adanya kenaikan harga bahan bakar, PT. PLN (Persero) UL-PLTD Tello Makassar berupaya mengurangi biaya pemakaian bahan bakar tanpa mengurangi produksi listrik. PT. PLN (Persero) menggunakan dua jenis bahan bakar yaitu High Speed Diesel ke Marine Fuel Oil. Penelitian ini berfokus pada efisiensi penggunaan bahan bakar High Speed Diesel dan Marine Fuel Oil serta biaya penggunaan bahan bakar tersebut dalam pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Diesel di PT. PLN (Persero) Induk Pembangkitan dan Penyaluran Sulawesi Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Tello, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Nilai efisiensi thermal Pembangkit Listrik Tenaga Diesel terbesar yang diperoleh yaitu pada tanggal 20 Januari 2018 sebesar 40,02 % dengan nilai SFC yaitu 0,262 l/kWh. Sedangkan nilai efisiensi thermal Pembangkit Listrik Tenaga Diesel terkecil yaitu pada tanggal 25 Januari 2018 sebesar 38,62 % dengan nilai SFC yaitu 0,267 liter/kWh. Biaya total penggunaan bahan bakar PLTD terbesar yaitu pada tanggal 19 Januari 2018 sebesar Rp. 181.014.222,00 dengan penggunaan bahan bakar Marine Fuel Oil sebesar Rp. 167.815.245,00 dan biaya penggunaan bahan bakar High Speed Diesel sebesar Rp. 13.198.977,00.

Kata kunci : Pembangkit listrik tenaga diesel, high speed diesel, marine fuel Oil, efisiensi.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan dunia industri dan teknologi maka kebutuhan akan tenaga listrik pada masyarakat juga semakin meningkat. Energi listrik sudah menjadi kebutuhan utama seperti juga kebutuhan utama yang dimana hampir semua aktivitas manusia berhubungan dengan energi listrik sehingga tanpa tenaga listrik masyarakat sulit melakukan aktivitas. Pada abad ini berbagai jenis pembangkit listrik berbagai sumber energi telah digunakan, seperti PLTD, PLTG/U, PLTP, dan PLTA yang sebagian besar menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber panas untuk menghasilkan steam yang bertemperatur dan bertekanan tinggi. Hingga saat ini banyak pusat pembangkit listrik yang telah dibangun, namun tetap saja kebutuhan akan energi listrik dirasa kurang dibanding dengan kemajuan industri saat ini. Dalam hal ini pada jam-jam tertentu ada peningkatan beban pada konsumen yang

disebut beban puncak sehingga PT. PLN (persero) sebagai penyedia listrik menanggulangi beban puncak dengan pembangunan pusat pembangkit listrik tenaga diesel [1].

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) adalah suatu instalasi pembangkit listrik yang terdiri dari suatu unit pembangkit dan sarana pembangkitan. Penggerak utama PLTD untuk mendapatkan energi listrik adalah mesin diesel yang kemudian dikeluarkan oleh generator [2].

Dengan adanya kenaikan harga bahan bakar, PT. PLN (Persero) Induk Pembangkitan dan Penyaluran Sulawesi Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Tello berupaya mengurangi biaya pemakaian bahan bakar tanpa mengurangi produksi listrik. PT. PLN (Persero) menggunakan dua jenis bahan bakar yaitu *High Speed Diesel* ke *Marine Fuel Oil*. Maka dari itu PT. PLN (Persero) Induk Pembangkitan dan Penyaluran Sulawesi Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Tello menggunakan *High Speed Diesel* sebagai *Starting* awal kemudian untuk pemakaian bahan bakar selanjutnya menggunakan *Marine Fuel Oil*. Tujuannya adalah untuk mengurangi biaya pemakaian bahan bakar *High Speed Diesel*. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (*prime mover*). *Prime mover* merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Mesin diesel sebagai penggerak mulanya adalah sebuah mesin yang mendapat energi dari bahan bakar cair yang dikenal minyak solar dan mengubah energi mekanik mekanik yang dikopel sebuah generator untuk mengubah energi mekanik mesin diesel menjadi energi listrik. Diesel mendapatkan daya dan hasil pembakaran bahan bakar di dalam silinder proses ini disebut Siklus Diesel. Pembakaran bahan bakar tersebut menghasilkan kenaikan temperatur dan tekanan di dalam silinder mesin dan tahanan yang dibangkitkan mendorong piston yang terdapat pada silinder mesin. Kemudian daya mekanik dibangkitkan, diteruskan ke batang engkol (*connection rod*), yang dipasang pada poros engkol (*crank shaft*) untuk meneruskan daya dari piston ke poros yang digerakkan [3]. Prinsip kerja motor diesel dapat dipahami dengan urutan langkah dalam menghasilkan satu usaha untuk memutar poros engkol. Adapun langkah kerjanya sebagai berikut :

1. Langkah Hisap

Piston (torak) bergerak keatas dari TMA ke TMB, katup masuk membuka dan katup buang tertutup, udara murni terhisap masuk ke dalam silinder diakibatkan oleh dua hal. Katup hisap mulai terbuka beberapa derajat sebelum *piston* (torak) mencapai TMA (dalam gambar diagram 2.2 : 10° sebelum TMA) dan menutup kembali beberapa derajat setelah TMB (dalam gambar 2.2 : 49° setelah TMB).

2. Langkah Kompresi

Poros engkol berputar, kedua tertutup rapat, *piston* (torak) bergerak dari TMB ke TMA. Udara murni yang terhisap ke dalam silinder saat langkah hisap, dikompresi hingga tekanan dan suhunya naik mencapai 35 atm dengan temperatur 500°C-800°C (pada perbandingan kompresi 20 : 1). Gambar 2.2 menunjukkan katup hisap baru menutup kembali setelah beberapa dan menutup kembali beberapa derajat setelah TMB (dalam gambar 2.2 : 49° setelah TMB). Dengan kata lain, langkah kompresi efektif baru terjadi setelah katup masuk (hisap) benar-benar tertutup.

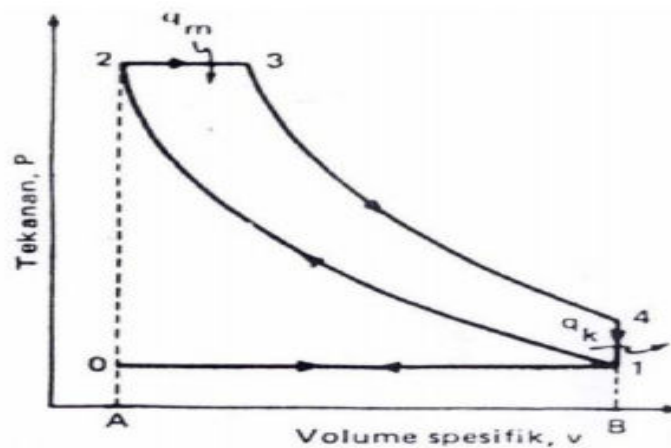
3. Langkah Usaha (Pembakaran)

Poros engkol terus berputar, beberapa derajat sebelum torak mencapai TMA, *injector* (penyemprot bahan bakar) menginjeksikan bahan bakar ke ruang bakar (di atas torak/*piston*). Bahan bakar yang diinjeksikan dengan tekanan tinggi (150-300 atm) akan membentuk partikel-partikel kecil (kabut) yang akan menguap dan terbakar dengan cepat karena adanya temperatur ruang bakar yang tinggi (500°C-800°C). Proses pembakaran ini akan menghasilkan tekanan balik kepada *piston* (torak) sehingga *piston* akan terdorong ke bawah beberapa saat setelah mencapai TMA sehingga bergerak dari TMA ke TMB.

4. Langkah Pembuangan

Katup buang terbuka dan *piston* bergerak dari TMB ke TMA. Karena adanya gaya kelembaban yang dimiliki oleh roda gaya (*fly wheel*) yang seporos engkol dengan poros engkol, maka saat langkah usaha berakhir, poros engkol tetap berputar. Hal tersebut menyebabkan *piston* bergerak

dari TMB ke TMA. Karena katup buang terbuka, maka gas sisa pembakaran terdorong keluar oleh gerakan *piston* dari TMB ke TMA. Setelah langkah ini berakhir, langkah kerja motor diesel empat langkah (4 tak) akan kembali lagi ke langkah hisap. Proses yang akan berulang-ulang tersebut disebut dengan siklus diesel. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 2.1 siklus kerja motor diesel empat langkah dan gambar 2.2 diagram kerja katup motor diesel empat langkah. Siklus udara tekanan konstan (siklus diesel) pada tahun 1893 Dr. Rudolf Diesel berhasil menciptakan motor bakar torak yang kemudian terkenal dengan nama motor diesel dapat digambarkan dalam diagram P-v seperti gambar 1. Siklus ini dipergunakan pengidelan mengenai pemasukan kalor pada siklus diesel dilaksanakan pada tekanan-konstan (proses 2-3).



Gambar 1. Diagram P-v Siklus Tekanan Konstan

Adapun langkah kerjanya sebagai berikut:

Langkah 0-1 adalah langkah hisap, tekanan (P) konstan

Langkah 1-2 adalah langkah kompresi, proses adiabatik, kondisi isentropik

Langkah 2-3 adalah sebagai proses pemasukan kalor pada tekanan konstan

Langkah 3-4 adalah proses ekspansi, isentropik

Langkah 4-1 adalah proses pengeluaran kalor pada volume konstan

Langkah 1-0 adalah langkah buang, tekanan konstan.

Bahan Bakar *High Speed Diesel* Bahan bakar *High Speed Diesel* adalah bahan bakar minyak hasil sulingan dari minyak bumi mentah, bahan bakar ini berwarna kuning coklat yang jernih. Penggunaan *High Speed Diesel* pada umumnya adalah bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (diatas 1000 rpm), yang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur-dapur kecil yang terutama diinginkan pembakaran yang bersih. *High Speed Diesel* ini biasa disebut juga *gas oil*, *automotive diesel*, solar.

Karakteristik yang umum perlu diketahui menilai kinerja bahan bakar diesel antara lain viskositas, angka setana, berat jenis, titik tuang, nilai kalor pembakaran, volatolinitas, kadar residu karbon, kadar air dan sedimen, indeks diesel, titik embun, kadar sulfur dan titik nyala.

a. Viskositas

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi. Jika viskositas semakin tinggi, maka tahanan untuk mengalir akan semakin tinggi. Karakteristik ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel.

b. Angka setana

Angka setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala sendiri (*auto ignition*). Skala untuk angka setana biasanya menggunakan referensi berupa campuran antara normal setana dengan

alpha methyl naphtalene atau dengan *heptamethylnonane*. Angka setana suatu bahan bakar biasanya didefinisikan sebagai persentase volume dari normal setana dengan campurannya tersebut.

c. Berat Jenis

Berat jenis menunjukkan perbandingan berat per satuan volume, karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar. Berat jenis bahan bakar diesel diukur dengan menggunakan metode ASTM D287 atau ASTM D1298.

d. Titik Tuang

Titik tuang adalah titik temperatur terendah dimana mulai terbentuk kristal-kristal parafin yang dapat menyumbat saluran bahan bakar. Titik tuang ini dipengaruhi oleh derajat ketidakjenuhan (angka iodium), semakin tinggi ketidakjenuhan maka titik tuang semakin rendah. Karakteristik ini ditentukan dengan menggunakan metoda ASTM D97.

e. Nilai Kalor Pembakaran

Nilai kalor pembakaran menunjukkan energi kalor yang dikandung dalam tiap satuan massa bahan bakar.

f. Volatilitas

Volatilitas adalah sifat kecenderungan bahan bakar untuk berubah fasa menjadi fasa uap. Tekanan uap yang tinggi dan titik didih yang rendah menandakan tingginya volatilitas.

g. Kadar Residu Karbon

Kadar residu karbon menunjukkan kadar fraksi hidrokarbon yang mempunyai titik didih lebih tinggi dari *range* bahan bakar. Adanya fraksi hidrokarbon ini menyebabkan menumpuknya residu karbon dalam ruang pembakaran yang dapat mengurangi kinerja mesin. Pada temperatur tinggi deposit karbon ini dapat membara, sehingga menaikkan temperatur silinder pembakaran.

h. Kadar Air dan Sedimen

Pada negara yang mempunyai musim dingin kandungan air yang terkandung dalam bahan bakar dapat membentuk kristal yang dapat menyumbat aliran bahan bakar. Selain itu, keberadaan air dapat menyebabkan korosi dan pertumbuhan *mikro organisme* yang juga dapat menyumbat aliran bahan bakar. Sedimen dapat menyebabkan penyumbatan juga dan kerusakan mesin.

i. Indeks Diesel

Indeks diesel adalah suatu parameter mutu penyalan pada bahan bakar mesin diesel selain angka setana. Mutu penyalan dari bahan bakar diesel dapat diartikan sebagai waktu yang diperlukan untuk bahan bakar agar dapat menyala di ruang pembakaran yang terjadi.

j. Titik Embun

Titik embun adalah suhu dimana mulai terlihatnya cahaya yang berwarna suram relatif terhadap cahaya sekitarnya pada permukaan minyak diesel dalam proses pendinginan. Karakteristik ini ditentukan dengan menggunakan metoda ASTM D97.

k. Kadar Sulfur

Kadar sulfur dalam bahan bakar diesel dari hasil penyulingan pertama (*straight-run*) sangat bergantung pada asal minyak mentah yang akan diolah. Pada umumnya, kadar sulfur dalam bahan bakar diesel adalah 50-60% dari kandungan-kandungan dalam minyak mentahnya. Karakteristik ini ditentukan dengan menggunakan metode ASTM D1552.

l. Titik nyala (flash point).

Titik nyala adalah temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala. Hal ini berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan dan penanganan bahan bakar [3].

Bahan Bakar *Marine Fuel Oil (MFO)* adalah bahan bakar minyak, yang digunakan untuk pembakaran langsung di dapur-dapur industri dan pemakaian lainnya. *Marine Fuel Oil* merupakan bahan bakar minyak yang bukan termasuk jenis distilate, tetapi termasuk jenis residu yang lebih kental pada suhu kamar serta berwarna hitam pekat. Mutu *marine fuel oil* yang baik harus memenuhi batasan sifat-sifat yang tercantum pada spesifikasi dalam segala cuaca. Karena secara umum bahan bakar *marine fuel oil* hanya dapat dipompa dan diatomisasikan setelah melalui pemanasan terlebih dahulu.

Karakteristik yang umum perlu diketahui menilai kinerja bahan bakar diesel antara lain viskositas, *specific gravity*, kualitas pengapian, kandungan air, sulfur, kandungan abu, kandungan residu karbon, kandungan aspal, titik nyala, kandungan sedimen.

a. Viskositas

Marine Fuel Oil biasanya dibeli berdasarkan batasan viskositas. Walaupun begitu, nilai viskositas tidak berhubungan dengan tingkat kualitas *marine fuel oil*, namun lebih berhubungan langsung terhadap sistem pemanas dan penanganan bahan bakar.

b. *Specific gravity*

Nilai *marine fuel oil* berhubungan langsung dengan proses pemisahan kandungan air dari *marine fuel oil*. Proses pemanasan pada *marine fuel oil* sebelum separasi dapat membantu proses pemisahan dengan air, karena massa jenis *marine fuel oil* lebih sensitif terhadap perubahan temperatur dibandingkan dengan massa jenis air. Nilai viskositas yang lebih rendah juga dapat membantu proses separasi sentrifugal. Batas maksimal *specific gravity* yang baik bagi proses separasi sentrifugal adalah sebesar 0,991 (pada 15°C).

c. Kualitas pengapian (*ignition quality*)

Nilai kualitas pengapian bahan bakar sangat bervariasi. Kualitas pengapian yang rendah dapat mengakibatkan permasalahan pada saat proses penyalaan mesin (terutama saat proses *start* dingin) dan saat operasi dengan beban rendah. Kualitas pengapian yang rendah dapat mengakibatkan keterlambatan pengapian yang panjang dan juga dapat mengakibatkan peningkatan secara cepat serta tekanan maksimum yang tinggi.

d. Kandungan air

Air yang terkandung di dalam *marine fuel oil* dapat berasal dari berbagai sumber dan bisa berupa air biasa atau bahkan air laut. Air juga dapat dihasilkan dari kondensasi yang terjadi di dalam tangki penyimpanan. Semakin tinggi kandungan air dapat menyebabkan penurunan kandungan energi pada bahan bakar tersebut, yang nantinya akan mengakibatkan peningkatan jumlah konsumsi bahan bakar. Bila *marine fuel oil* terkontaminasi dengan air laut, maka klorin di garam dapat menyebabkan korosi pada sistem bahan bakar, termasuk sistem injeksi bahan bakar. Air laut dapat menjadi penyebab masalah, deposit, dan korosi terutama pada area bertemperatur tinggi.

e. Sulfur

Sulfur dioksida yang mengakibatkan polusi udara sulfur yang terkandung di dalam *marine fuel oil* dapat mengakibatkan korosi temperatur rendah (*cold corrosion*) dan keausan korosi, terutama saat operasi dengan beban rendah. Sulfur juga berkontribusi menghasilkan deposit pada sistem *exhaust* biasanya bersama dengan vanadium dan atau sodium dalam bentuk sulfat. Depositnya juga dapat mengakibatkan korosi temperatur tinggi.

f. Kandungan abu (ash)

Komponen abu yang terdapat dalam *marine fuel oil* antara lain:

1. Aluminium dan silikon oksida berasal dari proses penyulingan dan dapat menyebabkan keausan abrasif utamanya pada pompa injeksi dan nosel, dan bisa juga terjadi pada *liner* silinder dan *ring piston*. Separasi bahan bakar yang efisien harus dilaksanakan agar mencegah keausan pada komponen mesin
2. Vanadium dan sodium oksida, utamanya *sodium vanadyl vanadates* terbentuk selama proses pembakaran, kemudian akan bercampur atau bereaksi dengan oksida dan vanadates dari komponen abu lain (seperti nikel, kalsium, silikon, dan sulfur). Campuran tersebut dapat membentuk deposit pada katup *exhaust* atau pada *turbocharger*. Deposit ini bersifat sangat korosif dan dapat merusak lapisan pelindung oksida sehingga mengakibatkan korosi temperatur tinggi dan terbakarnya katup. Deposit dan korosi temperatur tinggi pada *turbocharger*, khususnya pada *ring* nosel dan sudu turbin, akan mengakibatkan penurunan efisiensi *turbocharger*. Sistem udara masuk akan ikut terganggu karena kurangnya udara *inlet*, sehingga beban termal mesin menjadi meningkat.

g. Kandungan residu karbon

Kandungan residu karbon yang tinggi akan mengakibatkan pembentukan deposit di dalam ruang bakar dan pada sistem udara *exhaust*, terutama pada saat pembebanan rendah.

h. Kandungan aspal (*asphaltene*)

Kandungan aspal dapat menyebabkan pembentukan deposit pada ruang bakar dan pada sistem *exhaust*, terutama pada beban rendah. Kandungan aspal yang tinggi mengindikasikan bahwa bahan bakar sulit mengalami pengapian dan terbakar dengan lambat.

i. Titik nyala

Titik nyala yang rendah tidak akan berpengaruh pada proses pembakaran, tapi bahan bakar akan lebih berbahaya untuk ditangani dan disimpan. Akan lebih berbahaya bila *pour point* bernilai tinggi. *Pour point* adalah titik temperatur dimana bahan bakar tidak dapat dialirkan. Penguapan yang tinggi (yang biasanya mengindikasikan titik nyala yang rendah) dapat juga menyebabkan kavitasi dan kantong udara di dalam pipa bahan bakar.

j. Kandungan sedimen

Semua *marine fuel oil* mengandung sedimen dalam jumlah tertentu yang dapat berupa organik dan anorganik. Jumlah total sedimen (analisis TSP) menunjukkan kebersihan bahan bakar (keberadaan pasir, karat, kotoran, butir katalis, dan kontaminan anorganik/padat lainnya), stabilitas bahan bakar (ketahanan pada kerusakan dan adanya endapan aspal), dan kompatibilitas terhadap bahan bakar dengan kualitas berbeda [4].

Alur *system treatment Marine Fuel Oil* Terdiri dari :

1. *Storage Tank*

Tempat penimbunan cadangan bahan bakar pengendapan lumpur, kotoran padat dan kandungan air jenuh. Dimana temperatur *Marine Fuel Oil* dijaga 60–80°C untuk mempermudah proses pemompaan.

2. *Settling Tank*

Tempat penyimpanan sementara *Marine Fuel Oil* siap disaring dan menurunkan kandungan air lebih. Dimana temperatur pemanas dijaga 90–100°C untuk menjaga panas *Marine Fuel Oil* pada 80–90°C agar tidak terjadi penggumpalan partikel *Marine Fuel Oil* menjadi aspal.

3. *Separator*

Tempat pemisahan air dan partikel *Marine Fuel Oil* berdasar berat jenis. Dimana pemanas *Marine Fuel Oil* pada 80–100°C (*Alarm separator* akan bekerja pada temperatur >100 °C).

4. *Daily Tank*

Penyimpan sementara *Marine Fuel Oil* siap dipergunakan untuk mesin diesel. Dimana temperatur *Marine Fuel Oil* dijaga pada 90°C.

5. *Booster Module*

Menetapkan viscositas dan temperatur *Marine Fuel Oil* sebelum masuk sistem bahan bakar mesin diesel.

6. *Change Over*

Pengubahan saluran bahan bakar menuju mesin diesel dengan pilihan Solar atau *High Speed Diesel* dan *Marine Fuel Oil* (untuk *start up*, mesin diesel memerlukan bahan bakar Solar atau *High Speed Diesel*).

7. *Over Flow Tank*

Penampungan bahan bakar berlebih dari mesin diesel.

8. *Sludge Tank*

Penampungan sludge atau *Marine Fuel Oil* dengan partikel besar dan air dari *separator*.

Proses *treatment Marine Fuel Oil* adalah proses penurunan viscositas dan proses penyeragaman ukuran partikel bahan bakar (untuk menghindari sumbatan pada *nozzle*). Cara perpindahan panas pada proses *treatment Marine Fuel Oil* yaitu secara konduksi dan konveksi. Konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke

tempat yang suhunya lebih rendah, dengan media penghantar panas tetap. Perpindahan panas konduksi ini terjadi pada system perpipaan pada aliran *treatment* bahan bakar *Marine Fuel Oil*.

Perpindahan secara Konveksi adalah perpindahann panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir di sekitar, dengan menggunakan media penghantar berupa fluida (cairan atau gas). Perpindahan panas konveksi ini terjadi pada sistem perpindahan panas pada tangki bahan bakar *Marine Fuel Oil*, dimana perpindahan yang diakibatkan perbedaan suhu.

Proses *Teratment* Bahan Bakar *Marine Fuel Oil* dalam perencanaan ini proses *treatment* bahan bakar *Marine Fuel Oil* untuk menurunkan *viscositas* dari bahan bakar *Marine Fuel Oil* menggunakan *Oil Heater* (pembangkit panas dengan menggunakan oli sebagai media pemanas). Dimana proses pemanasan oli dengan memanfaatkan panas dari sisa hasil pembakaran mesin atau gas buang. Temperatur gas buang yang dibutuhkan untuk memanaskan *oil heater* sekitar 300°C. Sehingga dalam hal ini pemanfaatan temperatur gas buang dapat diaplikasikan sebagai pemanas *oil heater*.

1. Proses Pemanasan Oli

Proses pemanasan oli ini dengan menggunakan pemanfaatan panas dari sisa hasil pembakaran mesin atau gas buang. Oli yang ada pada *storage tank* akan dipompa untuk bersirkulasi menuju *thermal oil*. Dimana gas buang dari hasil pembakaran akan ditransfer menuju *thermal tank* untuk memanaskan oli yang bersirkulasi dalam *thermal oil*.

2. Proses Treatmen Marine Fuel Oil

Proses treatmen *Marine Fuel Oil* dengan *Oil Heater* (pembangkit panas dengan menggunakan oli sebagai media pemanas). Oli panas yang berada pada *thermal tank* akan ditransfer menuju *supply header*. Dimana temperatur oli pemanas yang keluar dari *thermal tank* diatur pada 150°C. Pada *supply header* transfer oli panas akan diatur sesuai dengan kebutuhan tiap tangki. Pada *storage tank* atau tangki utama oli panas ditransfer pada temperatur 90–105°C, hal ini berfungsi untuk mempermudah proses dari pemompaan bahan bakar *Marine Fuel Oil* menuju *settling tank*. Pada *settling tank* oli panas ditransfer pada temperatur 90–100°C agar tidak terjadi penggumpalan partikel *Marine Fuel Oil* menjadi aspal. Pada *daily tank* oli panas ditransfer pada temperatur 90–100°C untuk menjaga temperatur *Marine Fuel Oil* pada 90°C. *Marine Fuel Oil* yang ada pada *daily tank* adalah *Marine Fuel Oil* yang siap dipergunakan untuk bahan bakar pada mesin diesel.

3. Aliran Bahan Bakar Marine Fuel Oil

Tanki utama atau *storage tank* adalah tempat penimbunan cadangan bahan bakar. Bahan bakar *Marine Fuel Oil* yang terdapat pada *Storage Tank* akan dipompa menuju *Settling Tank*. Pada *settling tank* bahan bakar *Marine Fuel Oil* siap disaring dan diturunkan kandungan air yang berlebih. Bahan bakar yang terdapat pada *Settling tank* akan dipompa menuju *Separator* untuk proses pemisahan kandungan air yang terdapat pada bahan bakar *Marine Fuel Oil*. Bahan bakar *Marine Fuel Oil* yang siap pakai akan ditampung pada *Daily Tank* dan limbah dari bahan bakar *Marine Fuel Oil* akan ditampung pada *Sludge Tank*. Bahan bakar yang siap pakai akan dialirkan menuju *booster module* atau *FCM module* untuk menetapkan *viscositas* dan temperatur *Marine Fuel Oil* sebelum masuk mesin. Pada saluran masuk mesin terdapat *change over* sebagai saluran bahan bakar menuju mesin diesel dengan pilihan *High Speed Diesel* dan *Marine Fuel Oil*. *Change over* berperan penting dalam mengatur konsumsi bahan bakar yang akan digunakan. *Change over* diperlukan karena untuk *start up* mesin diesel memerlukan bahan bakar *High Speed Diesel*.

4. Sistem perpipaan pada aliran bahan bakar Marine Fuel Oil

Seluruh sistem perpipaan dilengkapi *heater* yang menempel sepanjang jalur aliran bahan bakar *Marine Fuel Oil*. Hal ini untuk menghindari penggumpalan *Marine Fuel Oil* dalam pipa [5].

Metode Pengoperasian Bahan Bakar

1. Konsumsi bahan bakar *High Speed Diesel* (HSD) pada saat *start* :

$$HSD_{start} = \frac{T_{tot} V_{inHSDstart}}{T_{tot} V_{inHSD}} V_{totHSD} \text{ (liter)}$$

2. Konsumsi bahan bakar *High Speed Diesel (HSD)* pada saat *stop* :

$$HSD_{stop} = \frac{T_{tot} V_{inHSDstop}}{T_{tot} V_{inHSD}} \times V_{totHSD} \text{ (liter)}$$

3. Konsumsi bahan bakar *Marine Fuel Oil (MFO)* selama beroperasi :

$$MFO = V_{inBB} - V_{totHSD} \text{ (liter)}$$

Konsumsi bahan bakar per satuan waktu disebut juga Laju Konsumsi Bahan Bakar (*Fuel Consumption*) Dapat ditentukan melalui persamaan.

$$FC = \frac{3600 \cdot Vg}{t}$$

Keterangan :

FC = laju konsumsi bahan bakar (l/s)

Vg = Volume bahan bakar yang digunakan (l)

t = Waktu yang dibutuhkan menghasilkan energi (s)

Laju Aliran Massa Bahan Bakar (\dot{m}_f) merupakan bahan bakar adalah jumlah bahan bakar perwaktunya untuk ekonomi pemakaian bahan bakar.

$$\dot{m}_f = SFC \times P$$

Keterangan:

SFC = Konsumsi bahan bakar spesifik (l/kWh)

P = Daya listrik yang dihasilkan (kW)

\dot{m}_f = Laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

Efisiensi *thermal* (η_{th}) dari mesin menyatakan besarnya efektifitas bahan bakar yang disuplai ke ruang bakar dalam menghasilkan kerja. Efisiensi *thermal* dapat ditentukan melalui persamaan berikut :

$$\eta_{th} = \frac{P}{\dot{m}_f \cdot LHV} 100\%$$

Keterangan :

η_{th} = Efisiensi *thermal*(%)

LHV = *Low Heating Value* (kJ/kg)

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (Persero) Induk Pembangkitan dan Penyaluran Sulawesi Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Tello, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Waktu pelaksanaan penelitian yaitu selama 1 bulan, selanjutnya dilakukan pengambilan data.

B. Tahap Persiapan Penelitian

1. Teknik wawancara, yaitu melakukan wawancara dengan operator operasi di PT. PLN (Persero) Induk Pembangkitan dan Penyaluran Sulawesi Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Tello untuk mendapatkan informasi yang diperlukan.
2. Mereview dokumen laporan operasi di PT. PLN (Persero) Induk Pembangkitan dan Penyaluran Sulawesi Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Tello, yang berhubungan dengan data yang diperlukan kemudian mencatatnya.

3. Melakukan pengamatan langsung di *local area* dan mencatat data-data yang diperlukan.

C. Prosedur Penelitian

1. Menyiapkan data-data yang diperlukan seperti data pembangkit selama beroperasi, harga bahan bakar dan jam beroperasi
2. Menghitung Pemakaian Bahan Bakar *High Speed Diesel* dan *Marine Fuel Oil* pada Saat *start* dan *Stop*
3. Menghitung Laju Konsumsi Bahan Bakar (FC).
4. Menghitung Laju Aliran Massa Bahan Bakar (\dot{m}_f).
5. Menghitung Efisiensi *Thermal* (η_{th})

Untuk lebih jelasnya, adapun diagram alir dari penelitian yang dilakukan. Mulai dari proses pengumpulan data hingga analisis data sehingga diperoleh kesimpulan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

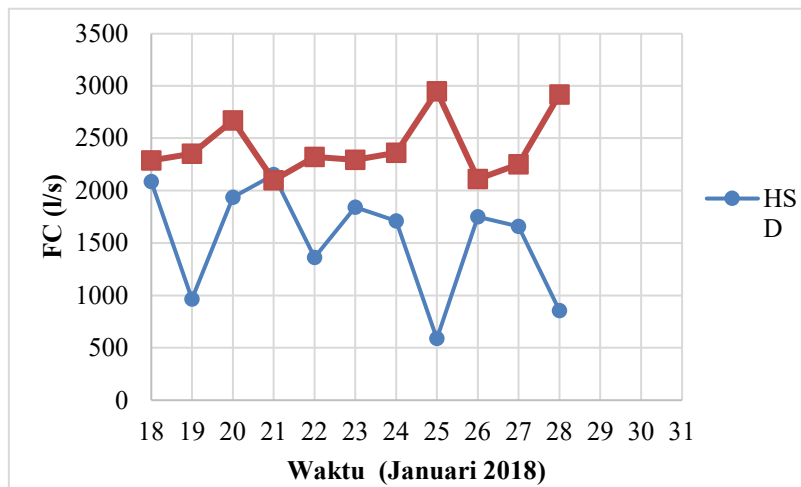


Gambar 2. Flowchart kegiatan penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

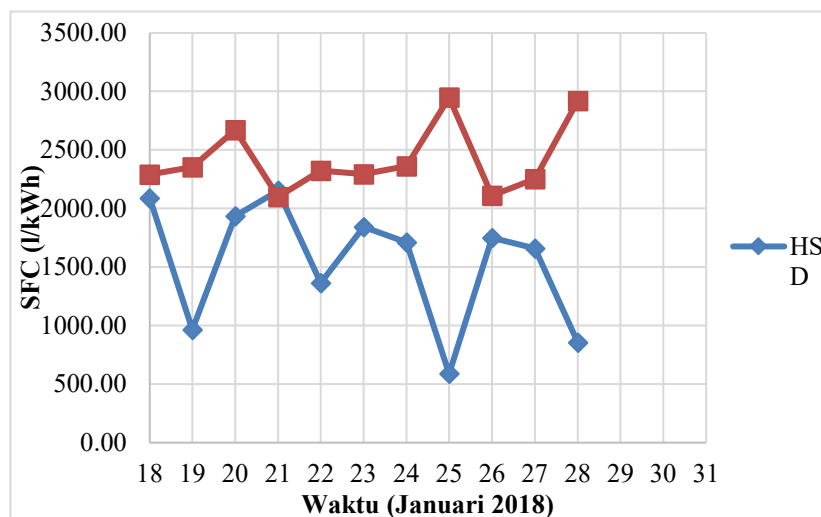
A. *Fuel Consumption* menggunakan *High Speed Diesel* dan *Marine Fuel Oil*

Pada Gambar 3 terlihat bahwa *fuel consumption* pada bulan januari cenderung fluktuatif, dimana nilai *fuel consumption* terbesar yaitu pada tanggal 19 Januari 2018 sebesar 2524,29 l/s. Hal ini dikarenakan beban terbesar berada pada tanggal 19 Januari 2018 sehingga membutuhkan konsumsi bahan bakar yang besar dan sebaliknya, jika beban kecil maka konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan semakin kecil. Adapun untuk nilai *fuel consumption* terkecil yaitu pada tanggal 26 Januari 2019 sebesar 1959,86 l/s.



Gambar 3. Grafik *fuel consumption* (FC) PLTD pada bulan januari

B. Spesific Fuel Consumption menggunakan High Speed diesel dan Marine Fuel Oil

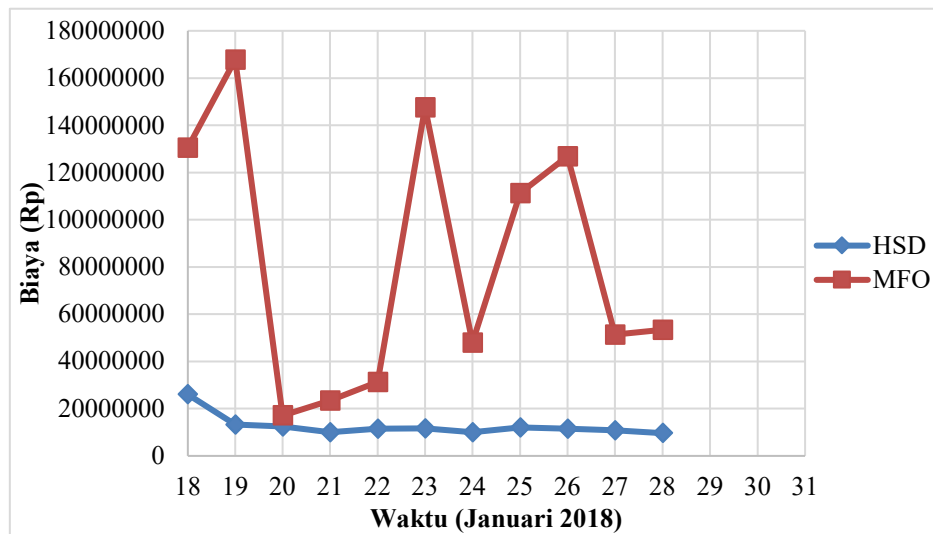


Gambar 4. Karakteristik *Spesific fuel consumption* (SFC) PLTD pada bulan Januari

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa *spesific fuel consumption* atau lebih dikenal dengan pemakaian bahan bakar spesifik pada bulan Januari 2018 yaitu berkisar antara 0,254 – 0,266 l/kWh. Dimana SFC ini merupakan rasio antara jumlah pemakaian bahan bakar dan energi listrik yang dihasilkan. Adapun nilai SFC terendah yaitu 0,254 l/kWh pada tanggal 19 Januari 2018 dan 29 Januari 2019, dengan nilai SFC yang rendah menunjukkan PLTD semakin efisien.

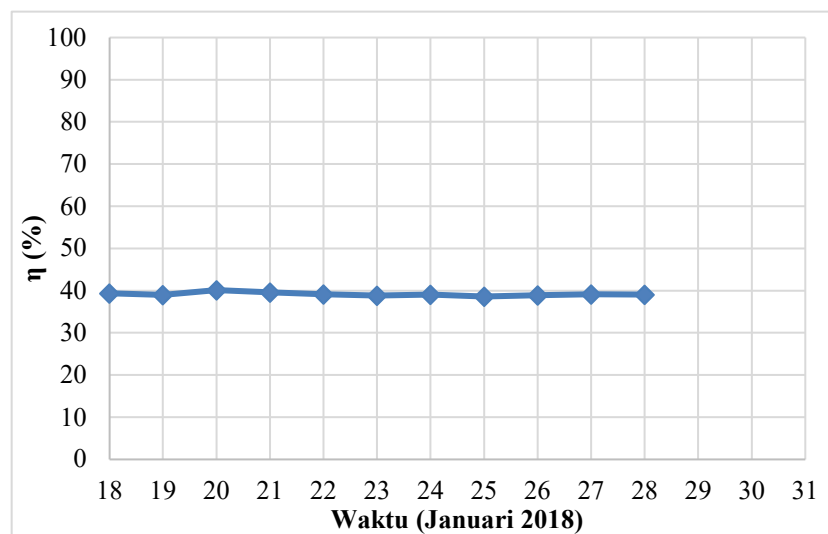
C. Biaya Total Penggunaan Bahan Bakar PLTD

Terlihat pada Gambar 5 bahwa biaya total penggunaan bahan bakar PLTD terbesar yaitu pada tanggal 19 Januari 2018 sebesar Rp. 181.014.222,00. Sedangkan biaya total penggunaan bahan bakar PLTD terkecil yaitu pada tanggal 20 Januari 2018 sebesar Rp. 29.635.838,00. Adapun bahan bakar yang digunakan pada PLTD ini yaitu *High Speed Diesel* (HSD) yang digunakan untuk proses pengapian atau pada saat starting, selanjutnya menggunakan *Marine Fuel Oil* (MFO) yang digunakan sebagai bahan bakar untuk *steam power station*.



Gambar 5. Grafik biaya total penggunaan bahan bakar PLTD pada bulan Januari

D. Efisiensi Thermal pada PLTD



Gambar 6. Grafik Efisiensi Thermal PLTD pada bulan Januari

Pada Gambar 6 terlihat bahwa nilai efisiensi thermal PLTD terbesar yaitu pada tanggal 20 Januari 2018 sebesar 40,14 % dengan nilai SFC terkecil yaitu 0,254 l/kWh. Sedangkan nilai efisiensi thermal PLTD terkecil yaitu pada tanggal 20 Januari 2018 sebesar 38,62 % dengan nilai SFC terbesar yaitu 0,266 l/kWh. Jadi dapat disimpulkan bahwa efisiensi thermal berbanding terbalik dengan *specific fuel consumption* (SFC), dimana semakin kecil nilai SFC maka akan menghasilkan efisiensi yang semakin besar dan sebaliknya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Nilai efisiensi thermal PLTD terbesar yaitu pada tanggal 20 Januari 2018 sebesar 40,02 %

dengan nilai SFC terbesar yaitu 0,266 l/kWh, sedangkan nilai efisiensi thermal PLTD terkecil yaitu pada tanggal 25 Januari 2018 sebesar 38,62 % dengan nilai SFC terkecil yaitu 0,253 l/kWh. Jadi dapat disimpulkan bahwa efisiensi thermal berbanding terbalik dengan *specific fuel consumption (SFC)*, dimana *SFC* yang digunakan berkisar antara 0,254 – 0,266 l/kWh.

- b. Biaya total penggunaan bahan bakar PLTD terbesar yaitu pada tanggal 19 Januari 2018 sebesar Rp. 181.014.222,00 dengan penggunaan bahan bakar MFO sebesar Rp. 167.815.245,00 dan biaya penggunaan bahan bakar HSD sebesar Rp. 13.198.977,00.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Manager dan Supervisor HAR pemeliharaan PT. PLN (Persero) unit Pelaksana Pembangkitan Tello, kota Makassar yang telah memfasilitasi penelitian kami dalam penyusunan Skripsi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hendra Herfy. 2014. “Analisa Perubahan Volume (Pemusin) Bahan Bakar HSD dan MFO Akibat Perubahan Temperatur Pada Mesin MHI#1 Type MAN 52/55 Pada PLTD PT. PLN (Persero) Wilayah SULSELBAR PEMBANGKITAN TELLO”. Laporan Kerja Praktek. Makassar 2014: Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.
- [2] Poeswanto Hendra dan Yani Ahmad. 2015. Perencanaan Pemanfaatan *Marine Fuel Oil* sebagai Bahan Bakar *Engine Diesel MaK*. Jurnal *Teknik Mesin*. Bontang. TURBO ISSN 2301-6663 Vol. 4 No. 1 tahun 2015.
- [3] Semesta Bintang Samudera. 2011. Karakteristik *High Speed Diesel (HSD)*. Tanjung Priok.
- [4] Fieldianto, Rhino. 2010.”Pengaruh Kualitas HFO Terhadap Kinerja Mesin. PLTD Trisakti. Sektor Barito PT. PLN (Persero). Banjarmasin.
- [5] Baharuddin dan Klara Syerly. 2012.”Perencanaan Isolasi Tangki Setling Dan Tangki Harian Bahan Bakar *Marine Fuel Oil (MFO)* PLTD Lopana Sektor Minahasa. Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTEK), Volume 10, No. 2, Tahun.2012.