



Review Efisiensi Bahan Bakar Solar Fuel Oil (SFO) dan Liquefied Natural Gas (LNG) Terhadap Kinerja Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Yusuf Afrizal^{*}, Dani Rusirawan

Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

Email: ^{1,*}yafrizal413@gmail.com, ²danir@itenas.ac.id

Email Penulis Korespondensi: yafrizal413@gmail.com

Abstrak—Bahan bakar merupakan komponen utama dalam sistem operasi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) karena berperan sebagai sumber energi panas yang digunakan untuk memanaskan air di dalam boiler hingga menghasilkan uap bertekanan tinggi. Uap panas yang terbentuk kemudian dialirkan menuju turbin uap untuk memutar bilah turbin sehingga mampu menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Kinerja dan tingkat efisiensi pembangkit sangat dipengaruhi oleh jenis bahan bakar yang digunakan dalam proses pembakaran pada boiler. Oleh karena itu, pemilihan bahan bakar yang tepat menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi sistem pembangkit listrik serta mengoptimalkan penggunaan energi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan tingkat efisiensi antara penggunaan bahan bakar Solar Fuel Oil (SFO) dan Liquefied Natural Gas (LNG) pada sistem boiler PLTU. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dengan mengumpulkan serta menganalisis data dari berbagai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penggunaan bahan bakar minyak dan gas pada pembangkit listrik tenaga uap. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan untuk mengetahui perbedaan performa energi yang dihasilkan dari masing-masing jenis bahan bakar. Hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar Solar Fuel Oil (SFO) menghasilkan nilai efisiensi sebesar 36,45% dengan daya keluaran sekitar 0,30175 MW. Sementara itu, penggunaan Liquefied Natural Gas (LNG) menunjukkan kinerja yang lebih tinggi dengan nilai efisiensi mencapai 55% serta daya keluaran sebesar 200 MW. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa bahan bakar gas memiliki kemampuan pembakaran yang lebih optimal serta menghasilkan energi panas yang lebih efisien dibandingkan bahan bakar minyak.

Kata Kunci: Boiler; Bahan Bakar; Efisiensi; Energi; PLTU

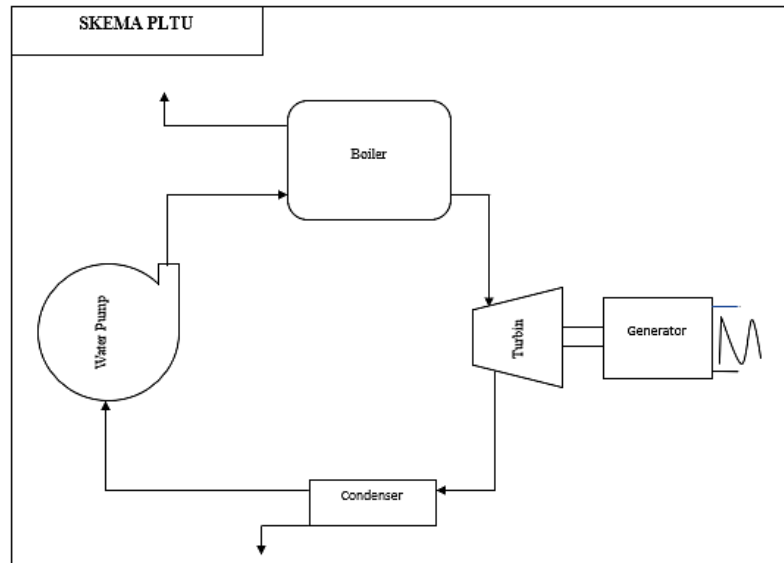
Abstract—Fuel is a primary component in the operational system of Steam Power Plants (PLTU) because it functions as the main source of thermal energy used to heat water in the boiler to produce high-pressure steam. The generated steam is then directed to the steam turbine to rotate the turbine blades, enabling the generator to operate and produce electrical energy. The performance and efficiency level of a power plant are highly influenced by the type of fuel used in the boiler combustion process. Therefore, selecting an appropriate fuel type becomes an important factor in improving the efficiency of power generation systems and optimizing energy utilization. This study aims to analyze the comparison of efficiency levels between the use of Solar Fuel Oil (SFO) and Liquefied Natural Gas (LNG) in the boiler system of a steam power plant. The method used in this research is a literature review by collecting and analyzing data from previous studies related to the use of oil-based and gas-based fuels in steam power plants. The collected data are then compared to identify differences in the energy performance produced by each type of fuel. The results of the study indicate that the use of Solar Fuel Oil (SFO) produces an efficiency value of approximately 36.45% with a power output of around 0.30175 MW. Meanwhile, the use of Liquefied Natural Gas (LNG) demonstrates better performance, with an efficiency value reaching 55% and a power output of approximately 200 MW. These differences indicate that gas-based fuel has a more optimal combustion capability and produces thermal energy more efficiently compared to oil-based fuel.

Keywords: Boilers; Fuel; Efficiency; Energy; PLTU

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga uap membutuhkan proses pembakaran yang bertujuan untuk memanaskan air dalam boiler sampai pada suhu yang ditentukan (Alekseenko SV dkk, 2016) upaya ini dilakukan agar ketel uap dapat menghasilkan uap panas yang akan dialirkan oleh pipa menuju bilah bilah turbin, sehingga dapat menggerakkan generator dan memproduksi arus listrik (Stockholm dkk, 2023) pemanasan air dalam boiler terdapat komponen pembakar/*Burner* yang dapat membakar bahan bakar minyak atau gas. Seiring berjalannya waktu pembakaran yang terus dilakukan didalam ketel uap akan terjadi penumpukan kotoran atau karbon yang dimungkinkan akan menghambat proses pembakaran sehingga kinerja pembangkit listrik tenaga uap menjadi sangat tidak optimal. Salah satu contohnya adalah meningkatnya konsumsi bahan bakar, efisiensi pembakaran yang menurun, untuk menanggulangi hal tersebut maka pemilihan bahan bakar yang mampu mengoptimalkan kinerja dari pembangkit listrik. Upaya manusia dalam menghasilkan listrik saat ini masih banyak menggunakan bahan bakar fosil tercatat sebanyak 80%, dunia berada dalam fase krisis energi global dikarenakan kekurangan energi dan harga jual energi yang tinggi (IEA, 2022) sehingga untuk menutupi kebutuhan tersebut maka efisiensi bahan bakar yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga uap harus diperhatikan dengan memanfaatkan pembangkit yang minim energi namun menghasilkan listrik yang cukup untuk kebutuhan manusia. Saat ini pembangkit listrik memanfaatkan energi solar, gas, dan batu bara. Bahan bahan tersebut diolah dalam tungku yang berada pada ketel uap. Ketel Uap merupakan bejana tertutup yang dapat memproduksi uap dengan cara memanaskan air sampai menjadi uap untuk memutar turbin dan generator. (Cassio Florisbal de Almeida a dkk, 2017) Seperti yang telah diketahui, kualitas bahan bakar yang rendah dapat menyebabkan korosi pada pipa-pipa serta dinding boiler. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan sulfur dalam bahan bakar yang buruk, serta abu sisa pembakaran yang cenderung menempel dan membentuk kerak pada permukaan pipa dan dinding. Akumulasi kotoran

ini menghambat perpindahan panas, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi kerja boiler. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana jenis bahan bakar memengaruhi tingkat efisiensi yang dihasilkan oleh boiler (A.B.M. Mainul Bari a dkk, 2022) dalam PLTU bahan bakar sebagai hal utama yang menentukan nilai efisiensi, nilai biaya yang akan dibutuhkan.



Gambar 1. Skema Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pada Gambar 1, Boiler memiliki peran penting dalam membantu pengoperasian mesin utama. Bahan Bakar yang dipompa pada pipa penyalur umumnya merupakan bahan bakar dengan viskositas yang tinggi sehingga mempersulit proses pemompaan pada nozzle. Untuk mengurangi tingkat kekentalan, bahan bakar perlu dipanaskan terlebih dahulu. Pemanasan ini tidak boleh dilakukan dengan api langsung, melainkan menggunakan alat bernama burner. Burner merupakan perangkat yang berfungsi membakar bahan bakar secara terkendali. Selama proses pemanasan, bahan bakar dialirkan melalui pipa-pipa yang terpasang di dalam tangki bahan bakar alat burner yang dipasang pada pipa penyalur ataupun pada tempat penyimpanan bahan bakar. Pembakar industri bahan bakar minyak standar biasanya menyertakan penyebar udara untuk mengondisikan aliran udara sehingga memenuhi persyaratan untuk pembakaran. Udara primer harus bercampur secara efisien dengan tetesan bahan bakar, membatasinya dalam volume yang ditentukan dan memastikan konsumsi lengkapnya dalam waktu tinggal yang ditentukan. Teknik yang banyak digunakan untuk mencapai tujuan ini adalah dengan menginduksi gerakan berputar ke udara yang mengalir bersama untuk menciptakan zona resirkulasi. (Gonzalez dkk, 2014) bahan bakar yang diinjeksikan pada burner (pembakar) akan terjadi penumpukan kotoran tidak dapat dikendalikan oleh sebab itu maka pemilihan bahan bakar dan perawatan perbaikan pada komponen pembakar merupakan hal yang wajib dilakukan sebagai upaya meoptimalisasikan kinerja Boiler PLTU pembangkit listrik tenaga uap memiliki berbagai macam bahan bakar diantaranya, batu bara, minyak solar, biomassa, dan gas alam (S. Anufriev dkk, 2021) sedangkan bahan bakar yang umum digunakan untuk PLTU yaitu minyak dan batu bara, (S. Anufriev dkk, 2021) energi pada pembangkit listrik ditentukan oleh sitem mekanik yang menjadi inti penggerak atau dijadikan blok diagram yang utama dalam suatu sistem, hal ini bergantung pada segala bentuk kegiatan mekanik dalam lingkup pembangkit. Untuk meghasilkan daya listrik dibutuhkan penggerak mekanik yang memiliki kemampuan untuk menggerakkan generator sebagai penghasil listrik. Dalam penelitian ini penulis berupaya untuk mengetahui pengaruh bahan bakar terhadap kinerja Boiler PLTU pemilihan sumber daya dan perawatan komponen pembakar terhadap optimalisasi kinerja Boiler pembangkit listrik tenaga uap.

Bahan bakar adalah material yang dapat dibakar untuk menghasilkan kalor. Kalor ini digunakan secara langsung atau tidak langsung tergantung kebutuhan efisiensi dan ekonomi. Pada boiler, jenis bahan bakar yang digunakan bisa berupa cair, padat, atau gas (Anwen Peng dkk, 2024), artinya bahan bakar menjadi salah satu andalan untuk menghasilkan panas untuk kemudian dirubah/dikonversi menjadi energi yang dapat dimanfaatkan dalam kegiatan hidup manusia. Bahan bakar terdapat beberapa klasifikasi. Berdasarkan dengan karakteristiknya. Karakteristik bahan bakar menjadi cara untuk menentukan kebutuhan yang dibutuhkan oleh suatu rekayasa untuk menunjang kinerjanya. Efisiensi kinerja dari rekayasa juga menjadi penentu pemilihan bahan bakar. Bahan Bakar Gas cair Sebagai bahan bakar, gas alam sangat ideal karena umumnya bebas dari kandungan gas tidak terbakar atau residu padat sehingga efisiensi yang dihasilkannya pun akan relatif lebih besar. Gas cair adalah bahan bakar bersih yang paling umum digunakan dalam sistem boiler. Gas cair utamanya terdiri dari methane dan banyak ditemukan di Indonesia. Keuntungan penggunaannya adalah biaya lebih murah, lebih ringan dari udara, usia mesin lebih lama, perawatan lebih murah, dan ramah lingkungan (Cynthia Kroumian dkk, 2024).

Bahan Bakar Minyak Bahan bakar cair dalam industri, transportasi, dan rumah tangga biasanya berasal dari fraksi minyak bumi, yang merupakan campuran hidrokarbon parafin, naphtena, olefin, dan aromatik. Minyak bumi



(crude oil) dengan kandungan sulfur rendah dan titik didih rendah bisa langsung digunakan di mesin boiler, namun umumnya harus melalui proses fraksinasi dan destilasi terlebih dahulu (A.V. Minakov dkk, 2022). Liquefied Natural Gas (LNG) gas dingin memiliki karakteristik utama. Gas alam yang telah didinginkan pada temperatur -162C diataranya, memiliki bentuk fisik yang jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau, memiliki komposisi mentana (85 – 95%) dengan sedikit kandungan etana, propana, butana, dan nitrogen. Tidak memiliki sifat korosif dan tidak beracun. Mudah terbakar (Fulin Kong a dkk, 2023)

Tabel 1. Karakteristik Bahan Bakar Alternatif (LNG) & Solar

Karakteristik	LNG (Liquefied Natural Gas)	Solar (Diesel Fuel)
Bentuk	Cair (dalam suhu sangat rendah)	Cair pada suhu dan tekanan normal
Warna	Tidak berwarna	Kuning kecoklatan atau bening
Bau	Tidak berbau (diberi odorant untuk deteksi)	Berbau khas bahan bakar
Komposisi utama	Metana (CH ₄)	Hidrokarbon rantai panjang (C ₁₀ –C ₂₀)
Nilai Kalor	± 50 MJ/kg	± 45 MJ/kg
Kepadatan Energi Volumetrik	Lebih rendah (sekitar 60% dari solar)	Tinggi
Suhu Penyimpanan	Sekitar -162 °C	Suhu ruang (25–30 °C)
Tekanan Penyimpanan	Tekanan rendah (karena cryogenic)	Tekanan atmosfer
Emisi CO ₂	Lebih rendah	Lebih tinggi
Pembakaran	Lebih bersih, sedikit partikulat	Ada emisi NO _x , CO ₂ , dan partikulat
Keamanan	Mudah menguap dan terbakar jika bocor	Lebih stabil, tapi tetap mudah terbakar
Penggunaan	PLTG, transportasi, industri	Mesin diesel, pembangkit, kendaraan berat
Ketersediaan Infrastruktur	Terbatas, perlu tangki cryogenic	Luas dan umum tersedia
Harga (umum)	Relatif lebih murah per energi	Relatif lebih mahal

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ilmiah merupakan cara untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mendapatkan kesimpulan untuk menjawab sebuah penelitian. Dalam penelitian ini dengan menggunakan metode penelitian kuantitatif, Penelitian kuantitatif diperuntukan dalam meneliti fenomena secara objektif yang terukur dan diolah secara statistic (Sukmadinata, 1999). Penggunaan statistic dalam upaya menghasilkan data yang dapat dinalisis secara ojektif. Metode kuatitatif juga disebut sebagai metode saintifik karena memenuhi nilai nilai sains, empiris, objektif, dan terukur. Metode ini juga menurut (Suryana, 2012) sebagai media untuk mengembangkan pengetahuan serta mendapatkan ilmu pengetahuan baru.

2.1 Jenis Sumber Data

Jenis sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, menurut (Sugiono, 2005) data sekunder adalah data yang tidak langsung diberikan kepada peneliti, contohnya penelitian harus melalui orang lain atau mencari melalui dokumen. Data diperoleh dengan menggunakan studi literatur yang dilakukan pada referensi yang berkaitan dengan penelitian.

2.2 Metode Pengumpulan Data

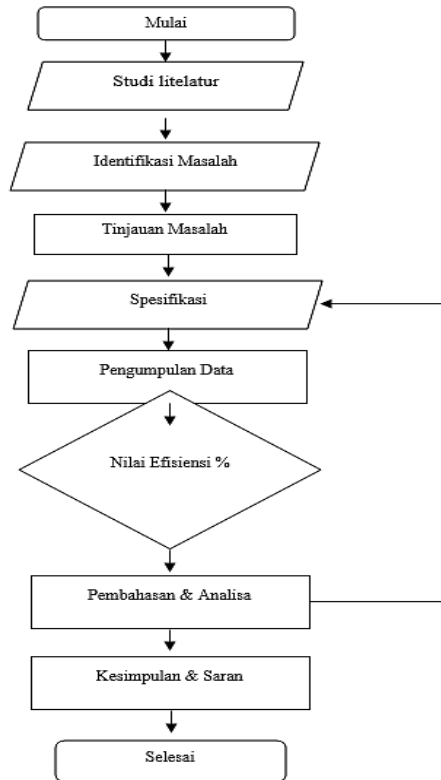
Teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini adalah berdasarkan data atau menggunakan studi pustaka. Menurut (Nazir, 1998) langkah utama dalam melakukan penelitian adalah dengan menetapkan topik, melakukan kajian, mencari informasi sebanyak banyaknya dari pustaka yang berhubungan dengan penelitian, sumber sumber ini didapatkan dari buku, jurnal, majalah, hasil penelitian. pada penelitian terkait pembangkit listrik tenaga uap dikumpulkan dari peneliti terdahulu, untuk kemudian mencari perbandingan nilai efisiensi pengaruh penggunaan bahan bakar solar dan *liquefied natural gas* LNG.

2.3 Metode Analisis

Menurut (Nazir, 1998) dari beberapa pengujian dengan membandingkan sebagai upaya mendapatkan data yang dituju. Penelitian yang dilakukan saat ini dengan cara mengumpulkan referensi untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar solar dan *liquefied Natural Gas* (LNG) terhadap pengaruh kinerja PLTU. Pembangkit Listrik Tenaga Uap berhubungan erat dengan perpindahan energi dengan cara mengubah energi panas menjadi energi mekanik sehingga dapat menghasilkan listrik. Sumber energi panas PLTU dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dengan berbagai jenis tergantung pada nilai efisiensi, hal tersebut akan berpengaruh besar terhadap kinerja boiler dalam menghasilkan uap yang dibutuhkan.

2.4 Diagram Alir

Guna mempermudah penelitian maka dibuat diagram alir proses penelitian yang tersusun dari studi litelatur, proses penelitian, sampai dengan proses mendapatkan hasil yang dibutuhkan dalam penelitian. Pengaruh penggunaan bahan bakar SFO & LNG terhadap kinerja pembangkit listrik tenaga uap.



Gambar 2. Diagram Alir

2.5 Pengaruh penggunaan Solar fuel Oil (SFO)

Pengaruh penggunaan bahan bakar solar pada pembangkit listrik tenaga uap sedikit demi sedikit akan terjadi pergeseran pada bahan bakar alternatif, saat ini pemakaian dari sumber daya alam fosil dirasa kurang mampu menghasilkan nilai efisiensi yang tinggi karena karakteristik fisiknya. (Mousa Meratizaman dkk, 2015) selain pengaruh pada tingkat kinerja yang dihasilkan bahan bakar solar pun berpengaruh terhadap lingkungan eutrofikasi maka penggunaan energi alternatif mulai digalakan (Cassio Florisbal de Almeida a dkk, 2017).

Tabel 2. Pengaruh Penggunaan *Solar Fuel Oil (SFO)*

Keterangan	GT+ HRSG+ ST	GT+ HRSG+ MED	SOFC- GT+ HRSG+ ST	SOFC- GT+ HRSG+ MED
Total Power Produksi dalam GT (kW)	343.7	343.7	247.2	247.2
Total Power Produksi dalam ST (kW)	103.5	-	59.43	-
Total Power Produksi dalam SOFC (Kw)	-	-	390	390
Total Power Produksi dalam N2 expander (Kw)	24.05	24.05	24.05	24.05
Total Power konsumsi dalam syngas expander (Kw)	8.439	8.439	8.439	8.439
Total Power konsumsi dalam air com for GT (Kw)	127.154	127.154	85.828	85.828
Total Power konsumsi dalam air for com ASU (Kw)	39.739	39.739	39.739	39.739
Total Power konsumsi dalam pompa air (Kw)	0.3103	0.2181	0.2172	0.6692

Tabel 3. Uji Coba Bahan Bakar

Keterangan	GT+ HRSG+ ST	GT+ HRSG+ MED	SOFC- GT	SOFC- GT+ HRSG+ ST	SOFC- GT+ HRSG+ MED
Total Power konsumsi dalam MED (kW)	-	6.942375	-	-	3.920625
Total batas Daya (kW)	314.12	203.77	545.74	604.97	541.17
Energi efisiensi (%)	37.62	24.62	65.94	73.09	65.38
batas produksi air (liter/jam)	-	3267	-	-	18.45

Keterangan	GT+ HRSG+ ST	GT+ HRSG+ MED	SOFC- GT	SOFC- GT+ HRSG+ ST	SOFC- GT+ HRSG+ MED
batas produksi air (m3/hari)	-	66.64	-	-	37.63
GOR	-	5.47	-	-	54.7
Energi konsumsi per unit(kWh/m3)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
DCHP efisiensi (%)	3795.47	48.46	65.94	73.09	80.09
Laju aliran rata rata (kg/jam)	278.2	278.2	1473.2	1473.2	1473.2
Efisiensi pompa	86	86	86	86	86
Efisiensi Expander	86	86	86	86	86
Efisiensi kompresor	86	86	86	86	86
Efisiensi combutor	86	86	86	86	86
Heat exchanger efficiency	90	90	90	90	90
Number of effect	-	-	-	-	3

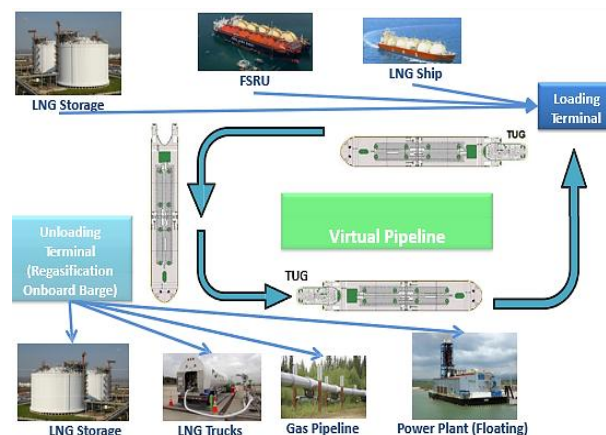
Tabel 3 merupakan hasil penelitian terdahulu yang melakukan uji coba dengan bahan bakar solar (Solar Fuel Oil) menghasilkan nilai efisiensi tertinggi 36,45% dan daya yang dihasilkan 301,75 kW (0,30175 MW) dengan beberapa metode gabungan dalam melakukan pembakaran dalam uji cobanya, untuk dapat menghasilkan nilai efisiensi yang diharapkan, dalam penelitian yang dilakukan oleh (A.B.M. Mainul Bari a dkk, 2022) menyatakan bahwa adanya metode penggabungan bahan bakar untuk meningkatkan efisiensi tersebut dapat terjadinya ledakan revesvoir udara yang terkompresi.

2.6 Pengaruh penggunaan Liquefied Natural Gas (LNG)

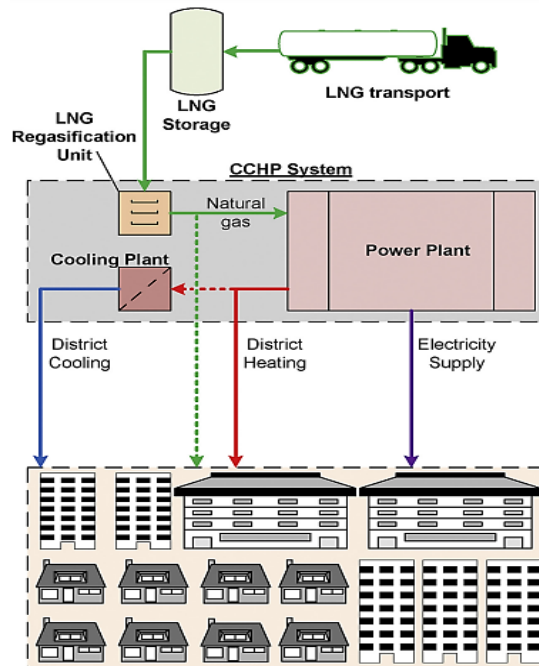
Dalam penelitian terdahulu disampaikan bahwasanya penggunaan gas cair pada pembangkit listrik tenaga uap menjadi salah satu penyebab untuk meningkatkan kinerja boiler, selain berpengaruh terhadap efisiensi bahan bakar, pemakaiannya berupaya untuk memberikan pembakaran yang konstan sehingga boiler dapat bekerja dengan baik (Hujun Zhao a dkk, 2024) peneliti selanjutnya menghadirkan data nilai yang menentukan tingkat efisiensi, dimana dalam penggunaan gas cair terdapat perubahan yang ternilai dengan menghasilkan efisiensi energi sebesar 52,19 % dan daya sebesar 485,8 MW (Omidali Akbari dkk, 2017) Berikut terdapat Tabel 4 yang menjelaskan parameter kondisi pembangkit listrik tenaga uap ketika beroperasi dengan penggunaan bahan bakar gas cair.

Tabel 4. Parameter Kondisi Pembangkit Listrik Tenaga Uap

<i>Oprating Conditions</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>Power Production</i>	200	MW
<i>Internal power consumption</i>	14	MW
<i>Volume flow rate of fuel (natural gas)</i>	54 ^{10x3}	Nm ³ /h
<i>Heat rate</i>	10.448,6	kJ/kWh.h
<i>Steam flow rate, main line</i>	670	Ton/h
<i>Steam pressure, main line</i>	130	Bar
<i>Steam temperature, main line</i>	540	C
<i>Water temperature, to boiler</i>	247	C
<i>Stack gas temperature</i>	160	C
<i>Volumetric flow rate of inlet air to burner</i>	9,6 ^{10x3}	Nm ³ /h
<i>Number of induced and draft fans</i>	2	-
<i>Number of burner</i>	12	-
<i>Combinedpump/motor diesel</i>	95	%



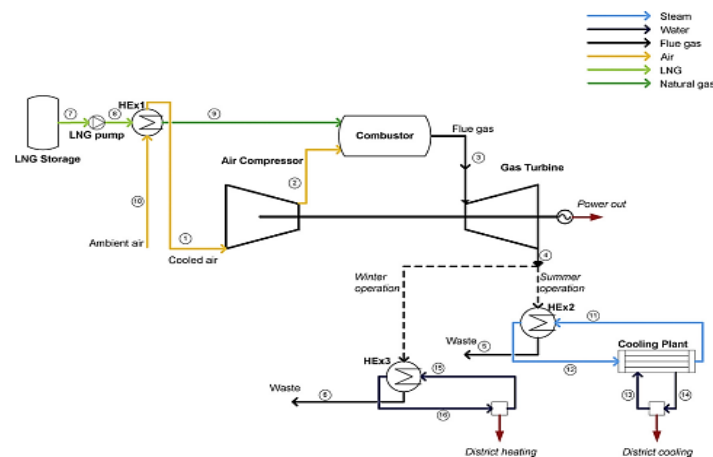
Gambar 3. Skema Transportasi Bahan Bakar Liquefied Natural Gas (LNG)



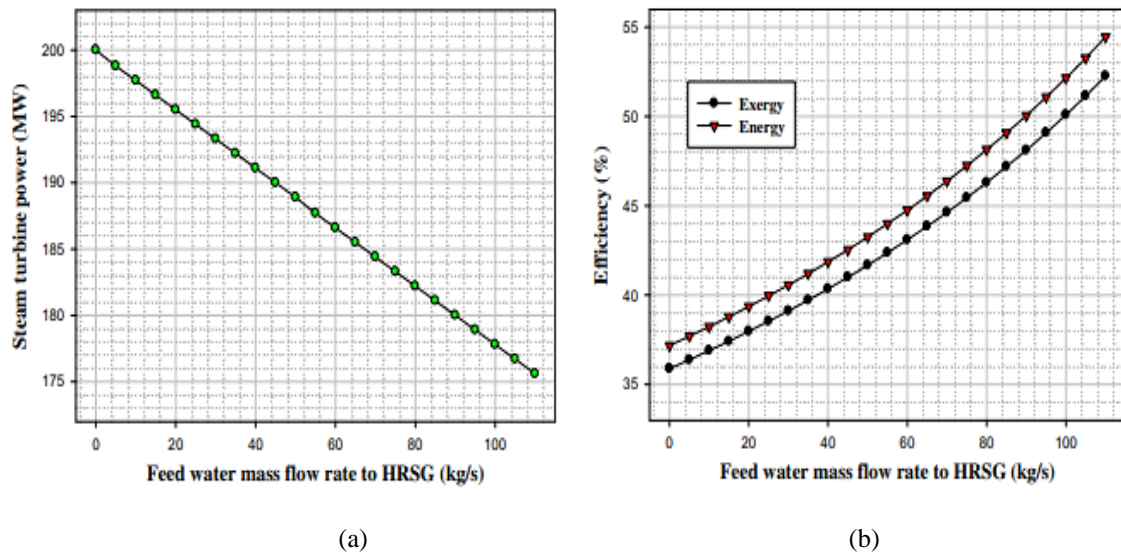
Gambar 4. Skema Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Alexandros Arsalis dkk, 2015)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dilihat dari data yang dikumpulkan dari referensi didapatkan inti dan hasil penelitian dimana adanya perbedaan antara penggunaan bahan bakar solar fuel oil dengan penggunaan liquefied natural gas, ditunjukkan pada nilai dan penjelasan yang disampaikan oleh peneliti terdahulu, bahwa SFO merupakan sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai media utama dalam kinerja boiler, akan tetapi untuk meningkatkan nilai efisiensi yang diharapkan harus dilakukan perlakuan tambahan yang tentunya hal tersebut tidak dalam batas yang aman (A.B.M. Mainul Bari a dkk, 2022) selain itu pula memiliki dampak yang kurang baik terhadap lingkungan (Cassio Florisbal de Almeida a dkk, 2017). Sedangkan pada boiler dengan bahan Liquefied Natural Gas terdapat perbedaan, memiliki pembakaran yang optimal dan nilai efisiensi yang lebih tinggi serta desain yang ringkas. (Alexandros Arsalis dkk, 2015) dengan skema dibawah ini dapat dipahami bahwasanya kegiatan pembangkit menggunakan LNG akan lebih efisien.



Gambar 5. Skema sistem gabungan pendinginan, pemanasan, dan tenaga yang diusulkan, termasuk siklus turbin gas, pabrik pendingin, dan penukar panas proses untuk energi listrik



Gambar 6. (a) Variasi efisiensi energi bersih dan eksergi terhadap laju aliran massa air umpan dalam HRSG (b) Variasi produksi daya turbin uap terhadap laju aliran massa air umpan di HRSG. (Omidali Akbari dkk, 2017)

Pada Gambar 6 dapat dilihat nilai efisiensi yang didapatkan dalam penggunaan bahan bakar Liquefied Natural Gas (LNG) terdapat dua gambar grafik yang menyatakan bahwa efisiensi dalam pemakaian gas cair didapatkan sebesar 53% - 55% dan daya yang dihasilkan 200 MW (Omidali Akbari dkk, 2017) dapat diartikan bahwasanya penggunaan gas cair dalam upaya meningkatkan kinerja boiler menghasilkan peningkatan, yang berdampak pada produksi listrik. (Fulin Kong a dkk, 2023) dibandingkan dengan Solar Fuel Oil yang menghasilkan nilai efisiensi sebesar 36,45% dan daya 0,30175 MW. Sehingga hal ini menjadi penentuan bahwa pemakaian Liquefied Natural Gas dapat menjadi salah satu sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk pembangkit listrik tenaga uap dengan menghasilkan produksi listrik lebih besar dan ramah lingkungan. (Timo Korpela a dkk, 2017)

4. KESIMPULAN

Penggunaan Bahan bakar pembangkit listrik merupakan hal yang harus diperhatikan mengingat pentingnya energi listrik terhadap kehidupan manusia saat ini. Sehingga nilai efisiensi penggunaan bahan bakar akan berpengaruh besar pada cadangan yang dimiliki oleh alam, dalam hal ini diharapkan dapat menggeser penggunaan bahan bakar yang lebih efisien seperti pada pembahasan diatas mengenai efisiensi penggunaan bahan bakar sebagai sumber pemanas boiler didapat: Penggunaan bahan bakar gas Liquefied Natural Gas (LNG) dinilai memiliki efisiensi yang lebih baik dari proses mendapatkannya dan proses pembakarannya dapat terhitung dengan lebih baik yaitu sebesar 55% dengan daya yang dihasilkan sebesar 200 MW. Penggunaan *Solar Fuel Oil* wajib dilakukannya penurunan viskositas dengan cara memanaskan bahan bakar dalam sebuah pipa agar memudahkan proses pembakaran.

REFERENCES

- A.B.M. Mainul Bari a dkk, . M. (2022). A hybrid multi-criteria decision-making approach for analysing operational hazards in Heavy Fuel Oil-based power plants <https://www.sciencedirect.com/>. *sciencedirect; Fuel*.
- A.V. Minakov dkk, V. K. (2022). Numerical analysis of a pre-chamber vortex burner with a steam blast atomizer <https://www.sciencedirect.com/>. *Sciencedirect; Fuel*.
- Alekseenko SV dkk, A. I. (2016). Karakteristik pembakaran bahan bakar diesel dalam pembakar dengan injeksi semburan uap super panas. *Combust Explosion Shock Waves* 2016;52(3):286–93. <https://doi.org/10.1134/S00105082160300>.
- Alexandros Arsallis dkk, A. A. (2015). Design and modeling of 1–10 MWe liquefied natural gas-fueled combined cooling, heating and power plants for building applications <https://www.sciencedirect.com/>. *Sciencedirect; Renewable Energy*.
- Anwen Peng dkk, Y. Z. (2024). Determination of the optimal total oxygen concentration and oxygen partitioning ratio based on the heat transfer characteristics of oxy-coal combustion in a swirl burner <https://www.sciencedirect.com/>. *Sciencedirect; Applied Thermal Engineering*.
- Cassio Florisbal de Almeida a dkk, V. G. (2017). Environmental assessment of a bi-fuel thermal power plant in an isolated power system in the Brazilian Amazon region <https://www.sciencedirect.com/>. *Sciencedirect; Journal Of Cleaner Production*.



- Cynthia Kroumian dkk, J. M. (2024). Evaluation of 100% alternative fuel combustion under oxyfuel conditions in a pilot-scale burner for application in retrofit oxyfuel cement kiln <https://www.sciencedirect.com/>. *Sciencedirect; Fuel*.
- Fulin Kong a dkk, Y. L. (2023). A novel optimization for liquefied natural gas power plants based on the renewable energy <https://www.sciencedirect.com/>. *Sciencedirect; Applied Thermal Engineering*.
- Gonzalez dkk. (2014). Design modification of the air diffuser in the burners of a fuel oil power plant. Part II: Interaction with the liquid spray <https://www.sciencedirect.com/>. *Sciencedirect; Fuel*.
- Hujun Zhao a dkk, W. L. (2024). Retrofit and application of pulverized coal burners with LNG and oxygen ignition in utility boiler under ultra-low load operation <https://www.sciencedirect.com/>. *sciencedirect; Heliyon*.
- IEA, W. E. (2022). *IEA WORLD*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022?language=zh>
- Mousa Meratizaman dkk, S. M. (2015). Scenario analysis of gasification process application in electrical energy-freshwater generation from heavy fuel oil, thermodynamic, economic and environmental assessment <https://www.sciencedirect.com/>. *Sciencedirect; Hydrogen Energy*.
- Nazir. (1998). *Metodologi Penelitian*. Jakarta: Rikena Citra.
- Omidali Akbari dkk, A. M. (2017). Evaluation of supply boiler repowering of an existing natural gas-fired steam power plant <https://www.sciencedirect.com/>. *Sciencedirect; Renewable Energy*.
- S. Anufriev dkk, E. K. (2021). Diesel and waste oil combustion in a new steam burner with low NOX emission (Pembakaran diesel dan oli bekas dalam pembakar uap baru dengan emisi NOX rendah). *Sciencedirect; Fuel*.
- Stockholm dkk, K. Z. (2023). Combustion characteristics of steam-diluted decomposed ammonia in multiple-nozzle direct injection burner Department of Chemical Engineering, Royal Institute of Technology (KTH), Brinellvagen 8, 114 28. *Sciencedirect; Chemical Engineering Journal*.
- Sugiono. (2005). *Memahami Penelitian kualitatif*. Bandung: alfabeta.
- Sukmadinata. (1999). *Pengembangan Kurikulum*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Suryana. (2012). Metodologi penelitian model praktis penelitian kuantitatif dan kualitatif . (1-234). Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Timo Korpela a dkk, P. K. (2017). Indirect NOx emission monitoring in natural gas fired boilers <https://www.sciencedirect.com/>. *sciencedirect; Control Engineering Practice*.