

Analisis Viskositas *Lube Oil* di Turbin Unit 2 PLTP Lahendong

Rizqie Emeninta Putri^{1)*}, Jeferson Polii²⁾, Alfrie M. Rampengan³⁾

^{1,2,3}Program Studi Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

*E-mail: prizqieemeninta@gmail.com

Diterima 10 April 2024; Disetujui 30 April 2024

ABSTRAK

Viskositas atau dikenal sebagai sifat kekentalan fluida diartikan sebagai karakteristik fluida yang memberikan tahanan tegangan geser oleh fluida tersebut. Viskositas mengtabelkan resistensi suatu fluida terhadap aliran sehingga dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk mengukur gesekan fluida. Viskositas dari suatu pelumas dipengaruhi oleh perubahan suhu dan tekanan. Tekanan akan bertambah jika nilai dari viskositas tersebut bertambah, sehingga semakin tinggi tekanan maka semakin besar viskositas suatu fluida. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai viskositas *lube oil* di turbin unit 2 PLTP Lahendong. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil dari nilai viskositas *lube oil* di turbin unit 2 sebesar 373,61 kg/ms dengan tekanan sebesar 30591,486 kg/m² dan nilai viskositas mengalami kenaikan sebesar 386,06 kg/ms dikarenakan kenaikan tekanan sebesar 31611,2 kg/m².

Kata kunci : Viskositas, *Lube oil*, Tekanan.

ABSTRACT

Viscosity, also known as fluid viscosity, is a fluid characteristic that provides shear stress resistance by the fluid. Viscosity describes a fluid's resistance to a flow so that it can be used to measure fluid friction. The viscosity of a lubricant is affected by changes in temperature and pressure. The pressure increases if the value of the viscosity increases, the higher the pressure, the more significant the fluid's viscosity. This study aims to find out the viscosity value of lube oil in turbine unit 2 of the Lahendong PLTP. Based on the results of the calculation, the result was obtained from the viscosity value of lube oil in turbine unit 2 of 373.61 kg/ms with a pressure of 30591.486 kg/m², and the viscosity value increased by 386.06 kg/ms due to an increase in pressure of 31611.2 kg/m².

Keywords : Viscosity, *Lube oil*, Pressure

1. PENDAHULUAN

Potensi panas bumi di Indonesia mencapai sebesar 28 GWe atau sama dengan sembilan milyar barel minyak bumi dikarenakan Indonesia berada pada jalur zona vulkanik. Dari sisi pemanfaatan panas bumi sebagai sumber listrik, hanya sekitar 2,73% lapangan panas bumi yang sudah beroperasi dengan total kapasitas sekitar 1189 MW (Kasbani, 2009). Salah satu daerah yang telah mengembangkan pemanfaatan energi panas bumi adalah Sulawesi Utara khususnya pada daerah Lahendong. Daerah Lahendong telah mengoperasikan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) sebanyak 6 unit dengan total kapasitas yang terpasang sebesar 120 MW dimana masing-masing unit memiliki kapasitas 20 MW.

Pembangkit listrik tenaga panas bumi menggunakan uap panas bumi untuk menggerakkan turbin guna menghasilkan listrik. Pemanfaatannya adalah dengan cara membuat sumur produksi yang cukup dalam

untuk menjangkau titik panas bumi, kemudian panas dari sumur dialirkan melalui pipa untuk menggerakkan turbin (Mariono dkk, 2022).

Pada pengoperasian turbin, terdapat banyak komponen mesin yang saling bersinggungan antara satu komponen dengan komponen lainnya sehingga akan menyebabkan komponen mesin saling bergesekan, hal ini dapat menyebabkan panas pada komponen yang apabila secara terus menerus akan mengakibatkan kerusakan material saat beroperasi. Gesekan yang umum terjadi pada turbin seperti gesekan pada poros dengan bantalan (Saputra, 2021). Oleh karena itu, komponen mesin memerlukan adanya minyak pelumas (*lube oil*) untuk melindungi komponen mesin dari kerusakan material. Mencegah terjadinya gesekan antar komponen sehingga masing-masing komponen dapat bergerak dengan baik merupakan fungsi utama dari *lube oil*. Viskositas merupakan salah satu faktor penting yang harus dimiliki oleh *lube oil*. Viskositas merupakan kemampuan ketahanan

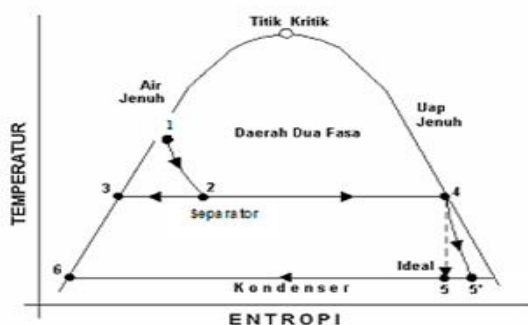
fluida terhadap perubahan bentuk. Viskositas dapat ditentukan oleh tekanan, temperatur, kohesi serta laju perpindahan momentum molekulnya. Apabila temperatur mengalami kenaikan yang disebabkan oleh gaya kohesi, maka viskositas suatu fluida akan mengalami penurunan (Pasariibu, 2023). Jika viskositas *lube oil* rendah maka *lube oil* tersebut akan mudah terlepas akibat besarnya tekanan dan kecepatan dari bagian-bagian yang bergerak dan saling bergesekan. Jika *lube oil* terlepas berarti memperbesar gesekan dan mempercepat keausan dari komponen-komponen yang bergerak tersebut (Lumbantoruan dkk, 2016). Oleh karena itu, viskositas *lube oil* perlu diperhatikan agar komponen mesin dapat bekerja dengan maksimal.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisis Viskositas *Lube oil* Di Turbin Unit 2 PLTP Lahendong”. Tujuan dari Penelitian yaitu untuk mengetahui nilai dari viskositas *lube oil* di turbin unit 2.

2. KAJIAN LITERATUR

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

Pembangkit listrik tenaga panas bumi merupakan penggunaan uap panas bumi sebagai energi penggerak untuk menghasilkan energi listrik. Jika uap panas bumi berupa uap yang naik ke permukaan, uap tersebut akan dialirkan ke turbin untuk menghasilkan energi kinetik yang menggerakkan generator. Jika campuran dua fasa (uap dan cair) naik ke permukaan, pemisahan dilakukan dengan memasukkan fluida ke dalam separator. Uap yang dihasilkan dari pemisahan tersebut akan digunakan untuk menggerakkan turbin. Sistem uap ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram T-S Untuk Sistem Konversi Uap Hasil Pemisahan. (Sumber: Saptadji, 2001)

Ada beberapa jenis pembangkit listrik tenaga panas bumi, seperti sistem *dry steam*, *flash steam*, dan *binary cycle*. Pada sistem *dry steam*, uap panas langsung digunakan untuk menggerakkan turbin. Pada sistem *flash steam*, air panas alam dialirkan ke dalam tangki flash untuk menghasilkan uap panas. Pada sistem *binary cycle*, fluida kerja dipanaskan menggunakan air panas bumi untuk menghasilkan uap panas yang digunakan untuk menggerakkan turbin.

Sistem Turbin

PLTP menggunakan turbin sebagai komponen utama untuk mengubah energi pada pembangkit listrik termal. Turbin berfungsi mengubah energi panas menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator (Maulauni, 2018). Ada dua jenis siklus turbin, yaitu siklus terbuka dan siklus tertutup. Komponen-komponen turbin meliputi rotor, sudu-sudu, casing, bantalan, dan sistem pelumasan. Rotor berputar berkat pergerakan uap, sudu membantu rotasi rotor, dan casing melindungi sudu. Bantalan membatasi pergerakan komponen, sementara sistem pelumasan melumasi bantalan dan mengatur pergerakan *valve*.

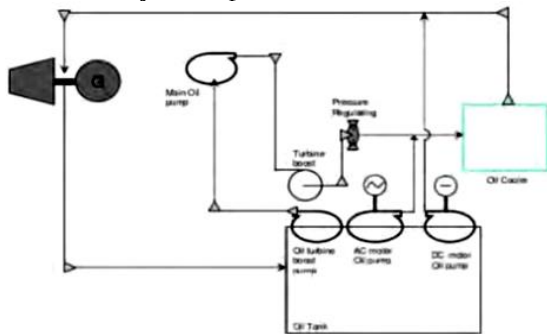
Sistem Pelumasan

Turbin adalah bagian penting dalam mengubah energi panas dari uap menjadi gerakan putar pada porosnya. Poros turbin terhubung dengan poros generator untuk menghasilkan energi listrik. Namun, gesekan antara poros turbin dan bantalan dapat menyebabkan panas berlebihan yang merusak material (Nurhari, 2018). Oleh karena itu, perawatan yang baik diperlukan agar turbin dapat beroperasi dalam jangka waktu yang panjang, salah satunya adalah pelumasan. Menurut Maulani (2018), pelumasan memiliki beberapa fungsi, antara lain mengurangi gesekan, menyerap panas, mencegah kontaminasi, menghindari suara bising, mencegah korosi, dan berperan sebagai sistem sealing tambahan.

Sistem pelumasan pada turbin umumnya menggunakan sistem tertutup bertekanan. Minyak pelumas disirkulasikan secara berulang, dengan adanya pompa untuk mengalirkan *lube oil* (Rizal, 2017). Terdapat tiga jenis pompa yang digunakan, yaitu *main oil pump*, *auxiliary oil pump*, dan *emergency oil pump*. *Main oil pump* digunakan saat turbin

beroperasi secara normal, sementara *auxiliary oil pump* digunakan saat *start up*, *shut down*, dan *turbine trip*. Sedangkan *emergency oil pump* akan bekerja saat terjadi kegagalan pada pompa lainnya.

Sistem pelumasan pada PLTP melibatkan berbagai peralatan, seperti main oil tank yang menyimpan oli pelumas dalam jumlah besar, oil pump yang memompakan oli pelumas ke turbin, dan *lube oil cooler* yang digunakan untuk menurunkan suhu minyak pelumas sebelum dialirkan kembali ke bantalan poros dan unit operasional. Dengan memperhatikan perawatan dan pemantauan sistem pelumasan, turbin dapat beroperasi dengan baik dan dalam jangka waktu yang lama. Sistem pelumasan PLTP ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Pelumasan PLTP (Sumber: Maulani, 2018)

Viskositas *Lube oil*

Viskositas atau dikenal sebagai sifat kekentalan fluida diartikan sebagai karakteristik fluida yang memberikan tahanan tegangan geser oleh fluida tersebut. Viskositas menggambarkan resistensi suatu fluida terhadap aliran sehingga dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk mengukur gesekan fluida. Tingginya viskositas dapat disebabkan karena terjadi gaya tarik menarik antar molekul yang besar dalam cairan. Koefisien viskositas didefinisikan sebagai resistensi terhadap aliran fluida (Winudhapratama, 2020).

Menurut Effendi (2014), viskositas dari suatu pelumas dipengaruhi oleh perubahan suhu dan tekanan, apabila suhu suatu pelumas meningkat, maka viskositasnya akan menurun, begitu juga sebaliknya apabila suhu suatu pelumas menurun, maka viskositasnya akan meningkat, ini berarti pelumas akan mudah mengalir ketika pada suhu panas dibandingkan pada saat suhu dingin. Sedangkan viskositas

pada pelumas akan meningkat seiring meningkatnya juga tekanan yang ada di sekitar pelumas. Tekanan akan bertambah jika nilai dari viskositas tersebut bertambah, sehingga semakin tinggi tekanan maka semakin besar viskositas suatu fluida.

Perhitungan nilai viskositas yang mengalir melalui pipa menurut Winudhapratama (2020) sebagai berikut:

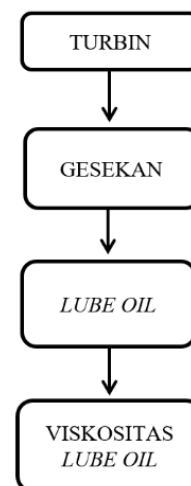
$$\mu = \frac{\pi \times r^2 \times t \times P}{8 \times v \times L} \quad (2.1)$$

Dimana:

- r = Jari-jari dalam pipa (m)
- t = Waktu (s)
- P = Tekanan (kg/m²)
- v = Volume fluida (m³)
- L = Panjang pipa (m)

Kerangka Berpikir

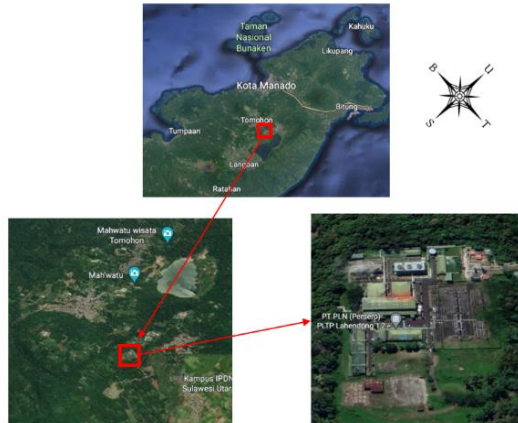
Kerangka berpikir dalam penelitian ini menjelaskan dimana pada turbin terdapat beberapa komponen yang saling bersinggungan antara satu komponen dengan komponen lainnya sehingga menyebabkan komponen saling bergesekan. Untuk menghindari terjadinya gesekan tersebut, diperlukan adanya minyak pelumas (*lube oil*). Viskositas *lube oil* memiliki peran penting dalam mengurangi gaya gesek yang dihasilkan oleh komponen mesin yang bergerak dan saling bersinggungan, serta mencegah terjadinya keausan pada mesin, dan memindahkan panas. Oleh karena itu, viskositas *lube oil* perlu diperhatikan agar komponen mesin dapat bekerja dengan maksimal. Kerangka berpikir dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Kerangka Berpikir

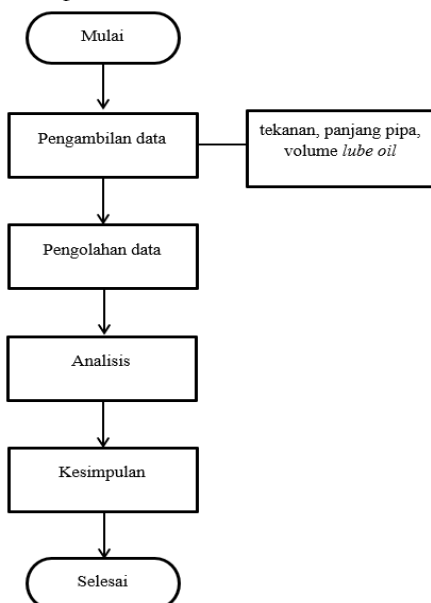
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong, Tomohon Selatan, Sulawesi Utara. Lokasi PLTP Lahendong ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Lokasi PLTP Lahendong Unit 1 dan 2

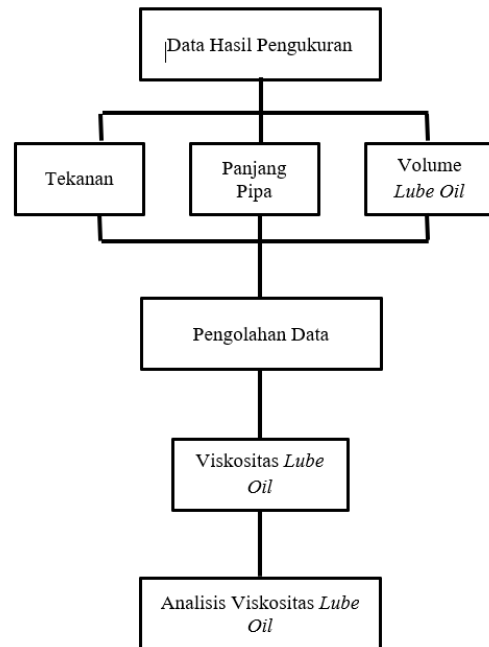
Alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan data mencakup *logsheet* operasi PLTP Lahendong, laptop atau pengolah data, *software Microsoft Excel*, dan alat tulis. Desain penelitian mencakup identifikasi masalah, studi literatur, pengambilan data tekanan, panjang pipa, dan volume *lube oil*, pengolahan data, analisis data, dan penarikan kesimpulan tentang viskositas *lube oil* di PLTP Lahendong. Variabel penelitian adalah viskositas *lube oil*. Teknik pengumpulan data melibatkan studi literatur, observasi, dan wawancara dengan pegawai PLTP. Teknik pengumpulan data ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir desain penelitian.

Teknik Analisis Data

Teknik pengolahan dan analisis data dilakukan dengan mengambil data pengukuran terkait viskositas *lube oil* seperti tekanan, panjang pipa, volume *lube oil*. Setelah data-data ini dikumpulkan, maka data-data ini kemudian dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai viskositas *lube oil*. Kemudian dilakukan analisis viskositas *lube oil*. Teknik pengolahan dan analisis data ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir teknik pengolahan dan analisis data.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN HASIL

Viskositas *Lube oil*

Viskositas *lube oil* dapat diketahui menggunakan persamaan (2.1) berdasarkan perhitungan hasil pengukuran pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran beberapa parameter

Pukul	Waktu (s)	Jari-jari pipa (m)	Tekanan <i>lube oil</i> (kg/m ²)	Panjang pipa (m)	Volume <i>lube oil</i> (m ³)
12.00	60	0,0254	30591,486	5	0,2488
12.30	60	0,0254	30591,486	5	0,2488
13.00	60	0,0254	30591,486	5	0,2488
13.30	60	0,0254	30591,486	5	0,2488
14.00	60	0,0254	30591,486	5	0,2488
14.30	60	0,0254	30591,486	5	0,2488
15.00	60	0,0254	30591,486	5	0,2488
15.30	60	0,0254	30591,486	5	0,2488
16.00	60	0,0254	30591,486	5	0,2488
16.30	60	0,0254	31611,2	5	0,2488
17.00	60	0,0254	31611,2	5	0,2488
17.30	60	0,0254	31611,2	5	0,2488
18.00	60	0,0254	31611,2	5	0,2488
18.30	60	0,0254	31611,2	5	0,2488
19.00	60	0,0254	31611,2	5	0,2488

Hasil dari pengambilan data viskositas *lube oil* di tubin unit 2 PLTP Lahendong yang dilakukan pada tanggal 25 April 2023 pukul 12.00 WITA sampai 19.00 WITA dapat dilihat pada Tabel 1 dengan hasil panjang pipa yang didapatkan sebesar 5 meter sehingga jari-jari pipa yang didapatkan sebesar 0,0254 meter, volume *lube oil* didapatkan sebesar 0,2488 m³, sedangkan untuk tekanan dari pukul 12.00 WITA sampai 16.00 WITA didapatkan sebesar 30591,486 kg/m² dan pada pukul 16.30 WITA sampai 19.00 WITA didapatkan sebesar 31611,2 kg/m². Hasil dari perhitungan viskositas *lube oil* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan viskositas *lube oil*

Tekanan <i>lube oil</i>	Viskositas <i>lube oil</i>
30591,486 kg/m ²	373,61 kg/ms
31611,2 kg/m ²	386,06 kg/ms

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil untuk tekanan sebesar 30591,486 kg/m² mendapatkan nilai viskositas sebesar 373,61 kg/ms. Sedangkan untuk tekanan sebesar 31611,2 kg/m² mendapatkan nilai viskositas sebesar 386,06 kg/ms. Viskositas pada pelumas akan meningkat seiring meningkatnya juga tekanan yang ada di sekitar pelumas (Effendi, 2014). Apabila viskositas suatu fluida tinggi itu disebabkan karena tekanan disekitar juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena viskositas memiliki tahanan (hambatan) terhadap tekanan geser, tekanan geser merupakan tekanan yang diberikan pada fluida untuk bergerak. Tekanan geser merupakan tekanan yang diberikan fluida untuk dapat bergerak (Jalaluddin dkk, 2019). Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa viskositas pada tekanan sebesar 31611,2 kg/m² mengalami kenaikan nilai viskositas menjadi sebesar 386,06 kg/ms dibandingkan dengan nilai viskositas pada

tekanan 30591,486 kg/m² yang menghasilkan nilai viskositas sebesar 373,61 kg/ms.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa nilai viskositas yang terjadi pada *lube oil* di turbin unit 2 sebesar 373,61 kg/ms dan 386,06 kg/ms. Hal ini disebabkan karena dipengaruhi oleh tekanan di sekitar *lube oil*, dimana semakin tinggi tekanan maka nilai viskositas yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena viskositas memiliki tahanan (hambatan) terhadap tekanan geser, tekanan geser merupakan tekanan yang diberikan pada fluida untuk bergerak.

6. REFERENSI

- Effendi, M. S., & Adawiyah, R. (2014). Penurunan Nilai Kekentalan Akibat Pengaruh Kenaikan Temperatur Pada Beberapa Merek Minyak Pelumas. *Jurnal Intekna*, 14(1), 1-9.
- Jalaluddin, J., Akmal, S., Nasrul, Z. A., & Ishak, I. (2019). Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 97-108.
- Kasbani, K. (2009). Tipe Sistem Panas Bumi Di Indonesia Dan Estimasi Potensi Energinya. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 4(3), 23-30.
- Lumbantoruan, P., & Erislah, E. (2016). Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Minyak Pelumas (Oli). *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 13(2).
- Mariono, P., Palilingan, R. N., & Sompotan, A. F. (2022). Pengaruh Perubahan Temperatur Lingkungan Terhadap Kinerja Dan Efisiensi Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (Pltp) Unit 2 Lahendong. *Jurnal FisTa: Fisika dan Terapannya*, 3(2), 48-51.
- Maulani, S. A. (2018). Rancangan Plate Heat Exchanger Sebagai Pendingin Oli Pelumas Kapasitas 734 kW. *Skripsi*. Bandung, Politeknik Negeri Bandung.
- Nurhari, A. P. (2018). Rancangan Lube Oil Cooler Pada Sistem Pelumasan Turbin Untuk PLTU Kapasitas 600 MW. *Skripsi*. Bandung, Politeknik Negeri Bandung.
- Pasaribu, S. P. (2023). Perbandingan Pengujian Viskositas Lube Oil Dengan Menggunakan Metode Astm D-445 Dan Astm D-7042. In *Prosiding Seminar Nasional Kimia* (Vol. 2, No. 1, pp. 100-102).
- Rizal, M. (2017). Analisa Dampak Penurunan Kinerja Lube Oil Cooler pada Turbin di PLTU Belawan. *Skripsi*. Medan, Universitas Medan Area.
- Saptadji, N. M. (2001). *Teknik Panas Bumi*. Bandung, Penerbit ITB.
- Saputra, A. N., Puspawan, A., & Supardi, N. I. (2021). Lube Oil Cooler Performance Analysis Before and After Maintenance Outage at PLTGU. *Rekayasa Mekanika: Mechanical Engineering Scientific Journal, Pure and Inter Disciplinary*, 5(2), 19-27.
- Winudhapratama, S. (2020). Analisis & Simulasi Pressure Drop Pada Sistem Perpipaan Untuk Optimasi Hasil Produksi Fluida Minyak Mentah Di PT. Pertamina EP Asset 3 Subang Field, Purwakarta. *Skripsi*. Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia.