

## **EFEK UAP BERTEKANAN PADA VISKOSITAS MINYAK OLI TERHADAP WAKTU ALIR DALAM MESIN SIMULATOR INJEKSI UAP BERBASIS PLC DAN SCADA**

Nana Sutarna<sup>1</sup>, Chandra Ardhillah, Azis Suherman dan Ririn Ardiyanti

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru Universitas Indonesia Depok 16424

Email: [nastar1270@gmail.com](mailto:nastar1270@gmail.com)<sup>1)</sup>

### **ABSTRACT**

*The crude oil inside of the earth have variant in viscosity depend on the gravity index (API). Based on the differences of viscosity, the crude oil are divided within light oil and heavy oil. The heavy oil is very difficult to be pumped than the light oil because have high viscosity. The oil viscosity can be reduced by giving pressurized steam. the pressurized steam is produced from a steam injection which it goes into the reservoir. The temperature and pressure of steam are measured by a sensor. The result of experiment illustrates that the oil getting pressurized steam show decrease index viscosity so the oil is easier to be pumped. It can be proved with increasing suction ability until 45% for Pertamina Prima oil XP SAE 40W-50 and 50% for CGI Vespa oil SAE 30. The experimental data also describes a link between rising temperatures to increasing pressure inside of the steam tube which tends to linier. The overall of process is controlled and monitored through PLC and SCADA. PLC as a controller will process the signals coming from sensors and then their measurement is displayed via SCADA. SCADA as the window of display show the simulation of sistem and direct measurement so all of the result always refurbished.*

*Keywords: Steam Injection, Pressure, PLC, SCADA*

### **ABSTRAK**

*Minyak yang ada diperut bumi memiliki variasi viskositas yang berbeda berdasarkan indek gravitasi menurut American Petroleum Indexs (API). Perbedaan tersebut menyebabkan minyak digolongkan pada minyak type ringan (light oil) dan minyak type berat (heavy oil). Untuk minyak type berat sangat sulit untuk dipompa disbanding minyak tipe ringan karena memiliki viskositas yang tinggi. Viskositas minyak dapat diturunkan dengan metode pemberian uap berinjeksi. Uap bertekanan dihasilkan dari sebuah mesin steam injection miniature yang dialirkan ke reservoir minyak. Suhu dan dan tekanan yang dihasilkan uap diukur menggunakan sebuah sensor. Hasil percobaan menunjukkan bahwa minyak yang diberi injeksi uap bertekanan mengalami peningkatan kemampuan daya hisap sebesar 45% untuk minyak oli Pertamina Prima XP SAE 40W-50 dan 50% untuk minyak oli CGI Vespa SAE 30. Hasil percobaan juga menunjukkan adanya hubungan antara peningkatan suhu terhadap peningkatan tekanan di dalam tabung steam yang cenderung linier. Sistem di kendalikan oleh PLC dan SCADA. PLC difungsikan untuk mengontrol aktivitas sensor sebagai input dan memprosesnya yang kemudian hasilnya ditampilkan melalui SCADA. Fungsi SCADA adalah untuk memonitoring keseluruhan aktivitas sistem yang ditampilkan dalam bentuk visual pada layar monitor. Pada menu tampilan SCADA ditunjukkan aksi pengukuran secara langsung sehingga hasilnya selalu dapat diperbaharui.*

*Keywords: Injeksi uap, tekanan, PLC dan SCADA*

## PENDAHULUAN

Sistem injeksi uap bertekanan pada sumur minyak adalah metode yang sudah banyak digunakan dalam dunia perminyakan. Teknik ini salah satunya dikenal dengan istilah CSI (Cyclic Steam Injection). Tujuan pemberian uap bertekanan adalah untuk menurunkan tingkat viskositas agar minyak mudah untuk dipompa. Minyak yang ada diperut bumi memiliki variasi viskositas yang berbeda berdasarkan indek gravitasi menurut American Petroleum Index (API). Perbedaan tersebut menyebabkan minyak digolongkan pada minyak type ringan (*light oil*) dan minyak type berat (*heavy oil*).

Minyak mentah type berat sangat sulit untuk dipompa ke permukaan karena bentuk kepadatannya lebih besar. Hal ini dikarenakan property massa yang dimilikinya berbeda sehingga berpengaruh terhadap tingkat liquiditasnya [1]. Walaupun minyak mentah type ringan lebih mudah untuk dipompa dibanding minyak mentah type berat namun tetap membutuhkan kemampuan tenaga mesin pompa yang besar untuk mengangkutnya. Viskositas adalah ukuran resistensi cairan untuk mengalir, semakin rendah viskositas fluida, semakin mudah untuk mengalir. Karena itu viskositas juga berhubungan erat dengan kemampuan suatu cairan untuk bergerak atau mengalir.

Level viscositas dan berat jenis adalah sebuah pengukuran tentang sifat-sifat fisika yang terkandung pada minyak mentah. Semakin besar level viscositas maka semakin berat type suatu minyak. Minyak type berat sulit mengalir dibandingkan dengan minyak type ringan. Hal ini berkaitan erat dengan kemampuan daya tarik menarik antara molekul-molekulnya, dimana property massa yang dimilikinya berpengaruh terhadap tingkat liquiditasnya [1]. Karena itu minyak mentah type berat hanya mampu diangkat ke permukaan oleh sebuah mesin *Electric*

*Submersible Pump* yang memiliki kapasitas angkut hingga 6000m<sup>3</sup>/jam [1].

Untuk minyak mentah type light pemompaan dapat dilakukan dengan mesin system steam injection reservoir. Konsep dari mesin steam injection ini adalah pada pengendalian suhu. Jika dapat mengontrol suhu dengan tepat maka akan mengurangi konsumsi energy yang juga sekaligus menurunkan biaya perawatannya.

Berdasarkan riset beberapa peneliti menyebutkan bahwa Viskositas minyak dapat diturunkan dengan metode pemberian uap berinjeksi [2,3,4,5,6]. Untuk mengurangi tingkat viskositas adalah dengan menaikkan suhu material. Beberapa peneliti telah melaporkan bahwa salah satu solusi untuk mengatasi level viskositas adalah dengan menggunakan steam injection [1,7]. Penggunaan system cyclic steam injection telah mampu menurunkan berat jenis hingga maksimal 98%. [7]. Hal ini memberikan kemudahan pemompaan pada minyak untuk ditarik ke permukaan. Aplikasi metode termal pada sumur pengeboran minyak mentah adalah bagian dari Enhance Oil Recovery (EOR). Metode EOR secara garis besar dibagi 2 group yaitu metode proses termal dan metode proses perendaman secara kimiawi. Penggunaan uap air dalam pemulihan minyak mempunyai tiga efek yaitu (1) ekspansi termal dari minyak, (2) penurunan viskositas dan (3) destilasi uap[8].

Hasil injeksi uap dalam pemulihan minyak mentah secara signifikan lebih besar dari pada banjir air panas. Hal ini karena destilasi uap dan dorongan gas yang ditambahkan ke minyak akan mengurangi tingkat viskositas ikatan antara molekul-molekulnya. [7]. ini menunjukkan bahwa pemberian steam injection injeksi pada minyak yang memiliki viskositas tinggi dapat diturunkan dengan menambahkan uap air bertekanan ke dalam reservoir [3].

Viskositas adalah ukuran resistensi cairan untuk mengalir. Semakin rendah viskositas suatu fluida maka semakin mudah fluida itu mengalir. Viscositas dinyatakan dengan persamaan :

$$\eta \frac{\text{tegangangan geser}}{\text{kecepatan laju}} = \frac{F/A}{v/l} \quad (1)$$

Hal yang sama juga terjadi pada minyak, semakin tinggi tingkat viskositas minyak semakin sulit minyak untuk mengalir.

Viskositas berhubungan dengan kepadatan yang disebabkan oleh tingkat kekuatan ikatan-ikatan molekulnya, karena itu viskositas dapat dipengaruhi oleh suhu. Satuan SI viskositas dinamis adalah millipascal-kedua (MPa · s). Hal ini setara dengan mantan unit sentipoise (cP).

Hubungan viscositas dengan suhu adalah berbanding terbalik, hal ini dilihat dari persamaan:

$$\eta = A \cdot e^{\frac{E_a}{RT}} \quad (2)$$

Viscositas liquid berbeda dengan viskositas gas, molekul liquid lebih mudah melepaskan diri dari ikatannya jika ada sedikit energy. Mobilitas molekulnya bergantung pada suhu. Jika suhunya naik maka viskositas menurun.

Dari persamaan Poiseuille untuk  $\eta$  proporsional terhadap waktu (t) dan presuure ( $\Delta P$ ). perbedaan tekanan adalah proporsional terhadap kepadatan atau densitas (D) dari liquid yang diukur. Parameter lain dalam persamaan Poiseuille dapat dianggap konstan sehingga persamaanya menjadi

$$\eta = k \cdot D \cdot T \quad (3)$$

Viskositas suatu fluida menurun seiring dengan meningkatnya suhu fluida. Dengan meningkatnya suhu gaya interaksi antar molekul menjadi berkurang demikian pula dengan sifat viskositasnya. Hubungan viskositas molekul terhadap suhu pertama kali dikemukakan oleh Reynold di tahun 1886 dengan sebuah persamaan:

$$\mu T = \mu_0 e^{(-bT)} \quad (4)$$

Dimana  $\mu$  adalah viskositas geser, T adalah suhu dan  $\mu_0$  b adalah sebuah koefisien. Dalam hukum fluida orde satu,

$$\mu_{eff}(\dot{\gamma}, T) = \mu_0 \dot{\gamma}^{n-1} e^{(-bT)} \quad (5)$$

Dimana  $\dot{\gamma}$  adalah laju geser, T adalah suhu,  $\mu_0$ , n dan b adalah koefisien

Model tersebut didasarkan pada asumsi bahwa aliran fluida mematuhi persamaan Arrhenius untuk kinetika molekul.

$$\mu T = \mu_0 e^{\left(\frac{E}{RT}\right)} \quad (6)$$

Dimana E adalah energi aktivasi, R adalah konstanta gas ideal.

Viskositas dinamik menyatakan resistansi pergeseran aliran yang dikenal dengan nama Couette flow. Besarnya gaya (F) adalah berbanding lurus terhadap kecepatan viskositas (u) dan luasan area (A) dan berbanding terbalik dengan pemisahannya (y).

$$F = \mu A \frac{u}{y} \quad (7)$$

Rasio  $u/y$  adalah perubahan pergeseran atau viskositas pergeseran yang merupakan turunan dari kecepatan fluida. Dimana gaya viskositas dinyatakan dengan:

$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial y} \quad (8)$$

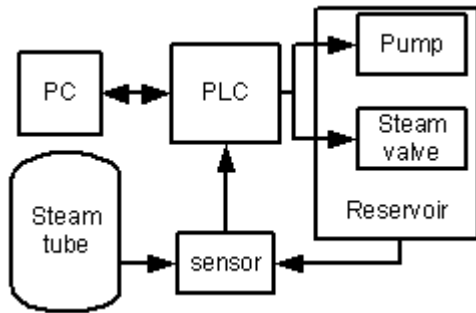
Panas yang diberikan pada minyak bertujuan untuk mengurangi viskositas. Pada penelitian ini uap yang akan diijeksikan ke dalam reservoir merupakan hasil proses pemanasan air. Ketika suhu air meningkat maka tekanan yang terjadi juga ikut meningkat [6]. Hubungan antara suhu dan tekanan dinyatakan dalam persamaan

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (9)$$

## METODE PENELITIAN

### Disain dan Sample penelitian

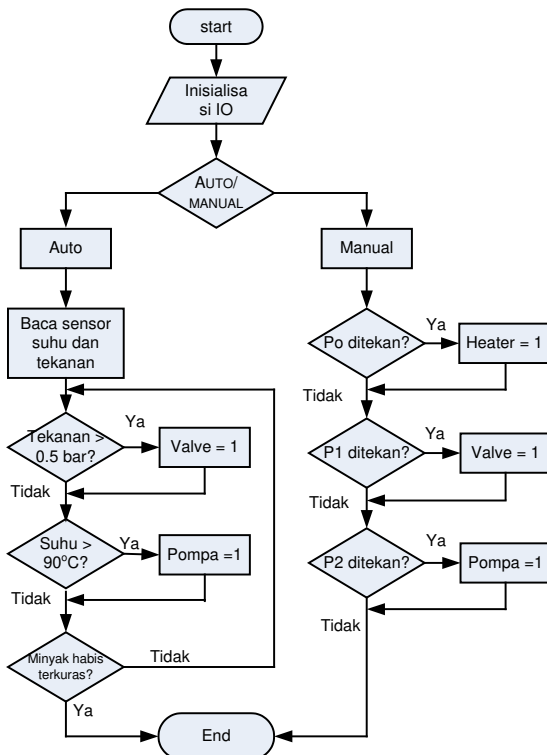
Rancangan sistem untuk menghasilkan uap bertekanan diperlihatkan pada Gambar 1 uap bertekanan dihasilkan dari pemansan air dalam tabung. Suhu dan tekanannya diukur menggunakan sensor PT 100 dan pressure transmitter. Output yang dihasilkan sensor tekanan berupa arus 4 – 20mA. Uap bertekanan kemudian dikirimkan ke reservoir minyak melalui



Gambar 1. Blok diagram pengendali dan monitoring system injeksi uap

sebuah steam valve. Minyak yang sudah diberi uap bertekanan selanjutnya dialirkan melalui pompa.

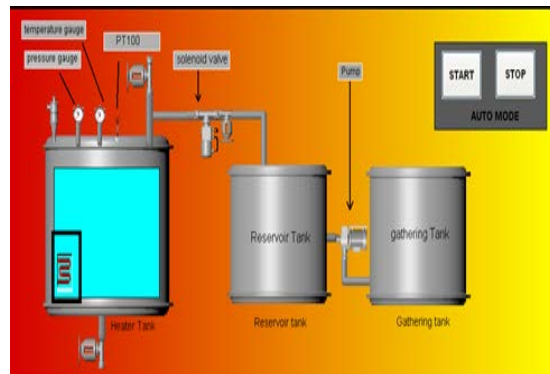
PLC berperan utama dalam pengendalian system. Data yang dikirim oleh sensor ke PLC digunakan untuk mengatur bukaan steam valve dan motor. Urutan kerjanya mengacu pada program ladder yang ditunjukkan pada Gambar 2.



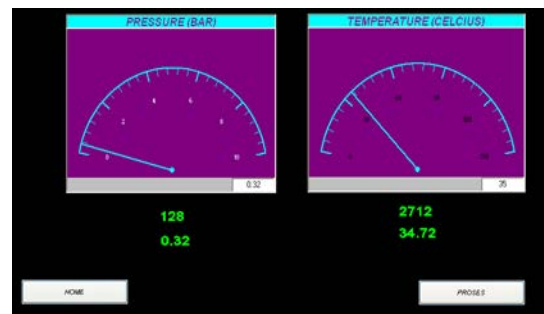
Gambar 2. Alur program PLC

Aksi keseluruhan system berupa simulasi dan pengukuran di monitoring melalui SCADA. Tekanan uap yang dihasilkan tabung mampu mencapai 1 bar dengan suhu capaian hingga 120°C. Pada Gambar 3 dan 4 adalah simulasi dari tampilan SCADA dalam proses monitoring

pengukuran perubahan suhu dan tekanan yang terjadi pada tabung.



Gambar 3. Monitoring SCADA pada simulasi sistem steam injection



Gambar 4. Pembacaan tekanan dan suhu pada tampilan SCADA



Mesin simulasi uap bertekanan yang digunakan dalam penelitian diperlihatkan pada Gambar 5. Sample yang digunakan dalam objek penelitian adalah minyak oli pertamina prima xp SAE 40W-50 dan oli seri CGI Vespa SAE 30. Minyak oli ditempatkan pada sebuah reservoir yang kemudian diberi tekanan uap dari hasil proses pemanasan air.

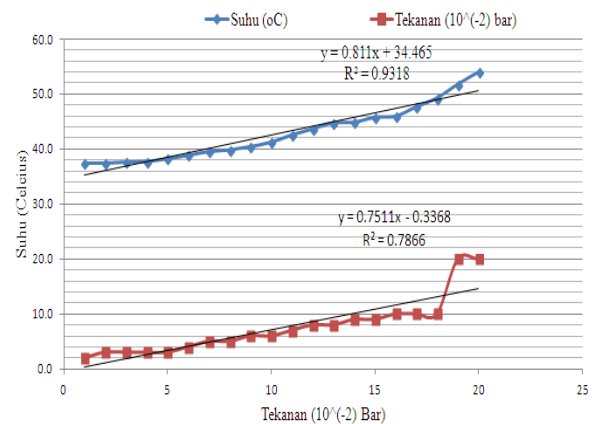
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tabel-1 menyajikan data pengukuran suhu dan tekanan. Berdasarkan data tersebut nampak bahwa ada hubungan erat antara perubahan suhu yang terjadi pada tabung uap dengan tekanan tekanan yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu yang terbentuk didalam tabung semakin besar pula tekanan yang dihasilkan.

Tabel-1. Data Pengukuran suhu dan tekanan.

No.	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	No.	Suhu (°C)	Tekanan (bar)
1.	37,5	0,02	11.	42,6	0,07
2.	37,5	0,03	12.	43,7	0,08
3.	37,7	0,03	13.	44,8	0,08
4.	37,8	0,03	14.	44,9	0,09
5.	38,3	0,03	15.	45,8	0,09
6.	38,9	0,04	16.	46,0	0,1
7.	39,6	0,05	17.	47,7	0,1
8.	39,9	0,05	18.	49,3	0,1
9.	40,5	0,06	19.	51,8	0,2
10.	41,3	0,06	20.	54,0	0,2

Data dari tabel-1 kemudian dipetakan pada sebuah tampilan grafik. Pada Gambar 6, memperlihatkan kenaikan suhu selalu diikuti oleh kenaikan tekanan. Hal ini sejalan dengan konsep hukum termodinamika 1, dimana besarnya tekanan akan dipengaruhi oleh besarnya peningkatan suhu. Hasil proses analisis regresi suhu dan tekanan. Suhu memiliki kelinieritasan yang baik yang dinyatakan dengan nilai  $R^2 = 0,9318$ , sementara tekanan memiliki kelinieritasan yang kurang bagus dengan nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,786$ .



Gambar 6 Grafik hubungan suhu dan tekanan

Data Tabel-2 menunjukkan perbandingan lamanya waktu proses pemompaan minyak oli pada dua buah perlakuan yang berbeda. Perlakuan pertama adalah minyak oli tidak diberi tekanan uap kemudian langsung dipompa. Perlakuan ke dua adalah minyak oli diberi tekanan uap terlebih dahulu kemudian dipompa. Pengukuran dilakukan dengan menghitung lamanya waktu proses minyak oli mengalir yang dihitung sejak pompa mulai bekerja hingga oli keluar dari pompa ke bak penampungan.

Pada minyak oli Pertamina prima XP SAE 40W-50 yang tidak diberi tekanan uap membutuhkan waktu 25 menit untuk mengalir keluar dari pompa, sedangkan untuk minyak oli Pertamina prima XP SAE 40W-50 yang diberi tekanan uap sebesar 0.3 bar hanya membutuhkan waktu pemompaan untuk mengalirkan minyak hingga keluar sebesar 15 menit. Begitu juga hal yang sama terjadi pada minyak oli CGI Vespa SAE 30 waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan minyak menurun sebesar 5 menit dari 10 menit setelah diberi tekanan uap sebesar 0,5 bar.

Tabel 2. Perbandingan proses pemompaan minyak oli

No.	Kondisi	Oli Pertamina Prima XP SAE 40W-50		Oli CGI Vespa SAE 30	
		P (bar)	T (menit)	P (bar)	T (menit)
1.	Kemampuan pompa menghisp oli tanpa	0	25	0	10

	tekanan uap injeksi				
	Kemampuan pompa menghisap oli dengan tekanan uap injeksi.				
2.		0.3	15	0.5	5
3.	Waktu yang diperlukan untuk minyak oli kembali mengental $\pm$ 1jam dan pemanasan air untuk kembali menjadi uap dibutuhkan waktu $\pm$ 10 menit				

Nampak jelas bahwa viskositas minyak dapat diturunkan dengan meningkatkan suhu minyak tersebut. Dengan demikian kemampuan minyak untuk mengalir lebih lancar. Hal ini dikarenakan dengan adanya peningkatan suhu pada minyak tersebut akan mengurangi jumlah ikatan-ikatan antar molekulnya. Dengan kata lain resistansi aliran minyak akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu. Dengan demikian kemampuan aliran minyak meningkat seiring dengan menurunnya viskositas minyak.

Ketika dibandingkan minyak oli Pertamina prima XP SAE 40W-50 dengan minyak oli CGI Vespa SAE 30 yang sama-sama diberi perlakuan tekanan uap, keduanya memiliki perbedaan waktu lamanya minyak mengalir yang tidak sama. Massa waktu minyak Pertamina prima XP SAE 40W-50 lebih lama dibanding massa waktu minyak oli CGI Vespa SAE 30. Ini terjadi karena minyak oli Pertamina prima XP SAE 40W-50 memiliki indek level viscositas lebih tinggi dibandingkan dengan minyak oli CGI Vespa SAE 30.

## KESIMPULAN

1. Terdapat hubungan erat antara peningkatan suhu dalam tabung steam dengan tekanan yang dihasilkan.
2. Jika dibandingkan antara oli yang tanpa diberi tekanan uap berinjeksi dengan oli yang diberi tekanan uap berinjeksi terdapat peningkatan kemampuan lamanya waktu hisap sebesar 45% untuk minyak oli

Pertamina Prima XP SAE 40W-50 dan sebesar 50% untuk minyak oli CGI Vespa SAE 30.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alvarez J, Han Sungyun, 2013, Current Overview of Cyclic Steam Injection Process. Journal of Petroleum Science Research, 2 (3): 116-127.
- [2] Al-Hadhrami Hamed S., Blunt Martin J., 2001, Thermally Induced Wettability Alteration To Improve Oil Recovery in Fractured Reservoirs, SPE Reservoir Evaluation & Engineering, hal: 179-186.
- [3] Razavi S.D., Kharrat R., 2009, Application of Cyclic Steam Stimulation by Horizontal Wells in Iranian Heavy Oil Reservoirs, Transactions C: Chemistry and Chemical Engineering, vol. 16, no. 2, pp. 125-139
- [4] Vafaei M.T., Eslamloueyan R., Ayatollahi Sh. 2009. Simulation of steam distillation process using neural networks, Elsevier Journal, 997-1002.
- [5] Aworanti O. A., Agarry S. E., Ajani A. O., 2012, A Laboratory Study of the Effect of Temperature on Densities and Viscosities of Binary and Ternary Blends of Soybean Oil, Soy Biodiesel and Petroleum Diesel Oil, ACES Journal, 2: 444-452.
- [6] Freitas Samuel V.D., Segovia José J., Martín M. Carmen, Zambrano Johnny, Oliveira Mariana B., Lima Álvaro S., Coutinho João A.P.. 2014. Measurement and prediction of high-pressure viscosities of biodiesel fuels. Elsevier journal, 122: 223-228.

- [7] A. Allawzi Mamdouh, Al-Jarrah Nabil. 2008. Study of the Effect of Steam Injection on Crude Oil Displacement Yield from an Oil Contaminated Soil Bed, *Jordan Journal of Civil Engineering*, 2 (3): 2018-217.
- [8] Kök M. V., Bağcı G. Güner, S. 2008. Laboratory Steam Injection Applications For Oil Shale Fields Of Turkey. *Oil shale*, 25 (1): 37-46.

