

OPTIMASI KINERJA DAN KELAYAKAN EKONOMI PENAMBAHAN POMPA *SCREW PUMP* MENGGUNAKAN METODE ARIMA DI STASIUN D *SHIPPING PUMP*

Agnes Astri Marsanti¹, Andian Ari Istiningrum^{1*}, Dany Alrasyid¹

¹Logistik Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu, 58315

*E-mail: andian.istiningrum@esdm.go.id

ABSTRAK

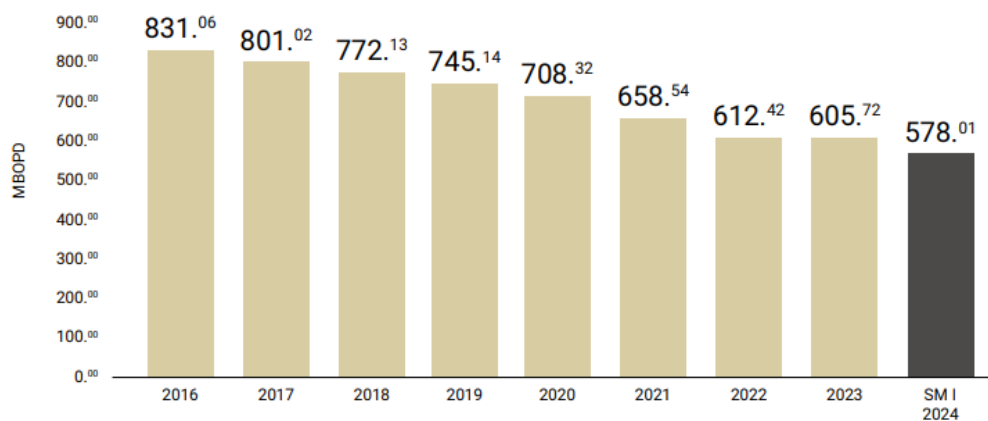
PT X ORA adalah perusahaan yang bergerak di bidang logistik minyak dan gas, khususnya dalam transportasi *crude oil*. Salah satu fasilitas pentingnya adalah Stasiun D *Shipping Pump*, yang dilengkapi dengan empat unit pompa tipe *twin screw pump* dengan kapasitas masing – masing 35.000 BOPD. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan kinerja *screw pump* dengan memprediksi waktu kebutuhan penambahan pompa baru, efisiensi pompa, dan memperhatikan aspek keekonomian, agar pompa tetap dapat berfungsi optimal dalam mendukung penyaluran *crude oil*. Metode yang digunakan adalah *time series forecasting* dengan model ARIMA untuk memproyeksikan kebutuhan penyaluran. Hasil peramalan menunjukkan peningkatan volume penyaluran setiap bulan, hingga pada Mei 2030 mencapai 140.000 BOPD. Selanjutnya, perhitungan efisiensi menunjukkan bahwa *twin screw pump* di Stasiun D *Shipping Pump* memiliki tingkat efisiensi sebesar 75 %. Analisis ekonomi terhadap penambahan pompa menghasilkan *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp 696.160.485,87, *Profitability Index* (PI) 1,07, serta *Payback Period* 6 tahun 1 bulan, sehingga investasi dinilai layak secara teknis dan ekonomis. Hasil penelitian ini berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi sistem pemompaan di industri migas melalui pendekatan integratif antara analisis peramalan, evaluasi teknis, dan kelayakan ekonomi, sehingga dapat menjadi acuan dalam perencanaan kapasitas dan pengelolaan infrastruktur distribusi energi secara berkelanjutan.

Kata kunci: *crude oil*, optimasi, penyaluran, pompa

1. PENDAHULUAN

Produksi minyak bumi masih menjadi salah satu indikator penting dalam menjaga ketahanan energi nasional. Namun, dalam perkembangannya, Indonesia menghadapi tantangan serius karena tren produksi minyak mentah dan kondensat cenderung menurun dari tahun ke tahun. Berdasarkan data statistik Kementerian ESDM produksi yang pada tahun 2016 masih berada di angka 831,06 ribu barel per hari (MBOPD) terus menurun hingga hanya mencapai 578,01 MBOPD pada semester I tahun 2024. Kondisi ini menunjukkan perlunya langkah strategis untuk mengoptimalkan sumber daya energi dalam negeri. Dalam konteks global, minyak dan gas bumi masih memegang peran penting dalam penyediaan energi, meskipun tren produksi Indonesia menunjukkan arah yang berbeda dibandingkan dengan peningkatan produksi minyak bumi global dalam satu dekade terakhir, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada sektor industri, khususnya dalam bidang transmisi, perusahaan-perusahaan dihadapkan pada berbagai tuntutan untuk meningkatkan efisiensi dalam distribusi produk. Sebagai contoh, industri minyak dan gas perlu memfokuskan upayanya pada transmisi produk dengan harapan mendapatkan keuntungan yang lebih besar. Hal ini juga diarahkan untuk mengurangi biaya dalam sektor penyedia jasa transmisi. Dengan kata lain, perusahaan diharapkan dapat mengoptimalkan proses penyaluran agar hasil penjualan meningkat, sementara biaya operasional dapat ditekan secara signifikan.



Gambar 1. Produksi Minyak Mentah dan Kondensat 2016 - Semester I 2024 [1]

PT. X ORA adalah perusahaan yang bergerak di bidang logistik minyak dan gas, khususnya dalam transportasi minyak mentah (*crude oil*). PT. X ORA memiliki tugas utama melakukan transmisi minyak mentah di Blok R yang dimiliki oleh PT. PHR. Transmisi ini merupakan proses penyaluran fluida dari satu lokasi ke lokasi lain melalui sistem perpipaan dan pemompaan, yang terdiri dari pipa, *flange*, pompa, *strainer* dan komponen khusus lainnya. PT X ORA dilengkapi dengan fasilitas pendukung seperti jaringan pipa sepanjang 343,213 km yang tersebar di seluruh Blok R, Stasiun Pengendali Operasi (SPO) D, D *Shipping Pump* (DSP), dan DU *Metering Station*. Volume penyaluran minyak mentah yang akan dikelola nantinya total sekitar 150.000 – 170.000 BOPD. Minyak mentah tersebut dikirim melalui pipa dengan diameter 4, 8, 10, 16, 20, dan 24 inch sepanjang $\pm$ 341 KM yang membentang dari kota M sampai dengan kota DU. Untuk mendukung kegiatan penyaluran minyak mentah, PT X ORA juga mengoperasikan 1 *booster station* di *tank farm* D, 1 *operation control station* dan 1 *metering station* di DU.

DSP merupakan salah satu aset penting di PT X ORA yang menerima minyak mentah dari *South Operation* dan kemudian memompakannya menuju stasiun metering DU hingga akhirnya diterima oleh *offtaker*. DSP juga berperan dalam menjaga kelancaran operasi dengan memastikan *flowrate* tidak berlebihan dan menjaga keandalan pompa-pompa yang dimiliki. *Shipping pump system* memainkan peran vital dalam rantai pasokan industri migas, memastikan perpindahan cairan yang aman dan efisien dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Keandalan, efisiensi, dan keamanan operasional adalah faktor utama dalam perancangan dan pemeliharaan sistem ini. DSP memiliki empat buah pompa jenis *positive displacement-twin screw*. Satu unit pompa DSP mampu mengalirkan minyak mentah 35.000 BOPD dengan putaran maksimal di 1.800 RPM. Namun, keterbatasan jumlah pompa yang hanya empat unit menyebabkan kapasitas maksimal yang dapat dicapai adalah 140.000 BOPD. Apabila kebutuhan aliran minyak mentah melebihi kapasitas tersebut, DSP menghadapi potensi *bottleneck* dalam distribusi, sehingga diperlukan solusi teknis maupun strategis untuk memastikan kontinuitas pasokan dan menghindari gangguan operasional.

Penelitian terdahulu telah banyak membahas penggunaan metode ARIMA dalam meramalkan harga maupun produksi minyak mentah. Penelitian yang dilakukan oleh Kumar & Singh merekomendasikan penggunaan metode ARIMA untuk memperkirakan produksi *crude oil* (penyaluran *crude oil*) [2]. Cheng dkk menunjukkan bahwa model *hybrid* berbasis ARIMA mampu meningkatkan akurasi peramalan harga minyak, khususnya ketika data menghadapi *structural breaks* atau fluktuasi ekstrem [3]. Selanjutnya, Ning dkk membandingkan ARIMA dengan me-

tode modern seperti LSTM dan Prophet, dan menemukan bahwa ARIMA tetap relevan dalam peramalan produksi minyak jangka pendek karena kesederhanaan serta transparansinya [4]. Li dkk menerapkan ARIMA dan ARIMA-GARCH pada harga *West Texas Intermediate* (WTI) dan membuktikan bahwa pendekatan *Box-Jenkins* masih efektif untuk memodelkan volatilitas harga minyak [5]. Sementara itu, He menegaskan bahwa meskipun model *non-linear* seperti *Support Vector Regression* (SVR) semakin berkembang, ARIMA masih dapat dijadikan *base-line* penting dalam peramalan harga minyak mentah [6]. Penelitian oleh Yadav dkk. bahkan mengombinasikan ARIMA dengan *intervention analysis* untuk mengkaji dampak peristiwa eksternal, seperti pandemi, terhadap kestabilan model dalam memproyeksikan harga energi. Selain itu, studi perbandingan antara ARIMA dan SARIMA menunjukkan bahwa SARIMA lebih unggul dalam menangkap pola musiman pada data harga minyak, meskipun ARIMA tetap efektif untuk data yang tidak memiliki sifat musiman yang kuat [7]. Lebih baru, Suleiman dkk menemukan ARIMA (3,1,1) sebagai model terbaik dalam meramalkan harga minyak Nigeria [8], sementara Ahmar dkk membuktikan bahwa ARIMA (0,1,1) paling akurat untuk memproyeksikan nilai ekspor minyak dan gas Indonesia [9]. Wati dkk menggunakan ARIMA untuk memodelkan harga *crude oil* domestik (ICP) dan menunjukkan beberapa konfigurasi model yang sesuai [10], sedangkan Sarfiah & Aripulis menerapkan ARIMA untuk memproyeksikan ekspor, produksi, dan konsumsi minyak Indonesia hingga tahun 2027 [11].

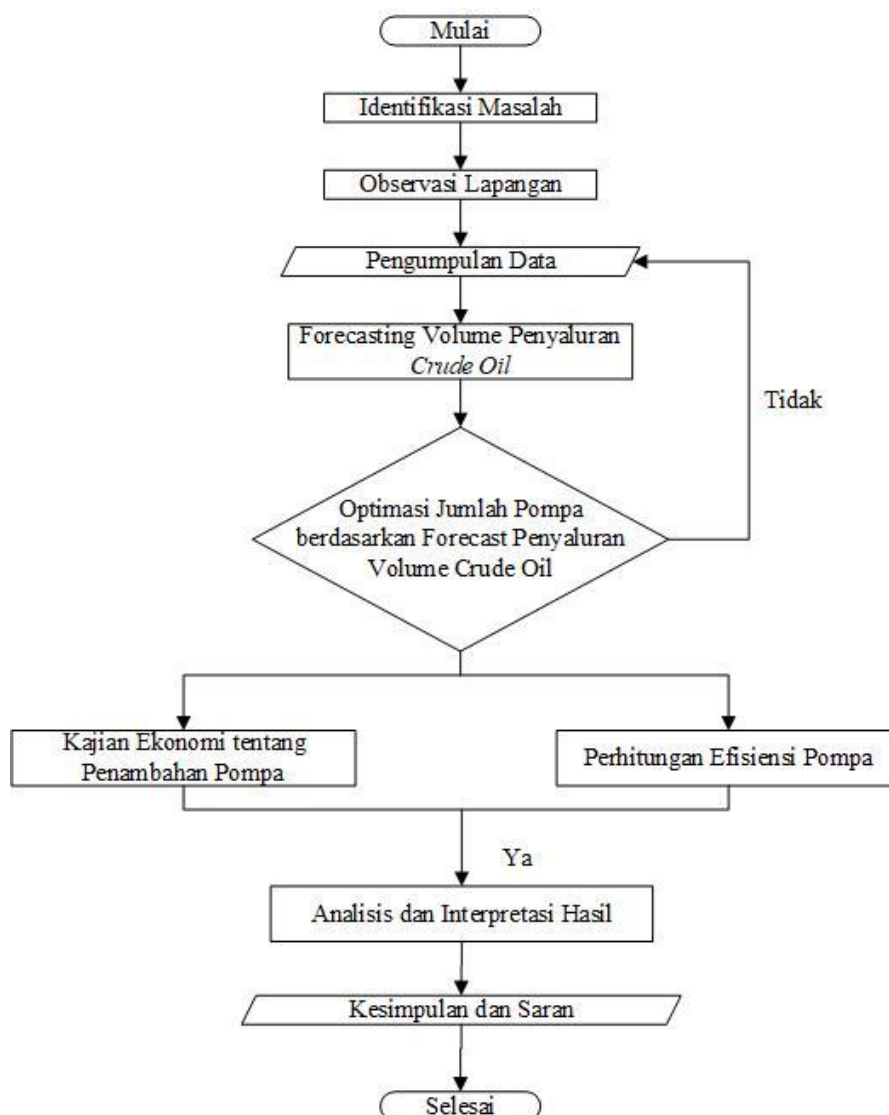
Meskipun demikian, mayoritas penelitian sebelumnya masih berpusat pada peramalan harga dan volume ekspor/produksi di tingkat nasional atau pasar global. Keterbatasan utama adalah minimnya kajian yang fokus pada *forecasting* penyaluran *crude oil* yakni volume aktual yang melewati infrastruktur seperti pompa atau jalur distribusi pada level operasional perusahaan migas. Padahal, peramalan penyaluran sangat penting untuk memastikan kesesuaian kapasitas aset seperti DSP, perencanaan *flowrate*, dan kontinuitas operasi.

Metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), yang juga dikenal dengan pendekatan *Box-Jenkins*, merupakan teknik analisis deret waktu yang menggabungkan model *Autoregressive* (AR) dan *Moving Average* (MA), yang dikembangkan oleh George Box dan Gwilym Jenkin [12]. Metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), yang juga dikenal dengan pendekatan *Box-Jenkins*, merupakan teknik analisis deret waktu yang menggabungkan komponen *Autoregressive* (AR), *differencing* (I), dan *Moving Average* (MA), sebagaimana diuraikan oleh Box dan Jenkins. Proses standar dalam pemodelannya meliputi tiga tahap utama yaitu identifikasi model (menentukan p, d, dan q melalui analisis ACF/PACF dan differensiasi, estimasi parameter, dan pengujian diagnostik untuk memastikan residual bersifat *white noise* dan model layak digunakan [13]. Pendekatan ini sangat fleksibel dan efektif untuk meramalkan tren atau fluktuasi jangka pendek. Selain itu, studi Energy menunjukkan bahwa karakteristik seperti volatilitas, musiman, tren, dan kejutan dalam data permintaan energi perlu diintegrasikan, dan model ARIMA dapat disesuaikan dengan memasukkan aspek-aspek tersebut agar lebih akurat dalam peramalan distribusi energi [14].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja sistem pompa di Stasiun D *Shipping Pump* (DSP) melalui tiga langkah utama, yaitu memprediksi kebutuhan penyaluran *crude oil* menggunakan metode *time series* ARIMA untuk menentukan waktu ideal penambahan pompa baru, menganalisis tingkat efisiensi operasional pompa *twin screw pump* yang digunakan, dan mengevaluasi kelayakan ekonomi penambahan pompa berdasarkan parameter NPV, PI, dan *Payback Period*. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan teknis dan ekonomis dalam pengelolaan infrastruktur penyaluran minyak mentah di industri migas.

2. METODE

Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi data *demand* penyaluran *crude oil* dari Pompa DSP yang berasal dari penyaluran *crude oil* dari area *south* yang terletak di D menuju *north* yang terletak di DU. *South Operation* meliputi seperti area B, L, M, BE dan D itu sendiri. Sedangkan *North Operation* meliputi area BAN, BAL, dan BEN. *Crude oil* berjenis *Sumatra Light Crude* disalurkan oleh DSP melalui empat pompa berjenis *Twin Screw Pump*. Pengolahan data dari DSP ini untuk menghitung kondisi penyaluran dengan menggunakan metode peramalan. Tahapan penelitian secara umum dapat digambarkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Metode peramalan yang digunakan adalah metode *time series forecasting*. Peramalan deret waktu (*time series forecasting*) adalah teknik analisis statistik untuk memprediksi nilai di masa depan. Caranya adalah dengan mempelajari pola dan kecenderungan dari data historis yang diurutkan berdasarkan waktu. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder hasil pencatatan operasional Stasiun D *Shipping Pump* (DSP) selama periode Januari 2023 hingga Desember 2024. Data dikumpulkan dari laporan harian penyaluran *crude oil* yang direkap oleh bagian operasi PT X ORA dan telah melalui proses validasi internal.

Penelitian ini menggunakan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). *Forecasting* (ARIMA) digunakan untuk memprediksi *flowrate* bulanan dalam menghitung kondisi penyaluran *crude oil* dengan cara merata-ratakan seluruh data berdasarkan kelompoknya. Setelah dilakukan pengelompokkan data, selanjutnya akan dilakukan uji stationeritas data. Hal ini dikarenakan syarat yang harus terpenuhi pada model ARIMA adalah data harus *stationer* terhadap ragam dan rata-rata. Pengujian stationeritas data terhadap rata-rata dilakukan apabila data sudah stasioner terhadap ragam. Stationeritas data terhadap ragam apabila *rounded value* atau *alpha* bernilai 1. Apabila nilai *alpha* tidak sama dengan 1, maka data tersebut harus di-transformasi hingga nilai *alpha* sama dengan 1.

Pengukuran plot ACF (*Auto Correlation Function*) dilakukan untuk mengetahui stasioneritas data terhadap rata-rata. Data yang stationer terhadap rata-rata ditandai dengan tiga *lag* yang tidak melebihi *confidence interval*. Apabila data masih belum stasioner terhadap rata-rata, maka data tersebut perlu distasionerkan dengan *differencing* hingga diperoleh data yang stationer terhadap rata-rata. Tahap ini akan ditentukan p, dan q dengan bantuan korelogram autokorelasi (ACF) dan korelogram autokorelasi parsial (PACF). Sedangkan d ditentukan dari tingkat stasioneritasnya. ACF bertujuan untuk mengukur korelasi antara pengamatan dengan *lag* ke-n, sedangkan pengukuran PACF merupakan pengukuran korelasi antara pengamatan dengan lag ke-n dan dengan mengontrol korelasi antara dua pengamatan dengan lag kurang dari k. Pada tahap ini akan menentukan model akhir dengan mencocokkan pada kriteria evaluasi model, yaitu residual peramalan bersifat acak.

Validasi model sudah terpenuhi syarat dengan menggunakan indikator *Box-Ljung Statistic*. Dari indikator ini selanjutnya dapat diketahui bahwa nilai P-value untuk uji statistik ini lebih kecil dari 0,05 yang menunjukkan bahwa residual sudah acak [15]. Seluruh proses analisis data dan peramalan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Minitab Statitital Software* dan *Microsoft Excel 2021*, yang berfungsi untuk pengujian model ARIMA, visualisasi grafik ACF–PACF, serta validasi statistik hasil peramalan

Langkah selanjutnya yaitu mengidentifikasi pompa berdasarkan kapasitas maksimal setiap pompa. Setiap pompa memiliki kapasitas maksimal 35.000 BOPD, sehingga penambahan pompa dilakukan jika penyaluran *crude oil* yang dialirkan melalui pompa DSP sudah mencapai 140.000 BOPD berdasarkan prediksi BOPD yang dilakukan pada tahap *forecasting*. Tahap berikutnya adalah menghitung efisiensi pompa. Dalam mengevaluasi efisiensi suatu pompa, maka diperlukan menghitung beberapa parameter diantaranya sebagai berikut,

Daya Pompa [16]

1. Daya Cairan (Pw)

$$P_w = \frac{\rho \times g \times q \times H}{1000} \quad (1)$$

2. Daya Poros (Pp)

$$P_p = \frac{P_w}{\eta_p} \quad (2)$$

3. Daya Penggerak (Pm)

$$P_m = \frac{P_p \times (1 + \alpha)}{\eta} \quad (3)$$

Efisiensi Pompa [17]

$$\eta_p = \frac{P_w}{P_p} \times 100\% \quad (4)$$

Selanjutnya setelah dilakukannya perhitungan efisiensi pompa, dilakukan tahap perhitungan kelayakan ekonomi. Kelayakan ekonomi dihitung berdasarkan besar OPEX dan CAPEX pada pemasangan pompa *twin screw pump* di stasiun Duri *Shipping Pump*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan pompa tersebut layak ditambahkan, berdasarkan nilai NPV, PI dan PP. Berikut cara mencari nilai dari NPV, PI, dan PP [18] :

1. *Net Present Value*

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{At}{(1+k)^n} \quad (5)$$

2. *Profitability Index*

$$PI = \frac{PV \text{ of Cashflow}}{\text{Investasi}} \quad (6)$$

3. *Payback Period*

$$PP = \frac{\text{Investasi}}{\text{Kas Masuk Bersih}} \times 1 \text{ Tahun} \quad (7)$$

3. PEMBAHASAN

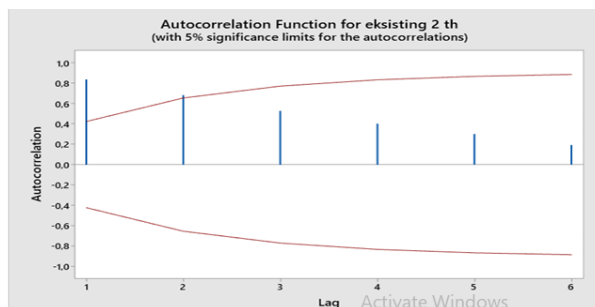
Data penyaluran *crude oil* di DSP diperoleh melalui penyaluran empat pompa berjenis *Twin Screw Pump* yang satu unit pompa DSP mampu mengalirkan minyak mentah 35.000 BOPD dengan putaran maksimal di 1800 RPM, yang berarti maksimal pompa mengalirkan minyak mentah pada 140.000 BOPD. Tabel 1 menampilkan data penyaluran *crude oil* dari pompa DSP.

Tabel 1. Penyaluran *Crude Oil* dari Pompa DSP

Waktu	Penyaluran 2023	Penyaluran 2024
Januari	79741,71 BOPD	88903 BOPD
Februari	79862,12 BOPD	91494,1 BOPD
Maret	81467,2 BOPD	90419,7 BOPD
April	81956 BOPD	90016,3 BOPD
Mei	82407 BOPD	91498,2 BOPD
Juni	82017 BOPD	93204,8 BOPD
Juli	84528 BOPD	95734,8 BOPD
Agustus	85293,1 BOPD	96481,4 BOPD
September	85025 BOPD	99853,8 BOPD
Oktober	85396,6 BOPD	104287,2 BOPD
November	88269,7 BOPD	104893,9 BOPD
Desember	87200,95 BOPD	107563,8 BOPD

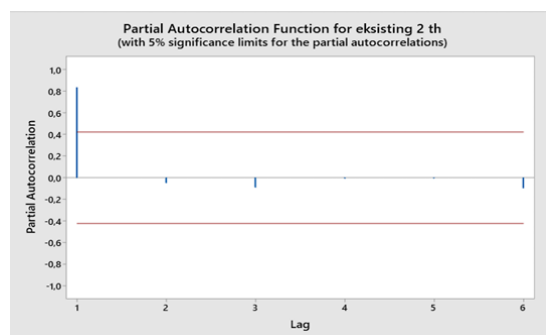
Langkah pertama dalam peramalan model *time series* yaitu mengidentifikasi model dengan melihat *time series* plot data. Setelah mengetahui pola dari *time series* plot data penyaluran *crude oil*

de oil dari pompa DSP. Langkah selanjutnya melihat kestasioneran dalam *mean* (rata-rata) ditunjukkan dengan ACF plot yang terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. ACF Penyaluran *Crude Oil* Pompa DSP

Gambar 3 menunjukkan bahwa plot ACF data penyaluran *crude oil* dari DSP pada tahun 2023 hingga Desember 2024 sudah di dalam batas selang kepercayaan (*significance limit*) tanpa harus dilakukan *differencing*. Dengan stasionernya dari data tersebut, maka ACF sendiri akan digunakan untuk menentukan nilai MA pada saat pendugaan model sementara dalam pengujian suatu model. Grafik PACF ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. PACF Penyaluran *Crude Oil* Pompa DSP

Hal yang sama terjadi pada PACF, bahwa tidak perlu dilakukannya *differencing* dikarenakan sudah berada dalam batas selang kepercayaan (*significance limit*). Dengan stationernya dari data tersebut, maka PACF akan digunakan untuk menentukan nilai AR pada saat pendugaan model sementara dalam pengujian suatu model.

Setelah mengidentifikasi kestasioneran terhadap *mean* (rata-rata), dan didapatkan kesimpulan bahwa data penyaluran *crude oil* dengan pompa di stasiun DSP telah stasioner. Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasikan model dugaan dengan melihat plot ACF, dan PACF. Modelkan ARIMA sendiri dimodelkan sebagai (p,d,q). Gambar 3 dan 4 dapat digunakan untuk mengidentifikasi dugaan dengan model sementara yang akan digunakan. Setelah mendapatkan model ARIMA sementara, selanjutnya melakukan pengujian parameter untuk mengetahui model dugaan telah signifikansi atau tidak. Hipotesis pengujian signifikansi parameter adalah ketika $Pvalue < 0.05$ maka dianggap signifikan dan ketika $Pvalue > 0.05$ dianggap tidak signifikan.

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai AR dan MA sudah signifikan karena memiliki nilai $Pvalue$. Dalam Menentukan model terbaik yang akan digunakan pada tahap peramalan dibutuhkan nilai AR dan MA yang sudah signifikan. Apabila ada salah satu nilai tidak signifikan, maka nilai tersebut diubah menjadi nilai yang memiliki $Pvalue$ kurang dari 0,05 atau nilainya diubah menjadi 0. Berdasarkan Tabel 2 nilai pada dugaan model sementara sudah memiliki

nilai *Pvalue* kurang dari 0,05 yang artinya sudah signifikan. Maka model terbaik yang akan digunakan dalam pengujian adalah ARIMA (2,0,2).

Tabel 2. Hasil Uji Parameter Model Data Existing Crude Oil Pompa DSP

Tipe	<i>P-Value</i> Parameter Model Dugaan	<i>P-Value</i> Parameter Model Terbaik
AR 1	0,000	0,000
AR 2	0,032	0,032
MA 1	0,005	0,005
MA 2	0,010	0,010

Setelah mendapatkan model terbaik, selanjutnya melakukan peramalan penyaluran *crude oil* pada pompa DSP sehingga data penyaluran menyentuh 140.000 BOPD seperti tampak pada Tabel 3. Berdasarkan data tersebut tampak hasil peramalan penyaluran *crude oil* melalui pompa di DSP pada Januari 2025 sampai Agustus 2031, pada bulan Mei 2030 penyaluran sudah mencapai 140.000 BOPD dan dibutuhkan penambahan pompa baru untuk memenuhi kebutuhan penyaluran.

Tabel 3. Hasil Peramalan Penyaluran Crude Oil melalui Pompa DSP

No	Tanggal	Hasil Peramalan (BOPD)	<i>Lower</i> (BOPD)	<i>Upper</i> (BOPD)
1	Januari 2025	109560	106463	112656
2	Februari 2025	110962	106933	114991
3	Maret 2025	112135	106508	117763
4	April 2025	113131	105613	120650
5	Mei 2025	113989	104484	104484
...	...	...	...	...
61	Januari 2030	138275	67826	208723
62	Februari 2030	138715	67510	209920
63	Maret 2030	139157	67199	211116
64	April 2030	139600	66891	212310
65	Mei 2030	140045	66589	213502
...	...	...	...	...
76	April 2031	145032	63516	226548
77	Mei 2031	145494	63258	227730
78	Juni 2031	145957	63003	228912
79	Juli 2031	146422	62751	230094
80	Agustus 2031	146889	62502	231276

Tabel 4. Data Spesifikasi Pompa Twin Screw Pump di DSP

Deskripsi	Spesifikasi
Daya Cairan	2146,668 kW
Daya Poros	2862,223 kW
Daya Penggerak	4388,743 kW

Tabel 4 adalah spesifikasi pompa *twin screw*, berdasarkan tabel tersebut didapatkan daya cairan yaitu 2146,668 kW, daya poros yaitu 2862,223 kW, dan daya penggerak 4388,743 kW. Maka dengan data dari tabel diatas dapat dihitung berapa besar efisiensi pompa. Perhitungan efisiensi pompa menggunakan Pers. (4), dan didapatkan efisiensi sebesar 75%.

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan efisiensi pompa di stasiun DSP sebesar 75%. Angka efisiensi tersebut dipengaruhi beberapa faktor, seperti kecepatan putaran pompa (RPM), viskositas fluida yang dialirkan dan kondisi operasional seperti tekanan dan suhu saat pompa beroperasi, sehingga dibutuhkan pengendalian, seperti menjaga kondisi tekanan dan suhu operasi dengan tindakan yang bisa dilakukan yaitu hindari tekanan isap (*suction pressure*) terlalu rendah agar tidak terjadi kavitasi, yang akan merusak *impeller/screw* dan menurunkan efisiensi, mengontrol viskositas fluida dengan tindakan yang bisa dilakukan yaitu memanaskan fluida sebelum masuk ke pompa menggunakan *heat exchanger* untuk menurunkan viskositas, dan hindari operasi pompa dilaur rentang RPM desain, karena efisiensi cenderung menurun di RPM rendah (*underload*) atau terlalu tinggi (*overload*).

Analisis keekonomian dilakukan untuk mengetahui bahwa penambahan pompa tipe *twin screw pump* ini menguntungkan. Perhitungan ini berfokus pada tiga parameter keekonomian, yaitu *Net Present Value* (NPV), *Profability Index* (PI), dan *Payback Periode* (PP) dengan masa penggunaan selama 10 tahun. Analisis ekonomi dilakukan menggunakan kurs IDR, dengan total CAPEX Rp10.000.000.000, dan OPEX Rp7.232.268.800. Hasil analisis ekonomi dapat dikatakan layak apabila nilai NPV lebih besar dari pada nol (0), nilai PI lebih besar dari satu (1), serta nilai PP sesuai dengan waktu yang diinginkan. NPV berfokus pada perhitungan aliran kas di masa yang akan datang dikurangi dengan diskon saat ini yaitu MARR sebesar 10% [19]. Tabel 5 berikut adalah rekapitulasi perhitungan NPV dengan menggunakan Pers. (5).

Tabel 5. Net Present Value

Tahun (n)	Cashflow	Nilai Sekarang Cashflow
0	-Rp10.0000.0000	-Rp10.0000.0000
1	Rp1.740.750.862	Rp 1.582.500.783,64
2	Rp1.740.750.862	Rp 1.438.637.076,03
3	Rp1.740.750.862	Rp 1.307.851.887,30
4	Rp1.740.750.862	Rp 1.188.956.261,18
5	Rp1.740.750.862	Rp 1.080.869.328,35
6	Rp1.740.750.862	Rp 982.608.480,32
7	Rp1.740.750.862	Rp 893.280.436,65
8	Rp1.740.750.862	Rp 812.073.124,23
9	Rp1.740.750.862	Rp 738.248.294,75
10	Rp1.740.750.862	Rp671.134.813,41
Total		Rp10.696.160.485,87

Bila NPV adalah jumlah NCF diskonto dikurangi biaya investasi *Twin Screw Pump*, maka berdasarkan perhitungan yang dilakukan, didapatkan NPV pompa sebesar Rp 696.160.485,87. Nilai tersebut > 0, sehingga investasi ini dapat diterima atau layak untuk digunakan. *Payback Periode* menunjukkan berapa lama (dalam beberapa tahun) suatu investasi akan kembali. *Payback period* pada Tabel 6 menunjukkan perbandingan antara investasi dengan aliran kas tahunan [19].

Tabel 6. Payback Period

Pemasukan	Investasi (Rp)	Tahun Ke-
	10.000.000.000	0
1.715.025.480	8.284.974.520	1
1.689.680.276	6.595.294.245	2
1.664.709.631	4.930.584.613	3
1.640.108.011	3.290.476.602	4
1.615.869.962	1.674.606.641	5
1.591.990.110	82.616.531	6
1.568.463.163	(1.485.846.632)	6,052

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan menggunakan Pers. (7), didapatkan *Payback Period* 6,053 tahun jika dibulatkan menjadi selama 6 tahun lebih 1 bulan artinya investasi ini layak diterapkan. *Profitability Index* menghitung jumlah *Net Cash Flow* (NCF) diskonto dibagi dengan investasi awal penambahan pompa [19]. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan menggunakan Pers. (6), didapatkan PI pompa sebesar 1,07. Nilai ini lebih dari 1, maka investasi dapat diterima atau layak untuk dijalankan.

Berdasarkan hasil peramalan menggunakan model ARIMA (2,0,2), diperoleh bahwa penyaluran *crude oil* akan meningkat secara bertahap dan mencapai 140.000 BOPD pada Mei 2030, sehingga diperlukan penambahan pompa baru untuk memenuhi kebutuhan distribusi. Hasil ini menunjukkan bahwa model ARIMA mampu memberikan prediksi yang akurat terhadap pola peningkatan penyaluran *crude oil* di DSP. Temuan ini sejalan dengan penelitian Kumar dan Singh yang menunjukkan bahwa model ARIMA efektif dalam memprediksi tren produksi *crude oil* di India [2], serta penelitian Ning dkk yang menegaskan keunggulan ARIMA untuk peramalan jangka pendek pada data energi yang relatif stabil [4]. Hasil perhitungan efisiensi menunjukkan bahwa *twin screw pump* di DSP memiliki efisiensi sebesar 75 %. Berdasarkan teori Khetagurov, efisiensi total pompa berada pada kisaran 0,63 – 0,84, tergantung pada kondisi operasi dan karakteristik fluida yang dipompa. Dengan demikian, nilai efisiensi sebesar 75 % pada penelitian ini berada di dalam rentang efisiensi umum pompa industri dan menunjukkan bahwa kinerja sistem pemompaan di DSP masih efisien sesuai teori dan kondisi lapangan aktual.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa peramalan menggunakan metode *time series* (deret waktu) pada aliran (*flow*) *crude oil* di pompa *twin screw pump* DSP mampu memberikan informasi mengenai kebutuhan penambahan pompa, di mana hasil peramalan menunjukkan peningkatan *flow* yang memerlukan penambahan pompa pada bulan Mei 2030. Selanjutnya, efisiensi pompa *twin screw pump* di DSP diperoleh sebesar 75 %, dengan faktor-faktor yang memengaruhi meliputi kecepatan putaran pompa (RPM), viskositas fluida, serta kondisi operasional seperti tekanan dan suhu. Untuk menjaga kinerja pompa tetap optimal, diperlukan langkah pengendalian seperti menjaga tekanan isap agar tidak terlalu rendah untuk menghindari kavitasi, mengontrol viskositas fluida dengan pemanasan melalui *heat exchanger*, serta memastikan operasi pompa berada dalam rentang RPM yang sesuai dengan desain. Dari sisi kelayakan ekonomi, hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan pompa *twin screw pump* memiliki nilai NPV sebesar Rp 696.160.485,87; PI 1,07; serta *payback period* (PP) selama 6 tahun lebih 1 bulan, sehingga investasi ini dapat dinyatakan layak untuk dilaksanakan. Dengan demikian, optimasi sistem pompa di Stasiun D *Shipping Pump* dinyatakan berhasil dilakukan secara teknis dan ekonomis, karena hasil analisis menunjukkan kinerja

pompa yang efisien dan investasi yang memberikan manfaat finansial positif bagi keberlanjutan operasi penyaluran *crude oil*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian ESDM, "Statistik-Migas-Semester-I-2024," pp. 1–104, 2024.
- [2] A. K. Mishra, S. Singh, S. Gupta, S. Gupta, and R. K. Upadhyay, "Forecasting Future Trends in Crude Oil Production in India by Using Box-Jenkins Arima," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2481, no. November, 2022, doi: 10.1063/5.0103682.
- [3] Y. Cheng, J. Yi, X. Yang, K. K. Lai, and L. Seco, "A CEEMD-ARIMA-SVM model with structural breaks to forecast the crude oil prices linked with extreme events," *Soft Comput.*, vol. 26, no. 17, pp. 8537–8551, 2022, doi: 10.1007/s00500-022-07276-5.
- [4] Y. Ning, H. Kazemi, and P. Tahmasebi, "A comparative machine learning study for time series oil production forecasting: ARIMA, LSTM, and Prophet," *Comput. Geosci.*, vol. 164, no. May, p. 105126, 2022, doi: 10.1016/j.cageo.2022.105126.
- [5] M. Li, "Prediction of the West Texas Intermediate Crude Oil Price Using ARIMA Model and ARIMA-GARCH Model," no. Iampa, pp. 110–118, 2024, doi: 10.5220/0012999200004601.
- [6] X. J. He, "Crude Oil Prices Forecasting: Time Series vs. SVR Models," *J. Int. Technol. Inf. Manag.*, vol. 27, no. 2, pp. 25–42, 2018, doi: 10.58729/1941-6679.1358.
- [7] D. Ratra, V. Sehgal, M. P. Yadav, and A. Wajid, "Forecasting the Energy Commodities: An evidence of ARIMA and Intervention Analysis," *Int. J. Monet. Econ. Financ.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2023, doi: 10.1504/ijmef.2023.10055904.
- [8] M. Suleiman *et al.*, "Modelling Nigeria Crude Oil Prices using ARIMA Time Series Models," *NIPES - J. Sci. Technol. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 230–241, 2023, doi: 10.5281/zenodo.7744937.
- [9] A. S. Ahmar, A. Rahman, P. V. Anatolievich, R. Rusli, and S. M. Meliyana R., "Forecasting the Export Value of Oil and Gas in Indonesia using Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)," *Quant. Econ. Manag. Stud.*, vol. 4, no. 5, pp. 1036–1044, 2023, doi: 10.35877/454ri.daengku1040.
- [10] M. Wati, H. Haviluddin, A. Masyudi, A. Septiarni, and H. R. Hatta, "Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Model for Forecasting Indonesian Crude Oil Price," *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 9, no. 3, pp. 720–730, 2023, doi: 10.26555/jiteki.v9i3.22286.
- [11] S. N. Sarfiah and A. S. Aripulis, "the Implementation of Arima Method in Forecasting Indonesian Crude Oil Export, Production and Consumption," *J. REP (Riset Ekon. Pembangunan)*, vol. 8, no. 1, pp. 122–141, 2023, doi: 10.31002/rep.v8i1.1389.
- [12] M. A. Rofiq and W. S. Huda, "FORECASTING PERSEDIAAN BAHAN BAKU KERTAS MENGGUNAKAN METODE AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA) di YUDHARTA ADVERTISING," *JASIEK (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. dan Komputer)*, vol. 1, no. 2, 2019, doi: 10.26905/jasiek.v1i2.3416.
- [13] A. H. Adineh, Z. Narimani, and S. C. Satapathy, "Importance of data preprocessing in time series prediction using SARIMA: A case study," *Int. J. Knowledge-Based Intell. Eng. Syst.*, vol. 24, no. 4, pp. 331–342, 2021, doi: 10.3233/KES-200065.
- [14] P. Więcek and D. Kubek, "The Impact Time Series Selected Characteristics on the Fuel Demand Forecasting Effectiveness Based on Autoregressive Models and Markov Chains," *Energies*, vol. 17, no. 16, 2024, doi: 10.3390/en17164163.
- [15] Anna Nita Kusumawati, Muhammad Ghofur, Mega Anggraeni Putri, Zaki Abdullah Alfatah, and Mu'adzah, "Peramalan Permintaan Menggunakan Time Series Forecasting Model Untuk Merancang Resources Yang Dibutuhkan IKM Percetakan," *JENIUS J. Terap. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 105–115, 2021, doi: 10.37373/jenius.v2i2.159.
- [16] Torishima, *Torishima Pump*. Osaka, Japan, 2011.
- [17] P. D. H. T. Ir. Sularso, MSME, *Pompa dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan*. Tokyo, Japan, 1983.
- [18] R. Ahmad *et al.*, "Analisis Kelayakan Investasi Usaha Laga Lagi Thrift Menggunakan Pendekatan Capital Budgeting: Studi Kasus Metode Payback Period, NPV, DAN IRR," *J.*

Akuntansi, Manaj. Dan Ekon., vol. 4, no. 1, pp. 25–35, 2025.

- [19] E. Riyanto, “Penentuan Tingkat Diskonto (Discount Rate) Dalam Penilaian Sektor Kehutanan,” *J. Pajak Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 39–48, 2018.

Daftar Simbol

P_w	=	Daya Cairan (kW)
ρ	=	Massa jenis fluida (kg/m ³)
g	=	Gaya gravitasi (m/s ²)
Q	=	Kapasitas Pompa (m ³ /s)
H	=	Head
P_p	=	Daya Poros
η_p	=	Efisiensi Pompa (%)
P_m	=	Daya Penggerak
α	=	Margin Factor
η	=	Efisiensi Unit Transmisi