

Pemodelan Produksi Minyak dan Gas Bumi Pada Platform “MK” di PT “X” Menggunakan Metode ARIMA, *Neural Network*, dan Hibrida ARIMA-*Neural Network*

¹Windia Cinde Prameswari, ²Destri Susilaningrum, dan ³Suhartono
^{1,2,3}Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: ³destri_s@statistika.its.ac.id, ²suhartono@statistika.its.ac.id, dan ¹windia.cinde11@mhs.statistika.its.ac.id

Abstrak— Minyak dan gas bumi dapat diambil secara langsung melalui sumur-sumur yang dibuat, namun sumur-sumur tersebut tidak akan menghasilkan jumlah minyak dan gas bumi yang konstan setiap hari. Ketika kandungan minyak dan gas mulai turun maka yang harus dilakukan adalah memberikan *treatment* terhadap sumur tersebut, sehingga minyak dan gas yang masih terkandung di dasar bumi bisa naik dengan jumlah yang lebih banyak. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk membantu perusahaan dalam menganalisis jumlah produksi minyak dan gas bumi selama periode 14 hari selanjutnya, sehingga dapat diketahui apakah selama periode 14 hari selanjutnya diperlukan *treatment* terhadap sumur. Data yang digunakan adalah jumlah produksi minyak dan gas bumi pada platform “MK” pada tahun 2015. Pemodelan jumlah produksi minyak dan gas bumi dilakukan menggunakan tiga metode, yaitu ARIMA, *neural network*, dan Hibrida ARIMA-*neural network*. Hasil yang diperoleh berdasarkan analisis ketiga metode tersebut adalah pada jumlah produksi minyak bumi model terbaik diperoleh dari metode hibrida ARIMA-*neural network*, dengan hasil ramalan yang cenderung sama selama 14 hari yaitu 1961 barel. Sedangkan jumlah produksi gas bumi model terbaik diperoleh dari metode *neural network*, dengan ramalan produksi untuk 14 hari selanjutnya cenderung meningkat.

Kata Kunci— ARIMA, Hibrida ARIMA-NN, Minyak dan Gas Bumi, *Neural Network*.

I. PENDAHULUAN

Minyak dan gas bumi adalah campuran senyawa hidrokarbon yang tersusun dari sebagian besar karbon dan hidrogen dengan sedikit belerang, nitrogen, dan unsur-unsur lainnya. Minyak dan gas bumi diduga secara tidak langsung berasal dari sisa-sisa organisme hidup. Di Indonesia cadangan minyak bumi yang tersisa saat ini sebanyak 3,7 miliar barel, sedangkan konsumsi minyak dunia per harinya sebesar 1.084.000 barel dan diperkirakan akan habis 10 sampai 11 tahun mendatang [1]. Hal yang penting dilakukan untuk dapat mengambil kandungan minyak yang ada di dasar bumi adalah dengan melakukan pengeboran sumur. Dalam proses penyedotan minyak bumi, sebuah sumur tidak bisa hanya menyedot minyak saja. Banyak kandungan lain dari dasar bumi yang juga terambil, contohnya adalah gas yang selanjutnya gas ini disebut dengan gas bumi. Siklus hidup sumur penting diperhatikan untuk mendapatkan minyak bumi yang banyak. Sebuah sumur tidak akan terus-menerus menghasilkan minyak

bumi yang berlimpah secara konstan. Ketika kandungan minyak dan gas mulai turun maka hal yang harus dilakukan adalah memberikan *treatment* terhadap sumur tersebut, sehingga minyak dan gas yang masih terkandung di dasar bumi tersebut bisa naik. Dalam melakukan *treatment* terhadap sumur, dibutuhkan persiapan-persiapan khusus sebelumnya. Agar perusahaan dapat merencanakan dilakukan *treatment* pada sumur tersebut, maka perlu mengetahui jumlah produksi minyak dan gas bumi untuk periode selanjutnya. Ketika produksi minyak dan gas mengalami penurunan yang tidak sedikit, maka pada saat itu dibutuhkan *treatment* untuk sumur tersebut [2].

Tujuan dari penelitian ini adalah meramalkan jumlah produksi minyak dan gas untuk periode 14 hari selanjutnya, sehingga dapat diketahui selama 14 hari selanjutnya dibutuhkan *treatment* terhadap sumur atau tidak. Pemodelan ini dilakukan dengan tiga metode, yaitu ARIMA, *neural network*, dan hibrida ARIMA-*neural network*.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai jumlah produksi minyak dan gas untuk periode 14 hari selanjutnya, sehingga perusahaan dapat membuat kebijakan baru ketika jumlah produksi minyak dan gas bumi menurun selama periode 14 hari selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu gugus data sehingga memberikan informasi yang berguna [3].

B. ARIMA

Model ARIMA merupakan gabungan antara model AR dan MA serta *differencing* orde d . Model ARIMA dapat digunakan pada data musiman maupun non musiman [4]. Secara umum, model ARIMA non musiman dapat dituliskan sebagai ARIMA (p,d,q) dengan model matematis sebagai berikut.

$$\phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B)a_t \quad (1)$$

Untuk data yang mengandung pola musiman dengan *differencing* orde ke- D dapat dinotasikan sebagai ARIMA $(P,D,Q)^s$. Secara umum model ARIMA multiplikasi musiman dapat ditulis pada persamaan sebagai berikut.

$$\Phi_P(B^s)\phi_P(B)(1-B)^d(1-B^s)^D\hat{Z}_t = \theta_Q(B)\Theta_Q(B^s)a_t \quad (2)$$

Dalam melakukan analisis menggunakan metode ARIMA, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan. Pertama adalah pengecekan stasioneritas data, kemudian pendugaan model melalui plot ACF dan PACF, selanjutnya pengujian signifikansi parameter, uji kesesuaian model, dan terakhir adalah pemilihan model terbaik. Kriteria yang digunakan dalam memilih model terbaik adalah kriteria RMSE, berikut rumus umum dari RMSE.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{l=1}^M (Z_{n+l} - Z_n(l))^2} \quad (3)$$

C. Neural Network

Neural network menggunakan elemen perhitungan non-linier dasar yang disebut neuron yang diorganisasikan sebagai jaringan yang saling berhubungan. NN ditentukan oleh tiga hal yaitu pola hubungan neuron, metode *training/learning*, dan fungsi aktivasi. Setiap pola-pola informasi *input* dan *output* yang diberikan ke dalam NN diproses dalam neuron [5]. Hubungan antara output dan input memiliki rumus matematis sebagai berikut.

$$Z_t = w_0 + \sum_{j=1}^q w_j f(w_{oj} + \sum_{i=1}^p w_{ij} Z_{t-i}) + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$w_j \text{ (} j = 1, 2, \dots, q \text{) dan } w_{ij} \text{ (} i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, q \text{)}$$

p adalah jumlah input nodes dan q adalah jumlah hidden nodes. Fungsi aktivasi yang sering digunakan adalah fungsi sigmoid dengan rumus matematis sebagai berikut.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (5)$$

D. Hibrida

Hibrida adalah kombinasi dua atau lebih sistem dalam satu fungsi, dalam penelitian ini adalah kombinasi ARIMA dan NN. Model ARIMA dapat menghasilkan peramalan yang baik pada kondisi yang non-linier untuk itu dilakukan kombinasi dengan NN yang menunjukkan performa yang baik jika data bersifat non-linier. Jadi model hibrida dapat membantu mengatasi struktur yang kompleks dari suatu data [6]. Secara umum kombinasi dari model *time series* dapat dituliskan sebagai berikut.

$$y_t = L_t + N_t \quad (6)$$

Dimana L_t menunjukkan komponen linier dan N_t menunjukkan komponen non linier. Terdapat dua komponen yang harus di estimasi, yaitu model ARIMA digunakan untuk menyelesaikan kasus data linier dimana residual dari model linier masih mengandung informasi hubungan non linier. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$e_t = y_t + \hat{L}_t \quad (7)$$

E. Minyak dan Gas Bumi

Minyak dan gas bumi adalah campuran senyawa hidrokarbon, yang tersusun dari sebagian besar karbon dan hidrogen, dengan sedikit belerang, nitrogen, dan unsur-unsur lainnya. Minyak dan gas bumi diduga secara tidak langsung

berasal dari sisa-sisa organisme hidup.

Terdapat beberapa cara untuk menemukan minyak dan gas bumi, yaitu dengan cara observasi geologi, survei gravitasi, survei magnetik, survei seismik, membor sumur uji, atau dengan faktor keberuntungan. Setelah yakin menemukan minyak selanjutnya adalah membangun sumur yang meliputi pemboran (*drilling*), memasang tubular sumur (*casing*), dan penyemenan (*cementing*). Lalu proses *completion* untuk membuat sumur siap digunakan. Ketika sumur sudah dapat digunakan, selanjutnya secara berkala dilakukan pengujian kandungan minyak bumi dari sumur tersebut atau biasa disebut *well testing* [2].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder, yaitu data jumlah produksi minyak dan gas bumi selama tahun 2015 dari bulan Januari hingga Desember yang berasal pada *platform* "MK" di PT "X". Pengukuran data dilakukan setiap 2 jam dalam sehari, sehingga data yang digunakan merupakan data harian sebanyak 365 data.

Variabel yang akan digunakan pada penelitian ini adalah jumlah produksi minyak dan gas bumi di *platform* "MK" setiap hari dalam satuan barel untuk minyak dan satuan mScf untuk gas.

Langkah-langkah dalam pemodelan jumlah produksi minyak dan gas bumi dengan tiga metode adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan karakteristik data jumlah produksi minyak bumi di *platform* "MK".
 2. Membagi data *time series* menjadi data *in sample* dan *out sample*.
 3. Memodelkan data menggunakan metode ARIMA, *neural network*, dan hibrida ARIMA-NN.
- *Model ARIMA*
 - a. Membuat *time series* plot.
 - b. Melakukan pengecekan stasioneritas terhadap *varians* dan *mean*. Jika data tidak stasioner dalam *varians*, maka dilakukan transformasi. Sedangkan jika data tidak stasioner dalam *mean*, maka dilakukan *differencing*.
 - c. Melakukan identifikasi model data jumlah produksi minyak bumi di *platform* "MK" berdasarkan plot ACF dan PACF.
 - d. Melakukan estimasi dan pengujian parameter berdasarkan model yang telah diduga.
 - e. Melakukan pengujian asumsi yaitu, *white noise* dan distribusi normal. Jika data tidak berdistribusi normal, maka dapat dideteksi dengan *outlier*.
 - f. Pemilihan model terbaik dengan melihat nilai RMSE paling rendah
 - *Model Neural-Network*
 - a. Menentukan arsitektur *neural network* yaitu menentukan banyak input, jumlah neuron dalam *hidden layer*, bobot awal, dan fungsi aktivasi.
 - b. Melakukan pelatihan (*in-sampling training*) pada data pelatihan dengan memasukkan bobot dan arsitektur *neural network* yang telah didapatkan untuk mendapatkan model terbaik.

- c. Menghitung nilai RMSE dan memilih model terbaik berdasarkan nilai RMSE terkecil.
- *Hibrida ARIMA-NN*
 - a. Menentukan model ARIMA terbaik
 - b. Melakukan pemodelan dengan metode ARIMA
 - c. Residual yang diperoleh dari peramalan model ARIMA digunakan sebagai *input*, kemudian dimodelkan kembali menggunakan *neural network*.
 - d. Menentukan model terbaik dari metode hibrida ARIMA-NN dengan melihat nilai RMSE terendah.
 - e. Menggabungkan model a dan c sehingga didapatkan model hibrida ARIMA-NN.
4. Membandingkan model ARIMA, *neural network*, dan hibrida ARIMA-NN berdasarkan nilai RMSE.
5. Meramalkan jumlah produksi minyak dan gas bumi di platform "MK" menggunakan model terbaik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Produksi Minyak dan Gas Bumi

Langkah pertama yang perlu dilakukan dalam penelitian ini adalah melihat karakteristik data dari jumlah produksi minyak dan gas bumi di platform "MK" selama tahun 2015. Hasil karakteristik dapat dilihat pada Tabel 1.

Variabel	Minyak Bumi	Gas Bumi
Rata-rata	2555,6	5704,1
Maximum	4107,0	8718,0
Minimum	649,5	1577,0
Varians	421576,8	2197042,9
Median	2587,6	5790,0

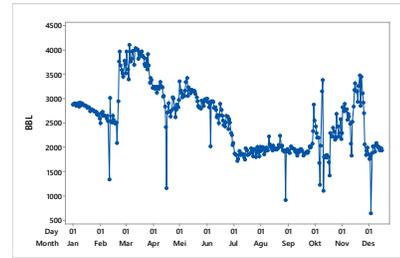
Rata-rata jumlah produksi minyak bumi setiap harinya sebanyak 2555,6 barel dengan median sebesar 2587,6. Artinya adalah hasil produksi minyak bumi setiap hari hampir sama jumlahnya. Tidak berbeda jauh dengan karakteristik pada minyak bumi, diketahui bahwa rata-rata produksi gas bumi setiap hari selama tahun 2015 sebesar 5704,123 barel dengan median sebesar 5790. Rata-rata jumlah produksi gas bumi setiap hari hampir sama dengan variansi sebesar 2197042,9.

B. Pemodelan Produksi Minyak Bumi

Dalam memodelkan jumlah produksi minyak dan gas bumi digunakan tiga metode sebagai perbandingan, yaitu metode ARIMA, *neural network*, dan hibrida ARIMA-*neural network*. Pemodelan pertama menggunakan metode ARIMA pada data jumlah produksi minyak bumi tahun 2015.

1. Pemodelan Produksi Minyak Bumi Dengan ARIMA

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam memodelkan data dengan ARIMA adalah membuat plot data *time series* untuk mengetahui pola data yang terbentuk. Selain itu juga dapat menduga apakah data yang digunakan sudah stasioner atau belum. Hasil dari plot data *time series* ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Time Series Plot* Produksi Minyak Bumi

Berdasarkan *time series* plot di atas diketahui bahwa data jumlah produksi minyak bumi tahun 2015 memiliki pola yang fluktuatif dan tidak terdapat pola musiman. Berdasarkan *time series* plot dan plot ACF dapat diduga bahwa data belum stasioner dalam mean, karena pola ACF turun secara lambat. Sehingga perlu dilakukan *differencing* sebanyak satu kali. Selanjutnya plot ACF dan PACF dari data yang sudah stasioner digunakan untuk menduga model ARIMA. Plot ACF menunjukkan *cut off* setelah lag 2, sedangkan plot PACF menunjukkan *dies down*. Berdasarkan hasil plot ACF dan PACF tersebut diduga bahwa model ARIMA yang terbentuk adalah ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (0,1,2). Kedua model tersebut memiliki parameter yang signifikan terhadap model, Namun belum memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal, sehingga dilakukan deteksi outlier dengan cara memasukkan data outlier ke dalam model.

Hasil yang diperoleh dari deteksi outlier adalah pada model ARIMA (0,1,1) terdapat 84 outlier yang dimasukkan ke dalam model dan residual sudah memenuhi asumsi *white noise*, namun tetap tidak berdistribusi normal. Kemudian untuk model ARIMA (0,1,2) terdapat 57 outlier yang dimasukkan ke dalam model dan hasilnya adalah residual sudah *white noise* dan berdistribusi normal.

Langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan model terbaik. Kriteria yang digunakan adalah nilai RMSE paling kecil. Tabel 2 berikut menunjukkan kriteria model terbaik berdasarkan in sample dan out sample.

Tabel 2. Pemilihan Model Terbaik Produksi Minyak Bumi

Model	RMSE	
	In sample	Out Sample
ARIMA (0,1,1)	65,5	61,48
ARIMA (0,1,2)	71,47	48,92

Berdasarkan hasil pemilihan model terbaik diperoleh nilai RMSE yang paling kecil pada out sample terdapat pada model ARIMA (0,1,2), sehingga model matematis yang terbentuk adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Z_t = & Z_{t-1} - 0,19187a_{t-1} - 0,59695a_{t-2} + a_t - 1,436,6I_{a,t}^{107} - 1188,3I_{a,t}^{42} \\
 & - 1223,5I_{a,t}^{339} - 991,3I_{a,t}^{242} - 923,2I_{a,t}^{157} + 793,9I_{a,t}^{52} - 731,0I_{a,t}^{332} \\
 & + 1563,1I_{a,t}^{284} + 1240,8I_{a,t}^{283} + 804,1I_{s,t}^{293} - 617,3I_{a,t}^{281} - 559,3I_{a,t}^{327} \\
 & + 1370,1I_{s,t}^{318} - 516,5I_{s,t}^{280} + 568,8I_{s,t}^{307} + 426,0I_{a,t}^{62} + 298,0I_{a,t}^{300} \\
 & - 377,7I_{s,t}^{329} - 433,6I_{s,t}^{316} - 340,6I_{s,t}^{106} + 764,7I_{s,t}^{53} - 675,8I_{a,t}^{285} \\
 & + 409,4I_{a,t}^{43} + 301,4I_{a,t}^{304} - 363,7I_{s,t}^{88} + 346,6I_{s,t}^{122} - 295,1I_{a,t}^{324}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 283,6I_{a,t}^{86} - 268,2I_{a,t}^{70} - 248,5I_{a,t}^{131} - 327,0I_{s,t}^{292} + 261,4I_{a,t}^{236} \\
& + 208,1I_{a,t}^{223} - 671,1I_{a,t}^{318} - 284,5I_{s,t}^{317} - 344,7I_{s,t}^{331} - 253,0I_{a,t}^{177} \\
& + 222,2I_{a,t}^{109} - 179,2I_{a,t}^{58} - 260,3I_{s,t}^{103} - 294,6I_{s,t}^{312} - 373,0I_{s,t}^{180} \\
& + 208,8I_{s,t}^{326} + 180,8I_{s,t}^{114} - 188,6I_{s,t}^{164} - 242,3I_{s,t}^{85} - 153,7I_{a,t}^{75} \\
& + 458,2I_{a,t}^{274} - 467,0I_{s,t}^{51} + 368,6I_{s,t}^{273} - 320,7I_{s,t}^{184} + 247,8I_{a,t}^{54} \\
& - 199,0I_{s,t}^{141} - 294,6I_{a,t}^{319} - 694,9I_{a,t}^{64} + 327,3I_{s,t}^{64} - 131,3I_{s,t}^{161}
\end{aligned}$$

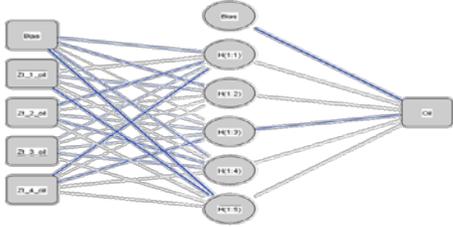
2. Pemodelan Produksi Minyak Bumi Dengan NN

Langkah awal dalam melakukan pemodelan dengan *neural network* adalah menentukan input, jumlah neuron pada *hidden layer*, dan fungsi aktivasi apa yang digunakan. Input yang digunakan dalam NN berdasarkan pada model ARIMA terbaik. Karena model ARIMA terbaik adalah ARIMA (0,1,2) dengan lag yang keluar dari plot PACF yaitu lag 1, 2, dan 3, maka input pada NN adalah Y_{t-1} , Y_{t-2} , Y_{t-3} , dan Y_{t-4} karena ada *differencing*. Jumlah neuron yang digunakan pada *hidden layer* mulai dari 1 hingga 10. Nilai RMSE dari pemodelan menggunakan NN dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai RMSE Pemodelan Metode NN Data Produksi Minyak Bumi

Neuron	In sample	Out Sample	Neuron	In sample	Out Sample
1	278,41	94,84	6	257,22	111,25
2	265,46	86,56	7	254,83	171,26
3	270,55	92,77	8	243,50	134,59
4	264,50	124,64	9	276,50	96,28
5	271,90	70,84	10	274,88	87,46

Berdasarkan hasil dari nilai RMSE dengan menggunakan NN pada data out sample, diketahui bahwa yang terkecil terdapat pada neuron 5. Arsitektur jaringan model NN dapat dimodelkan sesuai dengan fungsi aktivasi sigmoid pada *hidden layer* dan fungsi linier pada output. Gambar 2 menunjukkan arsitektur dari model NN 5 neuron.



Gambar 2. Arsitektur NN 5 Neuron Data Produksi Minyak Bumi

Persamaan matematik yang didapatkan berdasarkan model NN 5 neuron adalah sebagai berikut.

$$\hat{Z}_t = 0,995 - 2,266H(1,1)_t - 0,544H(1,2)_t - 0,289H(1,3)_t + 0,481H(1,4)_t + 1,356H(1,5)_t$$

$$H(1,1)_t = \frac{1}{1 + \exp(-0,802 - 1,933Z_{t-1} + 0,449Z_{t-2} + 0,116Z_{t-3} + 0,237Z_{t-4})}$$

$$H(1,2)_t = \frac{1}{1 + \exp(-0,096 - 0,353Z_{t-1} - 0,483Z_{t-2} + 0,370Z_{t-3} - 0,378Z_{t-4})}$$

$$H(1,3)_t = \frac{1}{1 + \exp(-0,101 - 0,179Z_{t-1} - 0,311Z_{t-2} - 0,226Z_{t-3} - 0,443Z_{t-4})}$$

$$H(1,4)_t = \frac{1}{1 + \exp(-0,017 + 0,225Z_{t-1} + 0,222Z_{t-2} - 0,296Z_{t-3} + 0,359Z_{t-4})}$$

$$H(1,5)_t = \frac{1}{1 + \exp(-0,090 - 0,137Z_{t-1} - 0,047Z_{t-2} + 0,646Z_{t-3} + 0,190Z_{t-4})}$$

3. Pemodelan Produksi Minyak Bumi Dengan Hibrida ARIMA-NN

Dalam melakukan pemodelan menggunakan metode hibrida ARIMA-NN, yang menjadi input adalah nilai residual dari model ARIMA terbaik. Model ARIMA terbaik adalah ARIMA (0,1,2), sehingga yang menjadi input dalam metode hibrida adalah N_{t-1} , N_{t-2} , N_{t-3} , dan N_{t-4} . Pemodelan menggunakan metode hibrida ini juga menggunakan jumlah neuron pada *hidden layer* yang berbeda yaitu mulai 1 hingga 10. Nilai RMSE dari pemodelan menggunakan hibrida ARIMA-NN dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai RMSE Pemodelan Metode Hibrida ARIMA-NN Data Produksi Minyak Bumi

Neuron	In sample	Out Sample	Neuron	In sample	Out Sample
1	71,55	47,02	6	71,45	47,41
2	71,56	46,88	7	71,47	46,81
3	71,51	47,43	8	71,44	47,20
4	71,42	47,38	9	65,54	51,88
5	71,38	47,04	10	66,67	46,11

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan metode hibrida ARIMA-NN, diperoleh nilai RMSE pada out sample yang paling kecil yaitu pada jumlah neuron 10. Berikut persamaan matematik yang diperoleh dari model hibrida ARIMA-NN 10 neuron.

$$\hat{N}_t = -0,164 + 1,768H(1,1)_t - 0,859H(1,2)_t + 0,499H(1,3)_t - 1,198H(1,4)_t + 1,697H(1,5)_t + 1,097H(1,6)_t - 0,041H(1,7)_t - 1,225H(1,8)_t + 0,241H(1,9)_t - 1,525H(1,10)_t$$

$$H(1,1)_t = \frac{1}{1 + \exp(-1,724 - 2,857N_{t-1} - 1,959N_{t-2} + 2,585N_{t-3} + 3,042N_{t-4})}$$

$$H(1,2)_t = \frac{1}{1 + \exp(-0,444 - 0,245N_{t-1} - 0,150N_{t-2} + 0,443N_{t-3} + 0,205N_{t-4})}$$

$$H(1,3)_t = \frac{1}{1 + \exp(-0,431 - 0,849N_{t-1} + 0,022N_{t-2} - 0,047N_{t-3} + 1,751N_{t-4})}$$

$$H(1,4)_t = \frac{1}{1 + \exp(-0,748 + 2,096N_{t-1} + 0,416N_{t-2} + 0,222N_{t-3} + 0,528N_{t-4})}$$

$$H(1,5)_t = \frac{1}{1 + \exp(-1,660 + 1,487N_{t-1} + 1,666N_{t-2} - 0,429N_{t-3} - 1,052N_{t-4})}$$

$$H(1,6)_t = \frac{1}{1 + \exp(-0,744 - 0,612N_{t-1} - 1,514N_{t-2} + 1,686N_{t-3} - 2,368N_{t-4})}$$

$$H(1,7)_t = \frac{1}{1 + \exp(-0,207 - 0,404N_{t-1} - 0,169N_{t-2} + 0,502N_{t-3} + 0,644N_{t-4})}$$

$$H(1,8)_t = \frac{1}{1 + \exp(-0,833 - 1,236N_{t-1} - 0,893N_{t-2} + 1,016N_{t-3} + 0,617N_{t-4})}$$

$$H(1,9)_t = \frac{1}{1 + \exp - (0,207 - 0,266 N_{t-1} - 0,347 N_{t-2} - 0,024 N_{t-3} - 0,211 N_{t-4})}$$

$$H(1,10)_t = \frac{1}{1 + \exp - (1,782 - 1,321 N_{t-1} + 0,078 N_{t-2} + 0,479 N_{t-3} - 1,192 N_{t-4})}$$

Setelah dilakukan pemodelan pada data jumlah produksi minyak bumi menggunakan 3 metode, maka dapat disimpulkan bahwa yang memiliki nilai RMSE pada out sample terkecil terdapat pada metode hibrida ARIMA-NN. Selanjutnya model hibrida ARIMA-NN digunakan untuk meramalakan produksi minyak bumi 14 hari selanjutnya. Hasil ramalan minyak bumi 14 hari ke depan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Ramalan Produksi Minyak Bumi

Hari	Ramalan	Hari	Ramalan
01/01/2016	1926,012	08/01/2016	1961,408
02/01/2016	1962,49	09/01/2016	1961,396
03/01/2016	1962,369	10/01/2016	1961,395
04/01/2016	1961,015	11/01/2016	1961,398
05/01/2016	1961,435	12/01/2016	1961,396
06/01/2016	1961,415	13/01/2016	1961,397
07/01/2016	1961,361	14/01/2016	1961,397

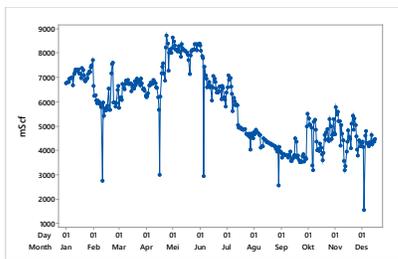
C. Pemodelan Produksi Gas Bumi

Analisis selanjutnya adalah memodelkan data jumlah produksi gas bumi di platform “MK”. Sama seperti sebelumnya, dalam memodelkan produksi gas bumi ini dilakukan dengan tiga metode, yaitu ARIMA, NN, dan hibrida ARIMA-NN.

1. Pemodelan Produksi Gas Bumi Dengan ARIMA

Langkah pertama dalam melakukan pemodelan menggunakan ARIMA adalah melihat pola data yang akan dimodelkan terlebih dahulu. Hasil *time series* plot dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa pola data dari jumlah produksi gas bumi selama tahun 2015 adalah fluktuatif. Berdasarkan *time series* plot dan plot ACF dapat diduga bahwa data belum stasioner dalam mean, sehingga perlu dilakukan *differencing* sebanyak satu kali.



Gambar 3. Time Series Plot Produksi Gas Bumi

Selanjutnya plot ACF dan PACF dari data yang sudah stasioner digunakan untuk menduga model ARIMA. Plot ACF menunjukkan *cut off* setelah lag 1, sedangkan plot PACF menunjukkan *dies down*. Berdasarkan hasil plot ACF dan PACF tersebut diduga bahwa model ARIMA (0,1,1), ARIMA (1,1,1), ARIMA (2,1,1), dan ARIMA (3,1,1). Berdasarkan hasil dari uji signifikansi parameter, diketahui bahwa model yang memiliki parameter yang signifikan

semua adalah model ARIMA (0,1,1) dan ARIMA (1,1,1). Kedua model ARIMA tersebut belum memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal, sehingga perlu melakukan deteksi outlier. Setelah melakukan deteksi outlier diketahui bahwa residual dari kedua model tersebut sudah memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal. Selanjutnya memilih model terbaik berdasarkan nilai RMSE yang paling kecil. Hasil pemilihan model terbaik dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pemilihan Model Terbaik Data Produksi Gas Bumi

Model	RMSE	
	In sample	Out Sample
ARIMA (0,1,1)	198,2455	181,772
ARIMA (1,1,1)	195,5305	167,7969

Berdasarkan hasil pemilihan model terbaik, diperoleh nilai RMSE yang paling kecil terdapat pada model ARIMA (1,1,1) dengan deteksi outlier, sehingga model matematis yang terbentuk adalah sebagai berikut

$$Z_t = Z_{t-1} + 0,41492Z_{t-1} + 0,41492Z_{t-2} - 0,88073a_{t-1} + a_t - 2992,31^{107} - 3105,3I_{a,t}^{42} - 2804,6I_{a,t}^{339} - 1877,4I_{a,t}^{281} - 1627,3I_{a,t}^{280} - 1526,5I_{a,t}^{242} - 928,8I_{a,t}^{117} - 929,1I_{a,t}^{312} - 742,1I_{a,t}^{114} - 689,7I_{a,t}^{315} - 470,3I_{a,t}^{182} + 1346,5I_{a,t}^{274} + 1598,2I_{a,t}^{52} - 1559,1I_{a,t}^{55} + 1109,3I_{a,t}^{114} - 1321,5I_{a,t}^{32} - 1541,2I_{a,t}^{316} + 1051,2I_{a,t}^{109} - 978,7I_{a,t}^{196} + 688,4I_{a,t}^{320} - 887,2I_{a,t}^{285} - 959,9I_{a,t}^{331} + 597,1I_{a,t}^{294} + 741,9I_{a,t}^{325} + 1041,2I_{a,t}^{307} - 671,1I_{a,t}^{190} - 529,4I_{a,t}^{105} + 457,0I_{a,t}^{65} - 505,3I_{a,t}^{155} - 481,9I_{a,t}^{222} + 398,0I_{a,t}^{10} - 605,9I_{a,t}^{210} + 717,9I_{a,t}^{261} + 426,9I_{a,t}^{32} + 630,9I_{a,t}^{263} - 415,7I_{a,t}^{314} + 773,9I_{a,t}^{49} - 4659,0I_{a,t}^{157} - 615,7I_{a,t}^{166} + 799,5I_{a,t}^{300} + 646,1I_{a,t}^{304} + 433,3I_{a,t}^{115} + 471,1I_{a,t}^{301} - 747,3I_{a,t}^{159} + 515,0I_{a,t}^{185} + 391,9I_{a,t}^{333} - 400,2I_{a,t}^{188} - 628,5I_{a,t}^{61} + 454,5I_{a,t}^{59} - 464,5I_{a,t}^{310} - 353,9I_{a,t}^{171} + 382,2I_{a,t}^{275}$$

2. Pemodelan Produksi Gas Bumi Dengan NN

Input yang digunakan dalam metode NN adalah model ARIMA terbaik yang diperoleh sebelumnya, yaitu ARIMA (1,1,1) sehingga yang menjadi input adalah Y_{t-1} dan Y_{t-2} karena ada efek *differencing*. Jumlah neuron yang digunakan mulai dari 1 sampai 10. Nilai RMSE dari pemodelan menggunakan NN dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai RMSE Pemodelan NN Data Produksi Gas Bumi

Neuron	In sample	Out Sample	Neuron	In sample	Out Sample
1	582,95	192,74	6	525,95	216,22
2	584,43	190,90	7	525,05	340,47
3	531,92	268,24	8	528,10	284,03
4	531,03	261,56	9	525,00	282,87
5	531,52	294,29	10	539,73	197,39

Berdasarkan tabel nilai RMSE out sample yang paling kecil terdapat pada jumlah neuron 2, sehingga dipilih model NN dengan neuron 1 dengan arsitektur yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Arsitektur NN 2 Neuron Data Produksi Gas Bumi

Arsitektur jaringan model NN dapat dimodelkan sesuai dengan fungsi aktivasi sigmoid pada *hidden layer* dan fungsi linier pada output. Berikut persamaan matematik dari model NN 2 neuron.

$$\hat{Z}_t = 0,344 + 1,743H(1,1)_t - 1,860H(1,2)_t$$

$$H(1,1)_t = \frac{1}{1 + \exp - (-0,408 + 1,137Z_{t-1} + 0,104Z_{t-2})}$$

$$H(1,2)_t = \frac{1}{1 + \exp - (0,462 - 1,083Z_{t-1} - 0,254Z_{t-2})}$$

3. Pemodelan Produksi Gas Bumi Dengan Hibrida ARIMA-NN

Input dalam metode hibrida ARIMA-NN adalah nilai residual dari model ARIMA terbaik, yaitu ARIMA (1,1,1). Jumlah neuron yang digunakan mulai dari 1 sampai 10. Nilai RMSE yang diperoleh dari metode hibrida ARIMA-NN dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai RMSE Pemodelan Hibrida ARIMA-NN Produksi Gas Bumi

Neuron	In sample	Out Sample	Neuron	In sample	Out Sample
1	167,29	195,41	6	167,09	195,60
2	167,11	195,47	7	167,08	195,53
3	167,20	195,46	8	167,03	195,75
4	167,10	195,62	9	167,05	195,57
5	167,07	195,75	10	167,05	195,60

Nilai RMSE terkecil pada data out sample terdapat pada jumlah neuron 1, sehingga model hibrida ARIMA-NN yang dipilih adalah model dengan 1 neuron. Berikut model matematik dari model hibrida ARIMA-NN 1 neuron.

$$\hat{N}_t = 1,843 - 3,152H(1,1)_t$$

$$H(1,1)_t = \frac{1}{1 + \exp - (0,525 - 1,536N_{t-1} - 0,052N_{t-2})}$$

Setelah melakukan pemodelan menggunakan tiga metode yaitu ARIMA, NN, dan hibrida ARIMA-NN pada data jumlah produksi gas bumi di *platform* "MK" tahun 2015, maka dapat disimpulkan bahwa metode NN memiliki nilai RMSE pada out sample paling kecil. Selanjutnya metode NN digunakan untuk meramalkan produksi gas bumi 14 hari ke depan. Ramalan produksi gas bumi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Ramalan Produksi Gas Bumi

Hari	Ramalan	Hari	Ramalan
01/01/2016	4307,41	08/01/2016	4395,976
02/01/2016	4330,388	09/01/2016	4399,163
03/01/2016	4352,917	10/01/2016	4401,516
04/01/2016	4366,928	11/01/2016	4403,264
05/01/2016	4378,023	12/01/2016	4404,56
06/01/2016	4385,823	13/01/2016	4405,523
07/01/2016	4391,693	14/01/2016	4406,239

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil analisis dapat diambil kesimpulan :

1. Rata-rata jumlah produksi minyak bumi setiap hari cenderung konstan selama tahun 2015, yaitu sekitar 2500 barel setiap hari. Jumlah produksi terendah sebesar 649,5 barel terjadi pada hari Sabtu. Untuk gas bumi memiliki rata-rata jumlah produksi setiap hari juga cenderung konstan yaitu sebesar 5500 mScf. Pada hari Sabtu selama tahun 2015 terdapat jumlah produksi yang sangat tinggi dan sangat rendah yaitu rendah sebesar 1577 mScf.
2. Model terbaik dari data jumlah produksi minyak bumi adalah model hibrida ARIMA-*neural network*. Hasil ramalan yang diperoleh untuk 14 hari ke depan jumlah produksi minyak bumi cenderung konstan.
3. Model terbaik dari data jumlah produksi gas bumi adalah model *neural network*. Hasil ramalan untuk 14 hari ke depan mengalami peningkatan jumlah produksi, namun tidak signifikan.

B. Saran

Saran dari hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pihak perusahaan tidak perlu melakukan *treatment* pada sumur di *platform* "MK" selama tanggal 1-14 Januari 2016, karena produksi minyak dan gas bumi cenderung naik perlahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ansyari, I. (2015). *Beberapa Fakta Menarik Tentang Minyak Bumi*. <http://learnmine.blogspot.co.id/2015/04/fakta-menarik-tentang-minyak-bumi.html>. Diakses pada tanggal 10 Februari 2016.
- [2] Samperuru, D. (2007). *Dari Mana Datangnya Minyak Bumi*. Buku Pintar Migas Indonesia, 1-17.
- [3] Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Metode Statistik*. Edisi ke 3. Diterjemahkan oleh: Ir. Bambang Sumantri. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [4] Wei, W. W. S. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*, 2nd Edition. New York: Pearson.
- [5] Khashei, M., & Bijari, M. (2011). *A Novel Hybridization of Artificial Neural Network and ARIMA Model for Time Series Forecasting*. *Applied Soft Computing*, 2664 – 2675.
- [6] Jan, S., & Katarina, H. (2010). *The Implementation of Hybrid ARIMA-Neural Network Prediction Model*. *Journal of Applied Mathematics*, volume 3, 124-130.