



Aplikasi *Adaptive Neuro Fuzzy System* (ANFIS) Untuk Memprediksi Kebutuhan Gas Bumi Indonesia

Henny Dwi Bhakti ^{1,*}, dan Hadziqul Abror ²

¹ Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Gresik; hennydwi@umg.ac.id

² Teknik Perminyakan Universitas Jember; hadziqulabrор@unej.ac.id

* Korespondensi: hennydwi@umg.ac.id

Abstract: Energy demand in Indonesia continues to increase every year. Energy needs are met from primary energy originating from coal, oil, natural gas, as well as new and renewable energy such as geothermal energy, wind, solar panels and so on. Of the four primary energies, natural gas is a fossil energy whose energy mix will be increased until 2050. This is because natural gas reserves are quite large, environmentally friendly and relatively inexpensive than petroleum, as well as natural gas for power generation and industrial raw materials. Natural gas consumption in Indonesia continues to increase, while the size of Indonesia's natural gas reserves is decreasing and there are still commitments to export natural gas for decades to come. Starting in 2012, the percentage of Indonesia's natural gas utilization for domestic consumption began to be higher than for exports. Along with the continued increase in domestic consumption, Indonesia will become a net importer of natural gas in the future. For this reason, it is necessary to accurately predict the need for future natural gas consumption so that the government can seek to fulfill the supply of natural gas, both from domestic exploration and exploitation activities as well as opening up import options. Then the projection can be assisted using Artificial Intelligence by entering several parameters that affect consumption. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) is a system that combines the capabilities of artificial neural networks and fuzzy logic. For this reason, in this study, predictions of natural gas demand were made using ANFIS with three input parameters used, namely economic growth, population, and gas prices, while the output sought was natural gas consumption. From the prediction results obtained an accuracy rate of 99.203% and MAPE of 1.2855%. So it can be concluded that ANFIS can be used as a method for projecting Indonesia's natural gas consumption needs.

Keywords: natural gas, prediction, artificial intelligence, ANFIS

Abstrak: Kebutuhan energi di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahun. Kebutuhan energi tersebut dipenuhi dari energi primer yang berasal dari batu bara, minyak bumi, gas bumi, serta energi baru terbarukan (EBT) misalnya energi panas bumi, angin, panel surya dan sebagainya. Dari empat energi primer tersebut, gas bumi merupakan energi fosil yang ditingkatkan bauran energinya sampai tahun 2050. Hal ini dikarenakan cadangan gas bumi yang cukup besar, ramah lingkungan dan relatif murah daripada minyak bumi, serta gas bumi untuk pembangkit listrik dan bahan baku industri. Konsumsi gas bumi di Indonesia terus meningkat, sedangkan besar cadangan gas bumi Indonesia semakin berkurang dan masih adanya komitmen ekspor gas bumi selama puluhan tahun ke depan. Mulai tahun 2012, prosentase pemanfaatan gas bumi Indonesia untuk konsumsi domestik mulai lebih besar daripada untuk ekspor. Seiring dengan terus meningkatnya konsumsi domestik tersebut dapat mengakibatkan Indonesia akan menjadi negara net im-porter gas bumi di kemudian hari. Untuk itu, diperlukan upaya prediksi kebutuhan konsumsi gas bumi di masa depan yang akurat sehingga pemerintah dapat mengupayakan pemenuhan pasokan gas bumi

Sitasi: Bhakti, H. N.; dan Abror, H "Aplikasi Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) untuk memprediksi kebutuhan gas bumi Indonesia". JTIM: Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia, vol.4, no.2, hlm.73-84

<https://doi.org/10.35746/jtim.v4i2.198>



Copyright: © 2022 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

tersebut baik dari kegiatan eksplorasi dan eksploitasi dalam negeri maupun membuka opsi impor. Maka proyeksi tersebut dapat dibantu menggunakan *Artificial Intelligence* dengan memasukan beberapa parameter yang mempengaruhi konsumsi. *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) merupakan suatu sistem yang menggabungkan kemampuan jaringan syaraf tiruan dan logika fuzzy. Untuk itu, pada penelitian ini dilakukan prediksi kebutuhan gas bumi menggunakan ANFIS dengan tiga parameter masukan yang dipakai adalah pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, dan harga gas, sementara output yang dicari adalah konsumsi gas bumi. Dari hasil prediksi didapatkan tingkat akurasi 99.203% dan MAPE sebesar 1.2855%. Dengan tingkat akurasi di atas 90% menunjukkan bahwa ANFIS dapat digunakan sebagai metode proyeksi kebutuhan konsumsi gas bumi Indonesia.

Kata kunci: Gas Bumi; Prediksi; *Artificial Intelligence*; ANFIS

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi di Indonesia diperkirakan mengalami peningkatan dari 219 *million tonnes of oil equivalent* (MTOE) di tahun 2019 menjadi 400 MTOE di tahun 2025, serta 1000 MTOE di tahun 2050[1]. Kebutuhan energi tersebut dipenuhi dari energi primer yang berasal dari batu bara, minyak bumi, gas bumi, serta energi baru terbarukan (EBT) misalnya energi panas bumi, angin, panel surya dan sebagainya.

Untuk mewujudkan kemandirian energi dan ketahanan energi nasional, pemerintah menerbitkan PP No. 79 tahun 2014 tentang Ketahanan Energi Nasional (KEN). Dalam PP tersebut, KEN menargetkan bauran energi nasional pada tahun 2025 adalah batu bara 30%, minyak bumi 25%, gas bumi 22%, dan EBT 23%. Di tahun 2050, bauran energi batu bara dan minyak bumi diturunkan menjadi 25% batu bara dan 20% minyak bumi, sedangkan bauran energi gas bumi ditingkatkan menjadi 24% dan EBT menjadi 31%[2].

Dari empat energi primer tersebut, gas bumi merupakan energi fosil yang ditingkatkan bauran energinya sampai tahun 2050. Hal ini dikarenakan cadangan gas bumi yang cukup besar, ramah lingkungan dan relatif murah daripada minyak bumi, serta gas bumi untuk pembangkit listrik dan bahan baku industri. Energi primer gas bumi ini dipasok dari lapangan migas dalam negeri serta impor gas dalam bentuk LPG. Sedangkan secara sektoral, gas bumi dimanfaatkan untuk pembangkit listrik, industri pupuk dan petrokimia, penggunaan lifting minyak, jaringan gas rumah tangga, SPBG, serta industri ritel dan non ritel [3].

Beberapa faktor yang mempengaruhi konsumsi gas bumi adalah pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan industri, pertumbuhan populasi penduduk, serta proporsi gas bumi dalam energi primer [4]. Semakin besar pertumbuhan ekonomi suatu negara maka semakin besar pula kebutuhan energinya, termasuk konsumsi gas bumi. Semakin cepat pertumbuhan industri berbahan baku gas bumi, pupuk dan petrokimia, maka semakin besar pula gas bumi yang dibutuhkan. Semakin besar populasi penduduk maka konsumsi gas bumi juga akan meningkat. Semakin besar kebutuhan energi, maka gas bumi memiliki proporsi yang utama, yang mana gas bumi menempati tiga besar energi primer yang digunakan di Indonesia.

Konsumsi gas bumi di Indonesia terus meningkat, sedangkan besar cadangan gas bumi Indonesia semakin berkurang dan masih adanya komitmen ekspor gas bumi selama puluhan tahun ke depan. Mulai tahun 2012, prosentase pemanfaatan gas bumi Indonesia untuk konsumsi domestik mulai lebih besar daripada untuk ekspor. Seiring dengan terus meningkatnya konsumsi domestik tersebut dapat mengakibatkan Indonesia akan menjadi negara net importer gas bumi di kemudian hari. Untuk itu, diperlukan upaya prediksi kebutuhan konsumsi gas bumi di masa depan yang akurat sehingga pemerintah dapat mengupayakan pemenuhan pasokan gas bumi tersebut baik dari kegiatan eksplorasi dan eksploitasi dalam negeri maupun membuka opsi impor.

Proses proyeksi kebutuhan gas bumi tersebut dilaksanakan secara manual dengan membuat beberapa skenario dengan parameter-parameter yang ditetapkan misalnya kebutuhan untuk pembangkit listrik, industri pupuk dan petrokimia, jargas, serta potensial demand lainnya. Seiring dengan berkembangnya teknologi *artificial intelligence* (AI), maka proyeksi tersebut dapat dibantu menggunakan AI tersebut dengan memasukan beberapa parameter yang mempengaruhi konsumsi. Abror dkk. telah melakukan prediksi konsumsi gas bumi Indonesia menggunakan *Artificial neural network* (ANN) dengan parameter masukan yang digunakan yaitu pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, dan harga gas, sedangkan parameter luaran yang dicari adalah konsumsi gas bumi. Penelitian tersebut menghasilkan akurasi prediksi konsumsi gas bumi terbesar dengan nilai akurasi sebesar 96.89 % [5]. Untuk menghasilkan prediksi yang lebih baik, maka perlu dilakukan penelitian dengan metode AI lainnya.

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan suatu sistem yang menggabungkan kemampuan jaringan syaraf tiruan dan logika fuzzy. Jaringan syaraf tiruan adalah salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia. Logika Fuzzy adalah suatu cara untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output, dimana didalamnya terdapat teori himpunan fuzzy yang pada dasarnya merupakan perluasan dari teori himpunan klasik [6]. Candra Dewi dan Werdha Wilubertha melakukan penelitian untuk memprediksi tingkat pengangguran menggunakan ANFIS, dari penelitian tersebut didapatkan nilai RMSE terbaik sebesar 1,274 dengan nilai akurasi 93,33% [7]. Konstantinos dkk melakukan peramalan permintaan konsumsi gas bumi menggunakan ANFIS di Turki. Dari hasil penelitian tersebut telah dibentuk arsitektur ANFIS dengan efisien dan cepat berdasarkan eksplorasi neuro-fuzzy untuk prediksi permintaan energi menggunakan data historis konsumsi gas bumi [8].

ANFIS merupakan suatu metode *hybrid learning* yang mampu membangun *input-output* berdasarkan pengetahuan manusia dengan pemilihan fungsi keanggotaan yang sesuai. ANFIS merupakan metode *hybrid* antara logika fuzzy dengan ANN yang masing-masing metode tersebut memiliki kelebihan. Kelebihan logika fuzzy adalah dengan penerapan aturan (*rules*) untuk memodelkan pengetahuan manusia dari aspek kualitatif. Kelebihan ANN adalah tidak membutuhkan pemodelan matematika untuk pengenalan pola dan proses pembelajarannya. ANN juga mampu bekerja berdasarkan data historis sehingga mampu melakukan prediksi dari data tersebut. ANFIS memiliki kelebihan dari logika fuzzy dan ANN karena ANFIS merupakan gabungan dari keduanya. ANFIS menjadi metode yang efektif untuk melakukan prediksi karena memiliki tingkat kesalahan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan ANN [9].

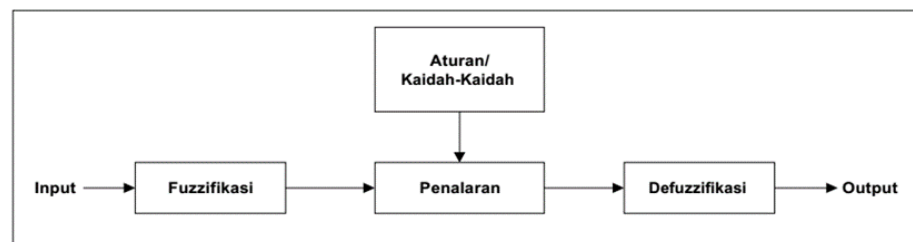
Untuk itu, pada penelitian ini dilakukan prediksi kebutuhan gas bumi menggunakan ANFIS dengan tiga parameter masukan yang dipakai adalah pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, dan harga gas, sementara luaran yang dicari adalah konsumsi gas bumi. Data-data tersebut didapatkan dari BP *Statistical Review of World Energy* [10]. Dalam penelitian ini, dipelajari pengaruh ketiga parameter input tersebut terhadap parameter outputnya. Diharapkan dengan adanya parameter input yang secara langsung mempengaruhi besar konsumsi energi gas bumi, prediksi kebutuhan energi menjadi lebih akurat sehingga dapat digunakan untuk melakukan proyeksi kebutuhan gas bumi Indonesia ke depan. Dari penelitian yang dilakukan Abror dkk menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, dan harga gas menjadi parameter masukan yang penting untuk memprediksi kebutuhan energi [5].

2. Bahan dan Metode

Metode peramalan adalah salah satu metode untuk memprediksi suatu nilai pada masa depan dengan memperhatikan data atau informasi dari masa lalu maupun saat ini, baik secara matematika maupun statistik. Metode yang digunakan dan kualitas data yang tersedia sangat mempengaruhi ketepatan dalam memprediksi. Ketika data atau informasi

yang digunakan memiliki kualitas yang baik maka prediksi yang dihasilkan dapat dipercaya ketepatannya [11].

Fuzzy Inference System (FIS) adalah sistem kendali logika fuzzy yang mampu melakukan penalaran dengan prinsip seperti manusia melakukan penalaran dengan pengetahuan dan nalurinya. Logika fuzzy merupakan logika yang mengandung unsur ketidakpastian. Pada logika tegas (*crisp*) anggota himpunan hanya memiliki 2 anggota yaitu salah (0) atau benar (1). Tetapi pada logika fuzzy terdapat nilai anatar benar dan salah. Kebenaran dalam logika fuzzy dinyatakan dalam derajat anggota kebenaran atau fungsi keanggotaan dalam interval 0 hingga 1 [12]. Proses pada FIS adalah dimulai dari proses input data sampai penarikan kesimpulan. Proses tersebut terdiri dari proses fuzzifikasi, inferensi (penalaran) dengan memanfaatkan aturan-aturan fuzzy (*fuzzy rule*), dan defuzzifikasi. Gambaran umum FIS sesuai pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses *Fuzzy Inference System* (FIS)

Jaringan syaraf tiruan (JST) adalah struktur jaringan di mana keseluruhan tingkah laku dan masukan-keluaran ditentukan oleh sekeumpulan parameter yang dimodifikasi [13]. Untuk meningkatkan kemampuan pembelajaran, jaringan syaraf tiruan dapat bekerja dengan sistem fuzzy. Sistem fuzzy menggambarkan suatu sistem dengan pengetahuan linguistik yang mudah dimengerti. Gabungan sistem fuzzy dengan jaringan neural ini biasa disebut dengan sistem Neuro Fuzzy.

Sistem Neuro Fuzzy berstruktur ANFIS termasuk dalam kelas jaringan neural namun berdasarkan fungsinya sama dengan *Fuzzy Inference System*. Pada sistem Neuro Fuzzy, proses belajar pada neural network dengan sejumlah pasangan data yang berguna untuk memperbaharui parameter-parameter *Fuzzy Inference System* [11].

Sebagai contoh, untuk model fuzzy Sugeno Orde-Satu, aturan yang umum dengan dua aturan fuzzy IF THEN sebagai berikut:

RULE 1 : IF x is A_1 AND y is B_1 , THEN $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$;

RULE 2 : IF x is A_2 AND y is B_2 , THEN $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$;

dengan x dan y adalah masukan tegas pada node ke i , A_i dan B_i adalah label linguistik (rendah, sedang, tinggi, dan lain-lain) yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan yang sesuai, sedangkan p_i , q_i , dan r_i adalah parameter consequent ($i = 1$ atau 2).

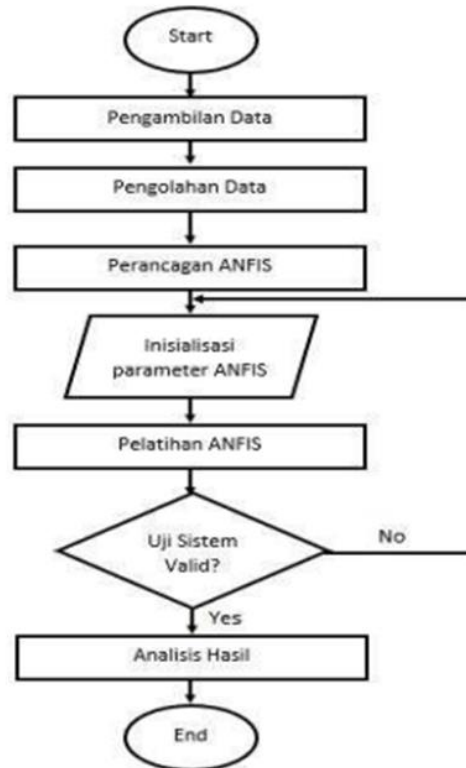
Data yang digunakan untuk proses pembelajaran (training) terdiri dari data masukan, parameter ANFIS, dan data test yang berada pada priode training ANFIS yang kemudian dilakukan proses pembelajaran terhadap data-data tersebut sehingga nantinya diperoleh output berupa hasil prediksi. Training dengan ANFIS menggunakan algoritma belajar hybrid, dimana dilakukan penggabungan metode Least-Squares Estimator (LSE) untuk menghitung nilai consequent pada alur maju dan menggunakan Error Backpropagation (EBP) dan gradient descent pada alur mundur untuk menghitung error yang terjadi pada tiap layer.

ANFIS terdiri dari lima layer. Pada layer pertama terdiri dari proses fuzzifikasi dimana data masukan dan target dipetakan dalam derajat keanggotaannya. Pada layer kedua dan ketiga dilakukan proses inferensi yang digunakan untuk menentukan rule fuzzy menggunakan inferensi Sugeno dimana hasilnya akan diproses pada perhitungan selanjutnya. Pada layer 4 dilakukan proses pencarian nilai consequent dengan menggunakan LSE. Pada layer 5 dilakukan proses summary dari dua keluaran pada layer 4.

Pada ANFIS, Fuzzy Inference System (FIS) terletak pada layer 1, 2, 3 dan 4 dimana FIS adalah sebagai penentu hidden node yang terdapat pada sistem neural network.

Setelah perhitungan alur maju dilakukan perhitungan alur mundur untuk menghitung nilai error tiap layer dan mengubah nilai parameter masukan menggunakan gradient descent. Proses perhitungan di atas akan berulang terus menerus sampai nilai error memenuhi nilai error maksimum yang telah ditentukan.

Langkah-langkah sistematis dalam penelitian ini adalah seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Tahap pertama adalah studi literatur yang merupakan tahap awal untuk pengkajian pustaka. Selanjutnya adalah pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Data yang digunakan adalah pertumbuhan ekonomi, harga gas bumi, jumlah penduduk dan konsumsi gas bumi di Indonesia pada tahun 1990 sampai tahun 2020. Setelah didapatkan data, dilakukan pengolahan data. Data dibagi menjadi data masukan dan data keluaran. Data masukan terdiri dari pertumbuhan ekonomi, harga gas bumi dan jumlah penduduk, sedangkan data keluaran adalah konsumsi gas bumi.

2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pertumbuhan ekonomi, harga gas bumi, jumlah penduduk Indonesia dan konsumsi gas bumi Indonesia pada tahun 1990 sampai tahun 2020. Data-data tersebut didapatkan dari BP *Statistical Review of World Energy*. Parameter masukan yang dipakai adalah pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, dan harga gas, sementara luaran yang dicari adalah konsumsi gas bumi. Data dibagi menjadi data latih sebanyak 22 data, yaitu data dari tahun 1990 sampai tahun 2011 dan 9 data uji, yaitu data dari tahun 2012 sampai tahun 2020. Data latih digunakan dalam proses pelatihan (*training*) data. Data uji adalah data yang digunakan dalam proses pengujian (*testing*) data. Pemilihan jangka waktu data latih adalah 22 data awal, sedangkan jangka waktu data uji adalah 9 data tahun terakhir. Pemilihan perbedaan jumlah data latih dan data uji tujuannya adalah untuk mendapatkan akurasi yang tinggi [14]. Data yang digunakan dalam penelitian pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Penelitian

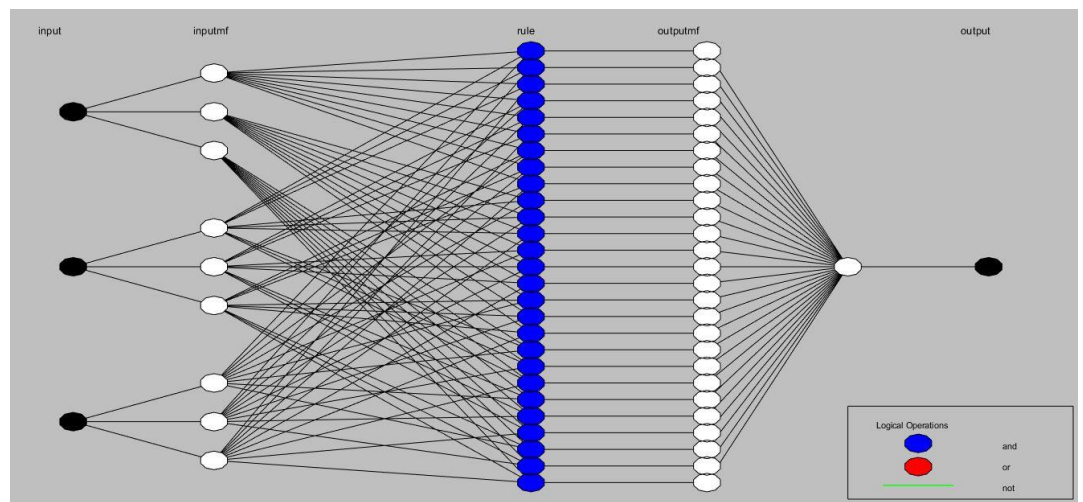
No	Tahun	Pertumbuhan Ekonomi (%)	Harga gas (US dollar per milion Btu)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Konsumsi gas bumi (billion cubic feet per day) (bcf)
1	1990	7.46	1.64	179,378,944	1.661533424
2	1991	7.24	1.49	182,022,722	1.912669251
3	1992	6.95	1.77	184,666,500	2.080244896
4	1993	6.46	2.12	187,310,278	2.212643594
5	1994	6.5	1.92	189,954,056	2.620361877
6	1995	7.54	1.69	194,754,816	2.763100663
7	1996	8.22	2.76	195,241,612	2.868643159
8	1997	7.82	2.53	197,885,390	3.000431742
9	1998	4.7	2.08	200,529,169	2.892798153
10	1999	-13	2.27	203,172,947	3.143655697
11	2000	0.79	4.23	205,802,304	3.184606054
12	2001	4.92	4.07	208,460,503	3.30260667
13	2002	3.64	3.33	212,010,000	3.589851262
14	2003	4.5	5.63	212,928,304	3.827352315
15	2004	4.78	5.85	216,620,304	3.493081726
16	2005	5.03	8.79	219,035,616	3.5211682
17	2006	5.69	6.76	221,985,104	3.590617079
18	2007	5.5	6.95	226,047,408	3.351704117
19	2008	6.35	8.85	228,911,840	3.830066733
20	2009	6.01	3.89	231,763,024	4.073358135
21	2010	4.63	4.39	237,517,552	4.261714159
22	2011	6.22	4.01	241,990,704	4.134650428
23	2012	6.17	2.76	245,416,000	4.146212373
24	2013	6.03	3.71	247,778,416	4.306016828
25	2014	5.56	4.35	252,225,456	4.261155407
26	2015	5.02	2.6	255,464,896	4.426964101
27	2016	4.79	2.49	258,704,992	4.306340293
28	2017	5.02	2.96	262,581,952	4.181192114
29	2018	5.07	3.12	265,015,296	4.308252119
30	2019	5.06	2.51	268,074,592	4.239439333
31	2020	2.07	1.99	271,349,889	4.01

2.2 Prediksi Kebutuhan Gas Bumi Menggunakan ANFIS

Fuzzy Inference System (FIS) atau sistem fuzzy adalah model aspek kualitatif yang menggunakan fuzzy if-then rules pada pengetahuan manusia dan proses pembelajaran tanpa menggunakan analisis kuantitatif yang tepat. If – then rules disebut juga fuzzy logic, yang menjadi logika dasar manusia untuk diterapkan pada paradigma komputasi.

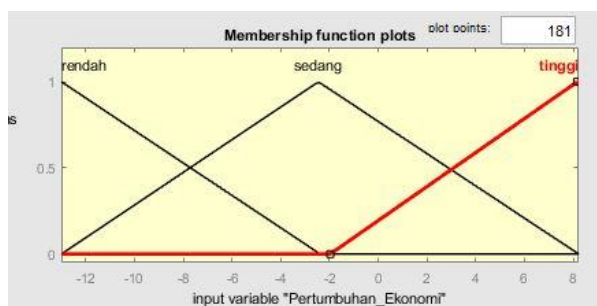
Logika fuzzy ini dapat membentuk kerangka teori yang tepat pada sebuah pola ketidakpastian sehingga dibutuhkan membership function (MF) atau derajat keanggotaan untuk mengkarakterisasi sebuah input sehingga bisa menjadi indikator dalam pembuatan keputusan. Jaringan adaptif adalah struktur jaringan yang terdiri dari simpul – simpul yang saling terhubung dengan sebuah garis sehingga simpul tersebut saling berhubungan. Jaringan adaptif meliputi jaringan maju atau feed forward dan jaringan mundur atau feed backward dalam proses pembelajaran. Pada jaringan saraf terdapat simpul yang bersifat adaptif, sehingga hasil keluarannya sangat bergantung kepada parameter yang diterapkan pada simpul tersebut. Aturan belajar harus ditentukan agar parameter tersebut dapat diperbaharui untuk meminimalisir perhitungan galat/error. Metode pembelajarannya disebut dengan metode pembelajaran hibrid. Bertujuan untuk memperbaiki parameter premis dan parameter konsekuen.

Dengan menerapkan sistem FIS atau sistem fuzzy dan jaringan adaptif, maka terbentuklah sebuah program yang disebut dengan Adaptive Neuro – Fuzzy Inference System (ANFIS). Dalam proses ANFIS dibutuhkan proses belajar untuk memprediksi data yang akan datang. Arsitektur ANFIS yang digunakan dalam penelitian seperti pada Gambar 3.

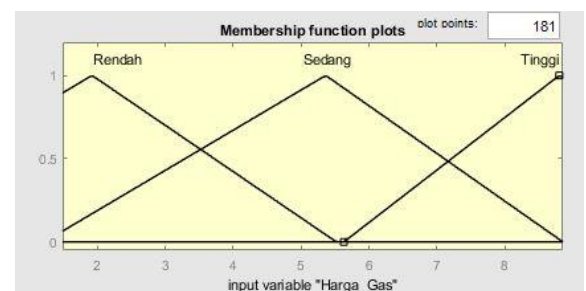


Gambar 3. Arsitektur ANFIS

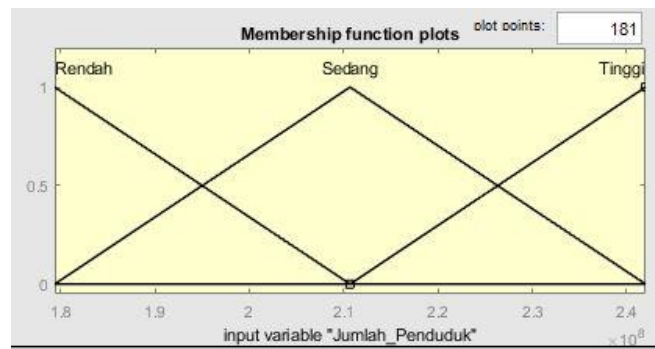
Arsitektur yang digunakan yaitu terdiri dari 3 buah parameter input yang terdiri dari pertumbuhan ekonomi, harga gas bumi dan jumlah penduduk Indonesia. Masing-masing parameter masukan memiliki 3 *membership function*, 27 rules dan 1 parameter keluaran yaitu prediksi kebutuhan gas bumi Indonesia. *Membership function* pada setiap parameter input seperti pada Gambar 4. Gambar 4 (a) menunjukkan membership function dari pertumbuhan penduduk yang terbagi menjadi rendah, sedang dan tinggi. Gambar 4 (b) merupakan membership function dari harga gas yang terbagi menjadi rendah, sedang dan tinggi. Gambar 4(c) merupakan *membership function* dari jumlah penduduk Indonesia yang terbagi menjadi rendah, sedang dan tinggi.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. (a) membership function pertumbuhan ekonomi, (b) membership function harga gas, (c) membership function jumlah penduduk Indonesia.

2.3 Perhitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan rata-rata presentase absolut dari kesalahan peramalan. MAPE merupakan faktor yang penting dalam mengevaluasi akurasi peramalan. MAPE akan menunjukkan seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai aktual. Apabila nilai MAPE yang dihasilkan dari sebuah metode peramalan semakin kecil maka metode peramalan tersebut semakin baik. Untuk mengetahui akurasi peramalan dapat dilihat pada Tabel 2 [15].

Tabel 2. Nilai MAPE sebagai tingkat akurasi peramalan

Presentase MAPE	Tingkat Akurasi
< 10%	Akurasi peramalan tinggi
10% - 20%	Akurasi peramalan baik
21% - 50%	Akurasi peramalan biasa
>50%	Peramalan tidak akurat

Perhitungan MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum \frac{a-b}{a}}{n} \times 100\% \tag{1}$$

Dimana:

a : data sebenarnya

b : data prediksi

3. Hasil

Setelah dibagi menjadi data latih dan data uji, dilakukan pelatihan pada data latih. Data latih terdiri dari 22 data, yaitu data pada tahun 1990 sampai pada tahun 2011. Data latih kemudian dilakukan proses pelatihan atau *training*. Data uji terdiri dari 9 data yaitu data tahun 2012 sampai tahun 2020. Data uji digunakan untuk menguji apakah model ANFIS yang dibangun pada proses pelatihan melakukan prediksi yang sesuai atau tidak.

3.1. Hasil Pelatihan (Training)

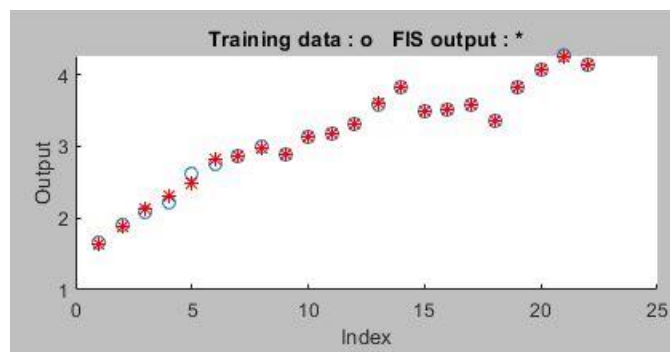
Proses training dimulai dengan proses pemasukan data, kemudian data tersebut dilakukan proses training dengan metode optimasi *hybrid*. Nilai error toleransi yang digunakan adalah 0 karena diharapkan tingkat error yang kecil yang menunjukkan tingkat akurasi tinggi. Jumlah epochs yang dipilih adalah 50, 100 dan 150. Epochs adalah banyaknya iterasi yang diinginkan. Ketika *epochs* 150, nilai *error* cenderung stabil dan tidak

mengalami penurunan lagi, sehingga diputuskan bahwa epochs maksimum adalah 150. Nilai error untuk setiap epochs adalah seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai *error* pada setiap *epochs*

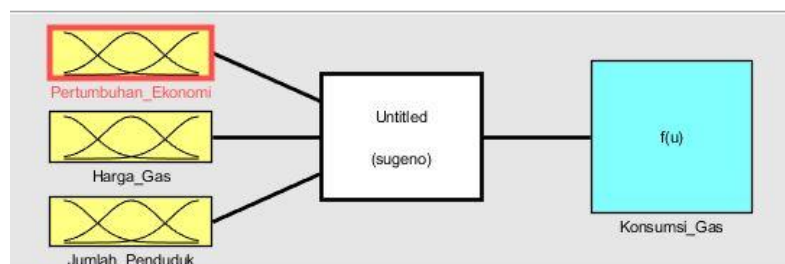
Jumlah Epochs	Error
50	0.037995
100	0.038067
150	0.037995

Setelah itu dilakukan pengecekan hasil dari pelatihan dengan cara mencocokkan hasil dari output sistem dengan target yang telah ditentukan. Gambar pencocokan sesuai pada Gambar 5. Gambar lingkaran biru menunjukkan hasil training data sedangkan tanda bintang merah menunjukkan FIS output. Dari gambar terlihat bahwa sebagian besar lingkaran dan bintang berhimpit, hal ini menunjukkan bahwa model yang telah dibangun mampu memprediksi dengan baik.



Gambar 5. Hasil *plotting* training data

Design FIS yang terbentuk adalah seperti pada Gambar 6. Pada Gambar 6 terlihat bahwa parameter input yang terbentuk adalah 3 dan parameter output yang terbentuk adalah 1, metode FIS menggunakan metode Sugeno.



Gambar 6. Design *Fuzzy Inference System*

Hasil dari model yang sudah terbentuk adalah sesuai pada Tabel 3, yaitu dibandingkan antara hasil output sistem dengan nilai konsumsi gas bumi yang sebenarnya. Dari hasil training mengindikasikan bahwa model ANFIS dapat memprediksi konsumsi gas bumi dengan baik, hal ini dibuktikan dengan tingkat akurasi yang tinggi, yaitu 99.94%. Parameter prediksi yang digunakan sudah menggambarkan konsumsi gas bumi di Indonesia.

Tabel 4. Perbandingan hasil output sistem dengan konsumsi gas bumi sebenarnya pada proses training

Tahun	Konsumsi Gas Bumi (Nilai Sebenarnya)	Hasil Prediksi
1990	1.66	1.65
1991	1.91	1.89
1992	2.08	2.13
1993	2.21	2.30
1994	2.62	2.49
1995	2.76	2.81
1996	2.87	2.85
1997	3.00	2.98
1998	2.89	2.89
1999	3.14	3.14
2000	3.18	3.17
2001	3.30	3.31
2002	3.59	3.60
2003	3.83	3.83
2004	3.49	3.50
2005	3.52	3.52
2006	3.59	3.59
2007	3.35	3.35
2008	3.83	3.83
2009	4.07	4.06
2010	4.26	4.26
2011	4.13	4.13
Rata-rata	3.15	3.149
Error Pelatihan	0.00061	
Akurasi	99.94%	

3.2. Hasil Prediksi Konsumsi Gas Bumi Indonesia

Setelah dilakukan training pada ANFIS yang menghasilkan akurasi 99.94% selanjutnya dilakukan prediksi konsumsi gas bumi. Prediksi dilakukan pada data uji, yaitu data pada tahun 2012 sampai tahun 2020. Hasil prediksi dibandingkan dengan data sebenarnya untuk menunjukkan kemampuan prediksi ANFIS. Hasil prediksi dan perbandingan dengan data sebenarnya ada pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil prediksi menggunakan ANFIS

Tahun	Data Sebenarnya	Prediksi ANFIS	$\frac{a - b}{a}$
2012	4.15	4.12	0.006322
2013	4.31	4.32	0.003247
2014	4.26	4.29	0.006769
2015	4.43	4.42	0.001573
2016	4.31	4.51	0.047293
2017	4.18	4.15	0.00746
2018	4.31	4.41	0.023617
2019	4.24	4.21	0.006944
2020	4.01	4.06	0.012469

Rata-rata	4.24	4.276667
Error rata-rata	0.007972315	
Akurasi	99.20276845 %	
$MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{q-b}{q} \times 100\%$		1.2855%

Dari hasil prediksi didapatkan nilai MAPE sebesar 1.2855 % dan akurasi 99.203%. Sesuai dengan Tabel 1, nilai MAPE kurang dari 10% mengindikasikan bahwa tingkat akurasi peramalan tinggi.

4. Pembahasan

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa tingkat akurasi pada proses training sangat tinggi, yaitu 99.94% sehingga proses bisa dilanjutkan untuk prediksi konsumsi gas bumi Indonesia. Dari hasil prediksi yang dilakukan memiliki tingkat akurasi prediksi tinggi dengan nilai MAPE 1.2855%. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan Artificial Neural Network (ANN) [5] dengan tingkat akurasi 96.89% prediksi konsumsi gas bumi Indonesia menggunakan ANFIS memiliki hasil yang lebih baik. Salah satu penyebabnya adalah di dalam ANFIS ditambahkan rules pada proses training. Selain itu jika dibandingkan dengan ANN, ANFIS memiliki kelebihan yang menggabungkan antara dua metode yaitu metode logika fuzzy dan ANN. Kelebihan logika fuzzy adalah dengan penerapan aturan (rules) untuk memodelkan pengetahuan manusia dari aspek kualitatif. Kelebihan ANN adalah tidak membutuhkan pemodelan matematika untuk pengenalan pola dan proses pembelajarannya. ANN juga mampu bekerja berdasarkan data historis sehingga mampu melakukan prediksi dari data tersebut. ANFIS memiliki kelebihan dari logika fuzzy dan ANN karena ANFIS merupakan gabungan dari keduanya. ANFIS menjadi metode yang efektif untuk melakukan prediksi karena memiliki tingkat kesalahan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan ANN. Untuk penelitian ke depannya bisa ditambahkan parameter *input* yang juga mempengaruhi konsumsi gas bumi Indonesia seperti keadaan ekonomi dunia yang memberikan dampak terhadap perekonomian Indonesia, kondisi perang dan kondisi pandemi global.

5. Kesimpulan

Dilakukan prediksi kebutuhan gas bumi menggunakan ANFIS dengan tiga parameter masukan yang dipakai adalah pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, dan harga gas, sementara luaran yang dicari adalah konsumsi gas bumi. Data-data tersebut didapatkan dari BP Statistical Review of World Energy. Dari hasil prediksi didapatkan tingkat akurasi 99.203% dan MAPE sebesar 1.2855%. Dengan tingkat akurasi di atas 90% menunjukkan bahwa ANFIS dapat digunakan sebagai metode proyeksi kebutuhan konsumsi gas bumi Indonesia.

Referensi

- [1] S. Nugraha, "Ketahanan Energi Indonesia," *Sekr. Dewan Energi Nas.*, 2015.
- [2] E. Usman *et al.*, *Bauran Energi Nasional 2020*. 2020.
- [3] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Neraca Gas Bumi Indonesia," *Direktorat Jenderal Minyak Dan Gas Bumi Kementerian ESDM Republik Indones.*, pp. 1–70, 2018.
- [4] G. He, R. Xiao, and S. Liang, "Prediction and Influencing Factors Analysis of Natural Gas Consumption in China Based on SPSS," *Proc. 2015 Int. Conf. Autom. Mech. Control Comput. Eng.*, vol. 124, no. Amcce, pp. 84–88, 2015, doi: 10.2991/amcce-15.2015.16.
- [5] H. Abror, E. Eklezia Dwi Saputri, A. Triono, and H. Dwi Bhakti, "Evaluasi Prediksi Konsumsi Gas Bumi Menggunakan

- Artificial Neural Network (ANN)," *JIK*, vol. 5, no. 1, pp. 108–115, 2021.
- [6] S. Kusumadewi, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003.
- [7] Dewi and W. W. Himawati, "Prediksi Tingkat Pengangguran Menggunakan Adaptif Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)," *Konf. Nas. Sist. Inform. 2015*, vol. 2015, no. 2004, pp. 9–10, 2015.
- [8] K. Papageorgiou, E. I. Papageorgiou, K. Poczeta, D. Bochtis, and G. Stamoulis, "Forecasting of Day-Ahead Natural Gas Consumption," pp. 1–32, 2020.
- [9] R. N. Fajriani, F. Asriani, "Penerapan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) untuk Pemantauan Status Gunung Merapi," *Semin.*, no. 84, 2018, [Online]. Available: <http://papersmai.mercubuana-yogya.ac.id/index.php/smai/article/view/22%0Ahttp://papersmai.mercubuana-yogya.ac.id/index.php/smai/article/download/22/17>.
- [10] British Petroleum, *Statistical Review of World Energy globally consistent data on world energy markets . and authoritative publications in the field of energy*, vol. 70. 2021.
- [11] I. Haimi, *Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek dengan Menggunakan Metode ANFIS*. UINSUSKA, 2010.
- [12] P. P. Manoj, "Fuzzy Logic Methodology for Short Term Load Forecasting," *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 03, no. 04, pp. 322–328, 2015.
- [13] N. Nurkholid, T. Sukmadi, and A. Nugroho, "Analisis Perbandingan Metode Logika Fuzzy Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Pada Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang Di Indonesia Sampai Tahun 2022," *Transient*, vol. 3, 2014.
- [14] Z. Darma *et al.*, "Penerapan Metode Adaptie Neuro Fuzzy Inference dalam Memprediksi Penjualan Buku," *J. Informatics Manag. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2022, [Online]. Available: <https://hostjournals.com/>.
- [15] S. N. Z. Abidin and M. M. Jaffar, "Forecasting share prices of small size companies in Bursa Malaysia using geometric Brownian motion," *Appl. Math. Inf. Sci.*, vol. 8, no. 1, pp. 107–112, 2014, doi: 10.12785/amis/080112.