

Penerapan Jaringan Heuristik untuk Prediksi Persentase Distribusi Produk Domestik Bruto (PDB) Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Lapangan Usaha

Emmilya Umma Aziza Gaffar
Jurusan Ilmu Ekonomi
Universitas Mulawarman Samarinda
emmilya.gaffars@gmail.com

Achmad Fanany Onnilita Gaffar
Jurusan Teknologi Informasi
Politeknik Negeri Samarinda
onnygaffar212@gmail.com

Rayner Alfred
Associate Professor of Computer
Science
Faculty of Computing and
Informatics
Universiti Malaysia Sabah
ralfred@ums.edu.my

Irwan Gani
Jurusan Ilmu Ekonomi
Universitas Mulawarman
Samarinda
ig.irwangani@gmail.com

Haviluddin
Fakultas Teknik Informatika dan
Komputer
Universitas Mulawarman Samarinda
haviluddin@gmail.com

Abstract—Pertumbuhan ekonomi suatu negara diukur dengan tingkat pertumbuhan PDB yang sangat membantu untuk memprediksi situasi ekonomi dan pengembangan strategi pembangunan ekonomi. Pengukuran ini dapat dilakukan dengan menggabungkan konsep matematika komputasi dan teknologi komputer untuk menghasilkan prediksi pertumbuhan ekonomi secara ilmiah dan tepat. Metode statistik dan machine learning serta gabungan dari keduanya telah banyak digunakan untuk aktivitas prediksi maupun peramalan. Heuristik adalah salah satu filsafat ilmu pengetahuan dan matematika yang tergolong sebagai penalaran ampliatif, merupakan pendekatan pemecahan masalah, pembelajaran, atau penemuan yang menggunakan metode praktis yang tidak dijamin optimal atau sempurna, namun cukup signifikan untuk pencapaian tujuan. Di dalam studi ini, Jaringan Heuristik digunakan untuk memprediksi persentase distribusi PDB atas Harga Berlaku menurut Lapangan Usaha. Tujuan studi ini adalah melakukan prediksi secara simultan atas seluruh variabel lapangan usaha yang berkontribusi pada PDB. Hasil studi menunjukkan bahwa Jaringan Heuristik telah mampu melakukan prediksi dan peramalan secara optimal melalui proses komputasi yang cepat dengan hasil yang signifikan, serta menghasilkan error prediksi yang dapat diterima.

Keywords—PDB; prediksi; metode statistik; metode machine learning; heuristik

I. PENDAHULUAN

Produk Domestik Bruto (PDB) adalah ukuran dasar nilai tambah yang timbul dari aktivitas ekonomi pada tingkat nasional. Pada tingkat daerah (provinsi/kabupaten/kota) disebut Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Ada tiga cara untuk melakukan kompilasi statistik GDP suatu negara, meskipun pada prinsipnya memberikan hasil yang sama. Cara

termudah adalah pendekatan produksi, yang mengukur nilai tambah yang dihasilkan oleh berbagai jenis kegiatan ekonomi. Pendekatan pengeluaran bekerja berdasarkan prinsip bahwa semua produk harus dibeli oleh seseorang. Dalam hal ini total nilai produk harus sama dengan total pengeluaran. Pendekatan pendapatan bekerja berdasarkan prinsip bahwa faktor pendapatan harus sama dengan nilai produksi, di mana PDB ditentukan dengan menghitung total pendapatan semua produsen [1]. Dengan kata lain, PDB/PDRB adalah jumlah total nilai tambah yang dihasilkan oleh semua kegiatan ekonomi dan cara penggunaannya. PDB dan agregasinya disajikan dalam dua bentuk, yaitu berdasarkan harga berlaku dan berdasarkan harga konstan. Semua agregat dinilai berdasarkan harga berlaku, sedangkan harga konstan pada tahun dasar ditunjukkan dengan menilai semua agregat pada harga tahun dasar [2].

Pencatatan statistik nasional telah melakukan perubahan tahun dasar PDB Indonesia dari tahun 2000 ke 2010. Perubahan dasar ini dilakukan seiring dengan adopsi rekomendasi PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa) yang tertuang dalam Sistem Neraca Nasional 2008 (SNA 2008) [3]. PDB menurut lapangan usaha diperinci sesuai dengan total nilai tambah semua sektor ekonomi yang ada. Pada tahun 2015, PDB menurut lapangan usaha mengalami perubahan klasifikasi dari 9 lapangan usaha menjadi 17 lapangan usaha [4]. Di dalam penelitian ini, untuk memenuhi kebutuhan sampel data tetap menggunakan 9 klasifikasi lapangan usaha dengan penyesuaian rincian tiap sektornya. Klasifikasi lapangan usaha yang dimaksud adalah : (1). Pertanian, Peternakan, Kehutanan, dan Perikanan; (2). Pertambangan dan Penggalian; (3). Industri Pengolahan; (4). Listrik, Gas, dan Air Bersih; (5). Konstruksi; (6). Perdagangan, Hotel, dan

Restoran; (7). Pengangkutan dan Komunikasi; (8). Keuangan, Real Estate, dan Jasa Perusahaan; (9). Jasa-Jasa.

Pertumbuhan ekonomi suatu negara diukur dengan tingkat pertumbuhan PDB. Pertumbuhan ekonomi yang ditetapkan sebagai kenaikan PDB sangat membantu pemerintah untuk memprediksi situasi ekonomi dan pengembangan strategi pembangunan ekonomi. Pengukuran ini dapat dilakukan dengan menggabungkan konsep matematika komputasi dan teknologi komputer untuk menghasilkan prediksi kualitatif dan kuantitatif pertumbuhan ekonomi secara ilmiah dan tepat. Penggunaan metode ilmiah terbukti sangat berdayaguna untuk memprediksi pembangunan PDB suatu ekonomi tertentu di masa depan [5].

Metode statistik adalah metode konvensional yang terbukti cukup baik untuk digunakan di berbagai aktivitas prediksi maupun peramalan. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa data time series memiliki sifat stationer dan memenuhi kaidah linearitas pada saat ditransformasi ke bentuk lain, Artinya, pada saat suatu nilai prediksi diperoleh, maka semestinya dapat dikembalikan ke nilai aslinya dengan menggunakan kaidah transformasi balik. Data time series yang digunakan perlu dimodelkan dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu pendekatan parametrik dan non-parametrik [6]. Pemodelan data time series dengan pendekatan parametrik biasanya didasarkan pada model ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) - Bob Jenkins [7]. Untuk memperoleh seluruh koefisien regresinya dapat dilakukan dengan menggunakan OLS (Ordinary Least Square) yang diuji dengan menggunakan GARCH (Generalized Auto Regressive Conditional Heterokedasticity). Tabel Uji-t juga biasanya digunakan untuk membandingkan hasil perhitungan semua koefisien regresi dengan nilai hipotesanya [8].

Kelemahan mendasar dari metode statistik adalah pada saat data time series yang digunakan tidak memenuhi syarat stationary dan linearity. Dalam hal ini biasanya digunakan pendekatan non-parametrik, tetapi memerlukan komputasi yang cukup rumit. Metode machine learning adalah metode modern yang mampu mengatasi kelemahan metode statistik, sekaligus mampu meningkatkan hasil prediksi atau peramalan. Terkadang, beberapa peneliti juga mengkombinasikan antara metode machine learning dengan statistik. Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait dengan hal ini tertuang di dalam [1, 9-16].

Baik metode statistik maupun machine learning, melibatkan beragam algoritma di dalam komputasinya. Terdapat dua akar utama di dalam logika dan penalaran dalam ruang lingkup filsafat ilmu pengetahuan dan matematika yang merupakan basis dari segala aktivitas komputasi, yaitu penalaran ampliatif dan non-ampliatif. Istilah “ampliatif” digunakan di dalam filsafat logika yang berarti “memperluas” atau “menambah yang sudah diketahui”. Heuristik tergolong penalaran ampliatif. Berbeda dengan algoritma, heuristik adalah pendekatan pemecahan masalah, pembelajaran, atau penemuan yang menggunakan metode praktis yang tidak dijamin optimal atau sempurna, namun cukup signifikan untuk pencapaian tujuan [17]. Pendekatan heuristik telah banyak diterapkan di berbagai penelitian, baik di area problem

prediksi, seleksi, maupun problem pencarian, yang beberapa telah dipublikasikan di [18-22].

Di dalam studi ini, prediksi persentase distribusi PDB atas Harga Berlaku menurut Lapangan Usaha dilakukan dengan menerapkan konsep Jaringan Heuristik. Data time series dimodelkan dengan menggunakan jaringan terbobot, dimana nilai-nilai setiap pembobot jaringan dicari dengan menggunakan pendekatan heuristik. Tujuan dari studi ini adalah melakukan prediksi secara simultan atas seluruh variabel lapangan usaha dengan menerapkan Jaringan Heuristik.

II. METODE

A. Pemodelan data time-series

Data time-series dapat direpresentasikan dengan berbagai macam model, salah satunya adalah model AR (Auto Regressive). Model AR adalah salah satu jenis model ARIMA – Bob Jenkins, merupakan suatu observasi pada waktu t yang dinyatakan dengan fungsi linear terhadap sejumlah n waktu sebelumnya ditambah dengan suatu residual acak $e(t)$ (white noise). White noise adalah independen dan memiliki distribusi normal dengan mean = 0 dan kovarian σ . White noise disebut juga sebagai kesalahan prediksi.

Model AR dinyatakan dengan:

$$y(t) = a_1 \cdot y(t-1) + a_2 \cdot y(t-2) + \dots + a_n \cdot y(t-n) + e(t) \quad (1)$$

dimana $y(t-1) \dots y(t-n)$ adalah hasil observasi data sebelumnya hingga sejumlah n , dan $a_1 \dots a_n$ adalah pembobot tiap data. Sedangkan $y(t)$ adalah data sekarang dan $e(t)$ adalah residual/kesalahan prediksi dari model AR. Dengan mencari $a_1 \dots a_n$ sedemikian rupa sehingga $e(t) \rightarrow 0$ maka model yang diperoleh dapat digunakan untuk memprediksi data berikutnya ($y(t+1)$).

Jika pada (1) dinyatakan dalam bentuk waktu diskrit dimana $t = k+1$ dan $n=3$ maka:

$$y(k+1) = a_1 \cdot y(k) + a_2 \cdot y(k-1) + a_3 \cdot y(k-2) + e(k+1) \quad (2)$$

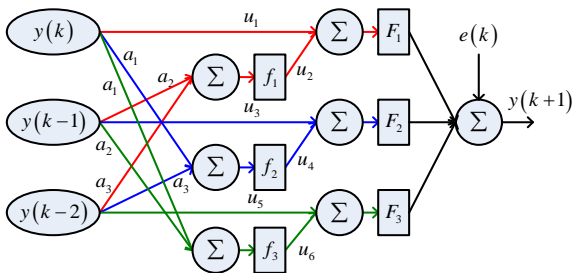
Persamaan (2) dapat dinyatakan kembali menjadi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 y(k+1) &= a_1 \cdot y(k) + f(a_2 \cdot y(k-1) + a_3 \cdot y(k-2)) \\
 &\quad + e(k+1) \\
 y(k+1) &= a_2 \cdot y(k-1) + f(a_1 \cdot y(k) + a_3 \cdot y(k-2)) \\
 &\quad + e(k+1) \\
 y(k+1) &= a_3 \cdot y(k-2) + f(a_1 \cdot y(k) + a_2 \cdot y(k-1)) \\
 &\quad + e(k+1)
 \end{aligned} \tag{3}$$

Dengan menjumlahkan semua bentuk (3) maka diperoleh:

$$\begin{aligned}
 y(k+1) &= \\
 &\left(\begin{aligned}
 &F_1(u_1 \cdot y(k) + u_2 \cdot f_1(a_2 \cdot y(k-1) + a_3 \cdot y(k-2))) \\
 &+ F_2(u_3 \cdot y(k-1) + u_4 \cdot f_2(a_1 \cdot y(k) + a_3 \cdot y(k-2))) \\
 &+ F_3(u_5 \cdot y(k-2) + u_6 \cdot f_3(a_1 \cdot y(k) + a_2 \cdot y(k-1)))
 \end{aligned} \right) \\
 &\quad + e(k+1)
 \end{aligned} \tag{4}$$

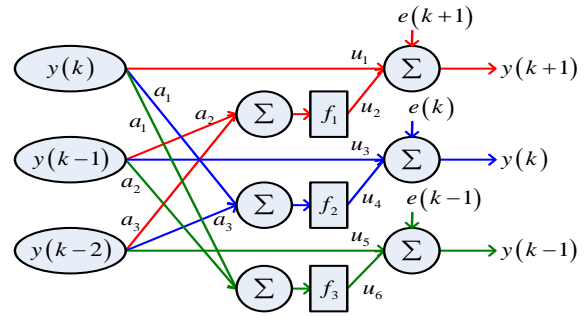
dimana $u_1 \dots u_6, a_1 \dots a_3$ adalah konstanta pembobot yang akan dicari, dan $f_1(\dots) \dots f_3(\dots), F_1(\dots) \dots F_3(\dots)$ adalah fungsi logistik untuk menjamin hasil penjumlahan seluruh perkalian data dengan masing-masing pembobotnya berada dalam range data yang dapat diterima. Persamaan (4) dapat direpresentasikan dalam suatu Jaringan Heuristik MISO (Multi Input Single Output) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar. 1. Jaringan Heuristik Model AR-MISO (Multi Input Single Output)

B. Jaringan Heuristik

Untuk prediksi data time series yang melibatkan banyak output maka Jaringan Heuristik dapat digambarkan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.

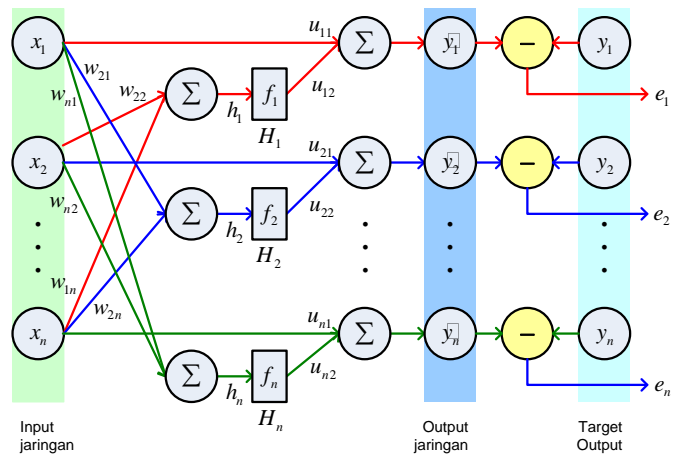


Gambar. 2. Jaringan Heuristik Model AR-MIMO (Multi Input Multi Output)

Secara umum, Jaringan Heuristik yang digunakan untuk prediksi model MIMO (Multi Input Multi Output) ditunjukkan dalam Gambar 3. Secara matematis dinyatakan:

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ \dots \\ h_n \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & w_{13} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & 0 & w_{23} & \dots & w_{2n} \\ w_{31} & w_{32} & 0 & \dots & w_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{n1} & w_{n2} & w_{n3} & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \\
 \mathbf{h} &= \mathbf{W}_{diag=0} * \mathbf{x}
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{f}(\mathbf{h}) \tag{6}$$



Gambar. 3. Jaringan Heuristik Model MIMO

Output jaringan dinyatakan dengan:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11} \\ u_{21} \\ u_{31} \\ \dots \\ u_{n1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{12} \\ u_{22} \\ u_{32} \\ \dots \\ u_{n2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ \dots \\ H_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$y_{(n,1)} = u_{(n,1)} \cdot x_{(n,1)} + u_{(n,2)} \cdot H_{(n,1)}$$

Error jaringan dinyatakan dengan:

$$e = y - (y) \quad (8)$$

Fungsi error yang digunakan adalah SSE (Sum Squared Error) yang dinyatakan dengan:

$$SSE = E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^N (y_j^{(k)} - \hat{y}_j^{(k)})^2 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^N (e_j^{(k)})^2 \quad (9)$$

dimana K adalah jumlah data pelatihan, N adalah jumlah output Jaringan Heuristik.

Jaringan Heuristik dibangun untuk melakukan optimasi terhadap semua pembobot jaringan sedemikian rupa sehingga diperoleh $E \rightarrow 0$ melalui suatu proses pelatihan. Perbaikan pembobot dilakukan dengan cara membagi error jaringan berdasarkan proporsi pembobotnya. Dari Gambar 3, maka pembagian error jaringan dinyatakan dengan:

$$\begin{aligned} du_{i1} &= e_i \cdot \frac{x_i}{x_i + H_i} \\ du_{i2} &= e_i \cdot \frac{H_i}{x_i + H_i} \\ i &= 1 \dots n \end{aligned} \quad (10)$$

$$dw_{ij} = du_{i2} \cdot \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad i = 1 \dots n \quad (11)$$

Perbaikan pembobot Jaringan Heuristik dinyatakan dengan:

$$\begin{aligned} u_{i1(new)} &= u_{i1(old)} + du_{i1} \\ u_{i2(new)} &= u_{i2(old)} + du_{i2} \\ w_{ij(new)} &= w_{ij(old)} + dw_{ij} \\ i, j &= 1 \dots n \end{aligned} \quad (12)$$

Untuk menghentikan proses iterasi selama pelatihan, maka perlu digunakan target error yang ditetapkan mendekati nol. Proses pelatihan dihentikan jika memenuhi:

$$E < E_{target} \quad (13)$$

Performansi hasil prediksi dihitung dengan menggunakan MAPE (Mean Absolute Percentage Error) yang dinyatakan dengan:

$$\begin{aligned} APE(i) &= \frac{|y_{actual(i)} - y_{pred(i)}|}{y_{actual(i)}} \times 100\% \\ MAPE &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N APE(i) \end{aligned} \quad (14)$$

Untuk menjamin konvergensi hasil pelatihan maka rata-rata nilai input harus mendekati nol. Dalam hal ini, nilai terkecil akan bertanda negatif (-), dan nilai terbesar akan bertanda positif (+). Dapat disimpulkan bahwa jangkauan data terbaik adalah berada dalam interval $\{0 \dots 1\}$. Fungsi logistik yang mewakili interval ini adalah tangent-sigmoid yang dinyatakan dengan:

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (15)$$

Di dalam studi ini, baik data input pelatihan maupun target pelatihan dinormalisasi dengan menggunakan rumus:

$$x_n(i) = \frac{x(i)}{\max(X)} \quad (16)$$

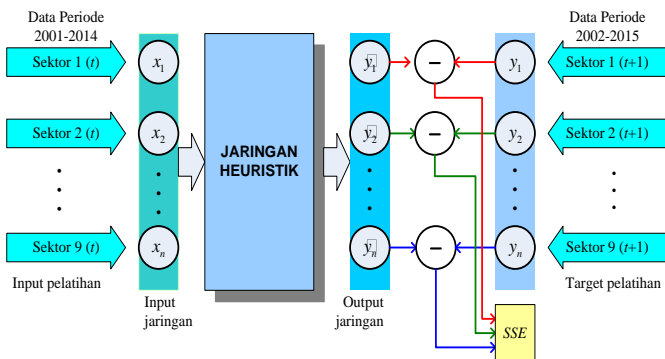
dimana $x(i)$ berada di dalam himpunan data X.

C. Implementasi Metode

Dalam penelitian ini, data persentase distribusi PDB ats Harga Berlaku menurut Lapangan Usaha periode 2001-2016 diambil dari katalog Statistik Indonesia [2-4, 23-31]. Dataset yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1. Data tahun 2001-2014 digunakan sebagai data input pelatihan, sedangkan data dari tahun 2002-2015 digunakan sebagai target pelatihan. Data tahun 2016 digunakan sebagai data validasi hasil pelatihan.

TABLE I. TABEL DATA PELATIHAN (PERSENTASE DISTRIBUSI PDB ATAS HARGA BERLAKU MENURUT LAPANGAN USAHA PERIODE 2001-2016)

Year	Pertanian, peternakan, kehutanan, perikanan	Pertambangan dan penggalian	Industri pengolahan	Listrik, Gas & Air Bersih	Konstruksi	Perdagangan, Hotel, & Restaurant	Transportasi & Komunikasi	Keuangan, Real Estat, dan Jasa Perusahaan	Jasa-jasa	Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2001	15.63	10.81	30.07	0.64	5.30	15.90	4.59	8.02	9.04	100.00
2002	15.46	8.83	28.72	0.84	6.07	17.14	5.38	8.48	9.08	100.00
2003	15.19	8.32	28.25	0.95	6.22	16.64	5.91	8.64	9.88	100.00
2004	14.34	8.94	28.07	1.03	6.59	16.05	6.20	8.47	10.31	100.00
2005	13.13	11.14	27.41	0.96	7.03	15.56	6.51	8.30	9.96	100.00
2006	12.97	10.98	27.54	0.91	7.52	15.02	6.93	8.06	10.07	100.00
2007	13.71	11.17	27.06	0.88	7.73	14.92	6.69	7.73	10.11	100.00
2008	14.40	10.97	27.87	0.82	8.46	13.97	6.31	7.43	9.77	100.00
2009	15.29	10.54	26.38	0.83	9.89	13.37	6.28	7.20	10.22	100.00
2010	15.29	11.16	24.80	0.76	10.25	13.69	6.56	7.24	10.25	100.00
2011	13.51	11.81	21.76	1.25	9.09	13.60	7.13	9.11	12.74	100.00
2012	13.37	11.61	21.45	1.19	9.35	13.21	7.24	9.41	13.17	100.00
2013	13.36	11.01	21.03	1.11	9.49	13.21	7.50	9.68	13.61	100.00
2014	13.34	9.83	21.08	1.16	9.86	13.43	7.92	9.69	13.69	100.00
2015	13.49	7.65	20.97	1.21	10.21	13.31	8.54	9.83	14.79	100.00
2016	13.45	7.21	20.51	1.22	10.38	13.19	8.84	9.93	15.27	100.00



Gambar. 4. Jaringan Heuristik Model MIMO yang direncanakan

Karena yang diprediksi adalah persentase distribusi PDB per sektor, maka akan terdapat 9 input dan output. Sebelum digunakan, data pelatihan perlu dinormalisasi dengan menggunakan (16). Oleh karena pendekatan heuristik yang digunakan di dalam studi ini adalah perbaikan pembobot jaringan dilakukan dengan cara membagi error jaringan

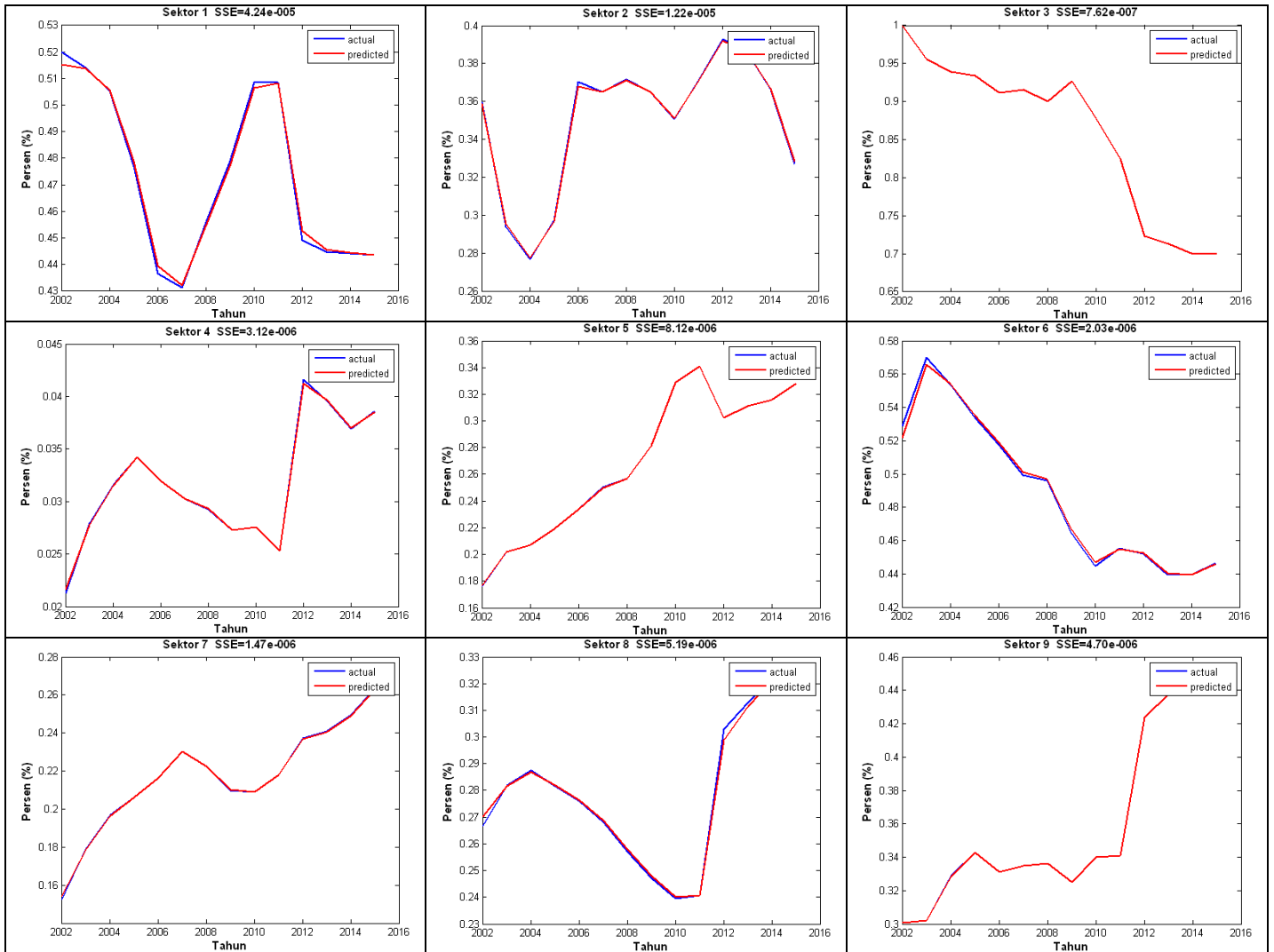
berdasarkan proporsi pembobotnya, maka inialisasi pembobot ($W_{diag=0}$, $u_{(n1,1)}$, dan $u_{(n2,1)}$) diberi nilai yang sama. Eksperimen juga dilakukan dengan menggunakan variasi nilai awal untuk membandingkan performansi hasilnya.

Jaringan Heuristik yang digunakan di dalam studi ini ditunjukkan dalam Gambar 4.

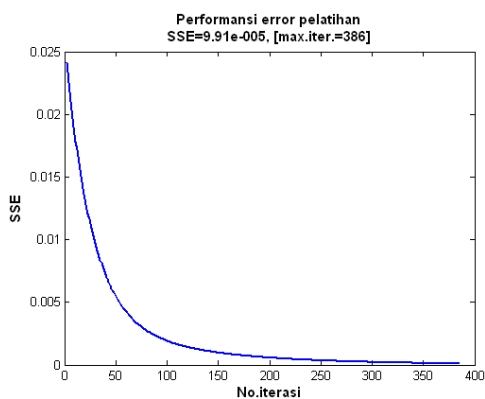
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengimplementasikan Jaringan Heuristik yang dimaksud, digunakan perangkat lunak MATLAB. Dengan

menggunakan target error $E_{target} = 10^{-4}$ dan semua pembobot diberi nilai awal = 1, maka setelah proses pelatihan diperoleh hasil pelatihan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5. Performansi error pelatihan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6.



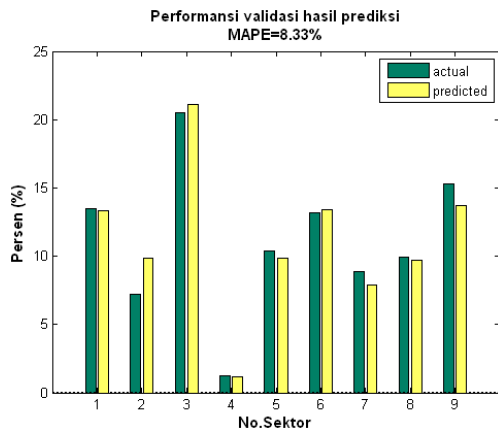
Gambar. 5. Hasil pelatihan Jaringan Heuristik



Gambar. 6. Performansi hasil pelatihan

Jaringan Heuristik yang telah dilatih kemudian digunakan untuk memprediksi seluruh sektor di tahun 2016 dengan menggunakan data tahun 2015 sebagai input jaringan. Hasil prediksi kemudian divalidasi dengan menggunakan data tahun 2016, dengan hasil validasi seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 7 dan Tabel 2.

Dari Gambar 6 diperoleh bahwa performansi akhir dari error pelatihan adalah 9.91×10^{-5} dari target error = 10^{-4} yang direncanakan, dan dicapai pada iterasi ke 386.



Gambar. 7. Hasil validasi

TABLE II. VALIDASI HASIL PREDIKSI TAHUN 2016

Sector	Aktual (%)	Prediksi (%)	APE (%)
1	13.4500	13.3404	0.8148
2	7.2100	9.8371	36.4365
3	20.5100	21.0800	2.7791
4	1.2200	1.1600	4.9211
5	10.3800	9.8599	5.0105
6	13.1900	13.4269	1.7963
7	8.8400	7.9190	10.4181
8	9.9300	9.6891	2.4257
9	15.2700	13.6899	10.3475
Total		100.0024	
MAPE (%)			8.3277

Dari Tabel 2 diperoleh hasil validasi atas prediksi di tahun 2016 dengan MAPE = 8.33%. Total persentase distribusi PDB adalah 100%, sedangkan dari hasil prediksi adalah 100.0024%. Kesalahan atas total persentase distribusi PDB adalah:

$$APE = \frac{|100 - 100.0024|}{100} \times 100\% = 0.0024\%$$

Untuk menguji performansi Jaringan Heuristik terhadap variasi inisialisasi pembobot maka dilakukan eksperimen dengan hasil seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.

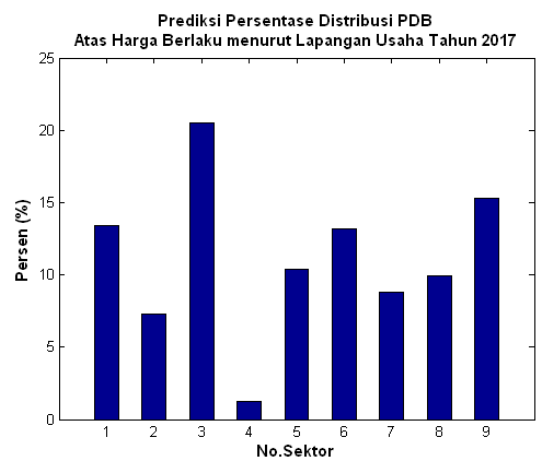
TABLE III. PERFORMANSI JARINGAN HEURISTIK DENGAN VARIASI NILAI PEMBOBOT AWAL

No	Pembobot awal	SSE Pelatihan	Maks. iterasi	MAPE validasi (%)	APE total persentase distribusi PDB (%)
1	2.0000	9.9972E-05	1682	8.3086	0.0009
2	1.0000	9.9115E-05	386	8.3277	0.0024
3	0.5000	9.9662E-05	477	8.3518	0.0023

4	0.1000	9.9994E-05	352	8.7259	0.0420
5	0.0500	9.9518E-05	315	8.9103	0.0599
6	0.0100	9.9388E-05	161	9.1448	0.1256
7	0.0050	9.9362E-05	110	9.1735	0.1262
8	0.0010	9.9384E-05	42	9.1741	0.1962

Dari Tabel 3 dapat diperoleh bahwa semakin kecil nilai pembobot awal, jaringan akan semakin cepat menuju target error walau dengan MAPE validasi dan APE total persentase distribusi PDB yang semakin besar. Akan tetapi untuk kebutuhan prediksi PDB, kesalahan prediksi di bawah 10% dapat dianggap sudah cukup baik.

Dengan menggunakan inisialisasi nilai awal pembobot = 1 pada Jaringan Heuristik, maka diperoleh hasil prediksi persentase distribusi PDB atas Harga Berlaku menurut Lapangan Usaha seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 8 dan Tabel 4.



Gambar. 8. Hasil prediksi tahun 2017

TABLE IV. HASIL PREDIKSI TAHUN 2017

Sektor	2016	Prediksi 2017	Pertumbuhan (%)
1	13.4500	13.4437	0.0471
2	7.2100	7.3001	1.2493
3	20.5100	20.5101	0.0006
4	1.2200	1.2188	0.0961
5	10.3800	10.3792	0.0076
6	13.1900	13.2066	0.1255
7	8.8400	8.8274	0.1423
8	9.9300	9.9134	0.1673
9	15.2700	15.2670	0.0195
Total	100.0000	100.0663	
Rata-rata pertumbuhan (%)			0.2061

Dari Tabel 4 diperoleh bahwa di tahun 2017 diprediksi distribusi PDB atas Harga Berlaku menurut Lapangan Usaha mengalami pertumbuhan sebesar 0.21%.

IV. KESIMPULAN

Hasil studi ini menunjukkan bahwa Jaringan Heuristik telah mampu diterapkan sebagai metode prediksi yang optimal, terbukti dengan cepatnya proses komputasi dan hasil yang signifikan dengan kesalahan prediksi yang dapat diterima. Inisialisasi pembobot awal sangat menentukan kecepatan proses pelatihan dan akurasi hasil prediksi, dimana kedua variabel ini adalah berbanding terbalik. Hasil peramalan persentase distribusi PDB di tahun 2017 menunjukkan adanya pertumbuhan sebesar 0.21%. Hasil ini masih perlu divalidasi setelah diterbitkannya katalog Statistik Indonesia tahun 2018.

Penelitian berikutnya, Jaringan Heuristik akan diuji performansinya pada kasus prediksi dan peramalan yang menggunakan data time series multivariate, kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan metode-metode yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pusat Penelitian Komputasi Modern, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Samarinda karena telah memberikan semua dukungan mereka selama proses penyelesaian studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Vrbka, "Predicting Future GDP Development by Means of Artificial Intelligence," *Littera Scripta [online]*, vol. 9, no. 3, pp. 154-167, 2016.
- [2] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2005/2006," 06300.0613, B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2006.
- [3] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2009," 07330.0913, B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2009.
- [4] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2015," B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2015, p. 670.
- [5] T. Wang, "Forecast of Economic Growth by Time Series and Scenario Planning Method—A Case Study of Shenzhen," *Modern Economy*, vol. 07, no. 02, pp. 212-222, 2016.
- [6] S. Saeed, L. Hussain, I. A. Awan *et al.*, "Comparative Analysis of different Statistical Methods for Prediction of PM_{2.5} and PM₁₀ Concentrations in Advance for Several Hours," *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, vol. 17, no. 11, (2017).
- [7] K. Kwon, W.-S. Cho, and J. Na, "ARIMAX and ARX Models with Social Media Information to Predict Unemployment Rate," *Journal of Advanced Management Science*, pp. 401-404, 2016.
- [8] A. A. Abdurehman, and S. Hacilar, "The Relationship between Exchange Rate and Inflation: An Empirical Study of Turkey," *International Journal of Economics and Financial Issues (IJEFI)*, vol. 6, no. 4, pp. 1454-459, 2016.
- [9] B. Al-hnaity, and M. Abbod, "Predicting Financial Time Series Data Using Hybrid Model," *Intelligent Systems and Applications*, 650, 2016].
- [10] N. Buduma, *Fundamentals of Deep Learning - Designing Next Generation Artificial Intelligence Algorithms*, First Edition ed., United States of America: O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472, 2015.
- [11] A. Camara, W. Feixing, and L. Xiuqin, "Energy Consumption Forecasting Using Seasonal ARIMA with Artificial Neural Networks Models," *International Journal of Business and Management*, vol. 11, no. 5, pp. 231, 2016.
- [12] A. Dingli, and K. S. Fournier, "Financial Time Series Forecasting - A Machine Learning Approach," *Machine Learning and Applications: An International Journal*, vol. 4, no. 1/2/3, pp. 11-27, 2017.
- [13] E. U. A. Gaffar, "Prediction of Regional Economic Growth in East Kalimantan using Genetic Algorithm," *International Journal of Computing and Informatics (IJCANDI)* vol. 1, no. 2, pp. 58-67 May, 2016, 2016.
- [14] S. R. Y. Mayankumar B Patel, "Stock Price Prediction Using Artificial Neural Network," *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, (An ISO 3297: 2007 Certified Organization), vol. 3, no. 6, June, 2014, 2014.
- [15] X.-N. Mergani Khairalla, Nashat T. AL-Jallad, "Hybrid Forecasting Scheme for Financial Time-Series Data using Neural Network and Statistical Methods," *(IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 8, no. 9, 2017.
- [16] A. R. A. Murillo, "Short-Term Forecasting of Financial Time Series with Deep Neural Networks," Faculty of Engineering, Department of Systems and Industrial Engineering, Universidad Nacional de Colombia, 2016.
- [17] L. Magnani, *Heuristic Reasoning*: Springer International Publishing Switzerland, 2015.
- [18] C. Mira, P. Feijao, M. A. Souza *et al.*, "A GRASP-based heuristic for the Project Portfolio Selection Problem." pp. 36-41.
- [19] M. B. Ridha, "The Role of Heuristic Methods as a Decision-Making Tool in Aggregate Production Planning," *International Journal of Business Administration*, vol. 6, no. 2, 2015.
- [20] I. Sendiña-Nadal, P. Wang, L.-J. Zhang *et al.*, "Heuristic Strategies for Persuader Selection in Contagions on Complex Networks," *Plos One*, vol. 12, no. 1, pp. e0169771, 2017.
- [21] C. Thirumalai, K. S. Harsha, M. L. Deepak *et al.*, "Heuristic prediction of rainfall using machine learning techniques," pp. 1114-1117, 2017.
- [22] G. d. Tollo, "Hybrid Metaheuristic for Portfolio Selection: Comparison with an exact solver and search space analysis," vol. 5, pp. 579-588, 2015.
- [23] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2007," 06300.0708, B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2007.
- [24] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2008," 07330.012, B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2008.
- [25] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2010," B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2010.
- [26] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2011," 07330.1111, B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2011.
- [27] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2012," 07330.1212, B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2012.
- [28] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2013," 07330.1306, B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2013.
- [29] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2014," 07330.1406, B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2014.
- [30] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2016," 03220.1610, B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2016.
- [31] B.-S. Indonesia, "Statistical Yearbook of Indonesia 2017," 03220.1709, B.-S. Indonesia, ed., BPS - Statistics Indonesia, 2017.

