

**PREDIKSI LUAS PANEN DAN PRODUKSI PADI DI KABUPATEN BANYUMAS
MENGUNAKAN METODE ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM
(ANFIS)**

Supriyanto¹, Sudjono², Desty Rakhmawati³

(^{1,2}UNSOED Purwokerto, ³STMIK AMIKOM Purwokerto)

Abstrak

Nilai perkiraan produksi padi digunakan untuk mendukung kebijakan pemerintah dalam penanganan isu ketahanan pangan nasional. Selama ini perkiraan produksi padi nasional ditentukan melalui peramalan luas panen dan produktivitas padi yang sering dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS). Tujuan penelitian ini adalah menentukan perkiraan luas panen dan produksi padi di wilayah Banyumas untuk tahun 2011 dan 2012 menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). Data yang digunakan adalah data luas panen dan produksi padi sawah di Kabupaten Banyumas dalam kurun waktu tahun 2001 – 2010. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkiraan luas panen dan produksi untuk tahun 2011 dan 2012 adalah 263.619 dan 64.799 hektare dan 314.913 dan 326.839 ton. Tingkat akurasi peramalan yang dihasilkan dengan kriteria Mean Absolute Percentage Error (MAPE), sebesar 3,122 %.

Kata Kunci: peramalan, ANFIS, MAPE, luas panen, produksi padi.

I. PENDAHULUAN

Produksi pertanian, khususnya padi, di Banyumas sangat rentan terhadap perubahan iklim. Ketergantungan terhadap kondisi alam ditunjukkan oleh terkonsentrasinya periode tanam sehingga, dan sebagai konsekuensinya, periode panen yang sebagian besar terkonsentrasi pada bulan Januari sampai April. Pada periode tersebut lebih dari 60% produksi tahun yang bersangkutan dihasilkan. Selama beberapa puluh tahun ini, teknologi telah mampu menggeser puncak panen, dari satu titik puncak panen (panen raya) pada periode sebelum tahun 1980-an menjadi dua titik panen raya pada periode setelahnya, yaitu pada bulan Juli-Agustus, meskipun dengan jumlah yang relatif lebih sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi telah mampu memanfaatkan alam secara lebih maksimal.

Tentunya perlu studi awal untuk memahami karakteristik ketersediaan beras di Banyumas sebagai bagian dari ketahanan pangan yang dicanangkan pemerintah pusat. Penelitian ini mencoba memberikan kontribusi sebagai bahan referensi kebijakan. Spesifikasi dan estimasi model ekonometri menjadi tantangan yang cukup berarti

terutama ketika format fungsionalnya gagal menggambarkan perilaku ekonomi. Setiap kesalahan spesifikasi dari format fungsional model ekonometri akan menimbulkan konsekuensi serius pada kesimpulan statistiknya. Masih terdapat tantangan untuk menemukan pendekatan baru bagi formulasi dan estimasi pemodelan ekonometri agar didapatkan fleksibilitas yang tinggi pada formulasi fungsionalnya; meminimiliasi asumsi parametrik; Performansi yang baik untuk jumlah data baik sedikit maupun banyak; serta kemungkinan perhitungan komputasi untuk jumlah variabel penjelas yang besar (Giles, 2001).

Aryani (2010), Rakhmawati (2010) dan Wijaya (2012) mengungkapkan metode ANFIS memberikan nilai MAPE dan MSE yang kecil jika dibandingkan dengan metode *exponential smoothing* dalam permasalahan peramalan. Hal ini sangat menarik untuk dilakukan, karena selama ini Badan Pusat Statistik (BPS) dalam melakukan peramalan ketersediaan beras sering menggunakan teknik peramalan tidak langsung, yaitu peramalan produksi padi melalui peramalan luas panen dan produktivitas padi.

II. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang dihimpun dari Badan Pusat Statistik Banyumas dan Dinas Pertanian, Perkebunan dan Kehutanan Banyumas tentang luas panen dan produksi padi sawah tahun 2001 – 2010 seperti yang tertera dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Luas panen dan produksi padi di Kabupaten Banyumas 1999 – 2010

No.	Tahun	Luas panen	Produksi
1	2001	64.389	321.076
2	2002	66.368	331.456
3	2003	65.439	322.209
4	2004	64.772	285.850
5	2005	64.209	302.912
6	2006	63.441	298.789
7	2007	61.763	314.613
8	2008	62.329	337.366
9	2009	62.899	355.048
10	2010	68.860	389.044

Prosedur peramalan dilakukan berdasarkan langkah-langkah berikut (Rakhmawati, 2010):

1. Melakukan proses fuzzyfikasi pada data *input*.
2. Tentukan fungsi keanggotaan fuzzy. Dalam permasalahan ini yang diambil adalah fungsi representasi linier naik,
3. Melakukan *evaluation rule* untuk melakukan proses perhitungan selanjutnya. Pada proses ini dilakukan dengan menggunakan metode algoritma *backpropagation*.
4. Melakukan proses defuzzyfikasi dari hasil ramalan, yaitu perhitungan mentransformasikan hasil *evaluation rule* kebentuk keluaran klasik,
5. Interpretasi hasil peramalan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses fuzzyfikasi pada *input* data dilakukan dengan menggunakan perhitungan fungsi keanggotaan fuzzy untuk mentransformasi masukan himpunan klasik (data yang dipakai) ke nilai keanggotaan fuzzy. Fungsi pendekatan yang digunakan adalah fungsi representasi linier (Rakhmawati, 2010).

Perhitungan proses fuzzyfikasi dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Office Excel 2007*. Hasil fuzzyfikasi total luas panen dan produksi padi masing-masing tahun pengamatan seperti pada Tabel 2.

Nilai dari data luas panen dan produksi padi hasil fuzzyfikasi tahun mendatang diramalkan berdasarkan jumlah produksi beras empat tahun sebelumnya, sehingga jumlah unit *input* yang digunakan dalam jaringan pada algoritma *backpropagation* sebanyak empat unit, sebagai targetnya diambil tahun pertama setelah periode berakhir. Arsitektur jaringan terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan *input*, lapisan *hidden*, dan lapisan *output*. *Input backpropagation* yang dipakai terdiri dari empat unit *input* dan satu unit *output* serta digunakan satu lapisan *hidden* yang terdiri dari beberapa unit *hidden*.

Tabel 2. Hasil Fuzzifikasi Menggunakan Fungsi Representasi Linier Naik

No.	Tahun	Fuzzifikasi	
		Luas Panen	Produksi
1	2001	0.3700155	0.341357056
2	2002	0.648865718	0.441944299
3	2003	0.517965337	0.352336376
4	2004	0.423981964	0
5	2005	0.34465267	0.16533907
6	2006	0.236437932	0.125385197
7	2007	0	0.278727445
8	2008	0.079752008	0.499215071
9	2009	0.160067634	0.670562242
10	2010	1	1

Data luas panen dan produksi padi hasil fuzzifikasi dibentuk menjadi beberapa pola yang dibagi menjadi dua himpunan pola yaitu pola pelatihan dan pola *testing*. Pola pelatihan digunakan untuk mencari bobot yang optimal yaitu yang memiliki nilai *error* minimal dan nantinya digunakan pada saat *testing*. Untuk membentuk pola pelatihan dan pola *testing* digunakan data hasil fuzzifikasi sebanyak empat tahun sebagai unit *input* dan sebagai targetnya adalah data hasil fuzzifikasi setelah periode berakhir.

Tabel 2 digunakan untuk menentukan pola training dan testing. Pola training dan testing yang dihasilkan sebanyak enam pola data, seperti dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Pola Training dan Pola *Testing* untuk Peramalan Luas Panen

No.	x_1	x_2	x_3	x_4	Y
1	0.3700155	0.648865718	0.517965337	0.423981964	0.34465267
2	0.648865718	0.517965337	0.423981964	0.34465267	0.236437932
3	0.517965337	0.423981964	0.34465267	0.236437932	0
4	0.423981964	0.34465267	0.236437932	0	0.079752008
5	0.34465267	0.236437932	0	0.079752008	0.160067634
6	0.236437932	0	0.079752008	0.160067634	1

Tabel 4. Pola Training dan Pola *Testing* untuk Peramalan Produksi Padi

No.	x_1	x_2	x_3	x_4	Y
1	0.341357056	0.441944299	0.352336376	0	0.16533907
2	0.441944299	0.352336376	0	0.16533907	0.125385197
3	0.352336376	0	0.16533907	0.125385197	0.278727445
4	0	0.16533907	0.125385197	0.278727445	0.499215071
5	0.16533907	0.125385197	0.278727445	0.499215071	0.670562242
6	0.125385197	0.278727445	0.499215071	0.670562242	1

Pola data yang digunakan untuk pelatihan sebanyak empat pola data (pola data No. 1 sampai 4) dan dua pola data yang lain (pola data No. 5 dan 6) digunakan untuk pengujian model yaitu untuk *testing*.

Arsitektur jaringan pada algoritma *backpropagation* terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan *input*, lapisan *hidden*, dan lapisan *output*. *Input backpropagation* yang dipakai terdiri dari empat unit *input* dan satu unit *output* serta digunakan satu lapisan *hidden* yang terdiri dari beberapa unit *hidden*.

Pemilihan banyak unit *hidden* sulit ditentukan. Jika digunakan arsitektur jaringan yang terdiri dari 4 unit *input*, 1 unit *output*, dan 9 unit *hidden* maka bentuk simbolnya adalah (4-9-1) artinya 4 unit *input*, 9 unit *hidden*, 1 unit *output*.

Proses pelatihan pada algoritma *backpropagation* untuk data jumlah produksi beras dilakukan dengan menggunakan jumlah unit *input* sebanyak 4 unit serta jumlah unit *output* sebanyak 1 unit. Batas *epoch* sebanyak 3000. Untuk nilai momentum dan nilai *learning rate* yang tetap yaitu nilai momentum sebesar 0,9 dan nilai *learning rate* sebesar 0,01 serta jumlah unit *hidden* yang bervariasi yang akan dicoba-coba, untuk didapatkan hasil yang baik atau hasil yang optimal. Hasil algoritma *backpropagation* yang baik dapat dilihat berdasarkan ukuran ketepatan peramalan.

Ukuran ketepatan untuk pelatihan yang digunakan dalam algoritma *backpropagation* adalah MSE (*Mean Square Error*). Model yang baik dapat dilihat dari nilai MSE pelatihan yang kecil. Tabel 5 merupakan hasil MSE dari proses

pelatihan dan *testing* dengan menggunakan *learning rate* sebesar 0,01 dan momentum sebesar 0,9 serta unit *hidden* sebanyak 6 sampai 10 unit *hidden*.

Tabel 5 terlihat bahwa nilai MSE pelatihan yang paling kecil adalah untuk unit *hidden* sebanyak 9 dibandingkan dengan banyak unit *hidden* yang lainnya. Untuk memperoleh model dari algoritma *backpropagation* yang optimal dan digunakan untuk peramalan adalah dengan penggunaan 9 buah unit *hidden*, 4 buah unit *input* dan 1 buah unit *output*.

Tabel 5. Hasil MSE Pelatihan dan MSE *Testing* Menggunakan *Learning Rate* 0,01 dan Momentum 0,9 untuk peramalan luas panen

Unit <i>Hidden</i>	MSE untuk Luas Panen		MSE untuk Produksi	
	<i>Training</i>	<i>Testing</i>	<i>Training</i>	<i>Testing</i>
6	0,0128501	0,0123917	0,0110928	0,0112901
7	0,0139710	0,0138127	0,0122987	0,0231871
8	0,0121812	0,0126190	0,0128621	0,0125523
9	0,0017016	0,0016196	0,0017539	0,0012147
10	0,0132901	0,0101893	0,0128228	0,0126712

Bobot bias pada unit *output* adalah sebesar 0.3301. Bobot dari unit *hidden* z_1 ke unit *output* adalah 1,22198. Bobot dari unit *hidden* z_2 ke unit *output* adalah 0,3309. Bobot dari unit *hidden* z_3 menuju ke unit *output* adalah -0,161091 demikian seterusnya sampai bobot dari unit *hidden* z_9 ke unit *output* adalah -0,22101. Bobot yang diperoleh dari proses pelatihan ini kemudian digunakan untuk menghitung *output* jaringan dan digunakan untuk peramalan luas panen dan produksi padi.

Bobot yang optimal pada proses pelatihan yang diperoleh adalah yang menggunakan unit *hidden* sebanyak 9 unit. Proses pelatihan digunakan untuk mencari bobot yang optimal yang nantinya digunakan untuk prediksi. Proses *testing* digunakan untuk menguji model yang diperoleh dari proses pelatihan yaitu berupa bobot yang optimal. Untuk menguji model yang terbentuk, selanjutnya dilakukan *testing* dengan menggunakan data baru yang tidak termasuk dalam data pelatihan, akan tetapi menggunakan data pola *testing* dengan menggunakan nilai MSE.

Nilai MSE *testing* hasil dari program pada algoritma *backpropagation* dengan perhitungan secara manual dengan menggunakan *Microsoft Office Excel* 2007 adalah

relatif sama yaitu sekitar 0,12912. Jadi proses *testing* yang dilakukan dengan menggunakan program backpropagation adalah benar.

Arsitektur jaringan (4-9-1) yaitu arsitektur jaringan yang terdiri dari 4 unit *input*, 9 unit *hidden* dan 1 unit *output*, dengan menggunakan nilai *learning rate* 0,01 dan momentum 0,9 merupakan arsitektur yang menghasilkan nilai MSE pelatihan dan *testing* terkecil. Model yang dihasilkan menggunakan arsitektur jaringan (4-9-1) yang digunakan untuk meramalkan data jumlah produksi beras pada dua tahun mendatang berdasarkan data produksi beras 4 tahun sebelumnya.

Setelah diperoleh model jaringan berupa bobot yang optimal untuk data jumlah produksi beras yang sudah difuzzyfikasi, bobot tersebut dapat digunakan untuk meramalkan data jumlah produksi beras tersebut pada periode $(t+1)$, dan diperlukan data jumlah produksi beras 4 tahun sebelumnya. Unit *input* (x) dan *output* jaringannya (y) adalah sebagai berikut

- x_1 : data tahun $(t-3)$,
- x_2 : data tahun $(t-2)$,
- x_3 : data tahun $(t-1)$,
- x_4 : data tahun (t) ,
- y : data tahun $(t+1)$.

Program yang digunakan untuk meramalkan data jumlah produksi beras hasil fuzzyfikasi pada periode data yang diambil 1 tahun yaitu untuk peramalan tahun 2011 dan 2012 adalah Matlab 6.1. Hasil peramalan untuk data total luas panen dan produksi padi yang sudah difuzzyfikasikan dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 terlihat nilai *output* adalah nilai yang dihasilkan dari algoritma *backpropagation* dengan data *input* untuk algoritma *backpropagation* adalah data yang sudah difuzzyfikasi, oleh karena itu *output* ramalan dari program peramalan di atas yaitu pada kolom *Fuzzy* harus didefuzzyfikasi dan dihasilkan *output* yang baru yaitu pada kolom *perkiraan*.

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa *output* program dari algoritma *backpropagation* dengan arsitektur jaringan (4-9-1) yang diperoleh dapat digunakan untuk meramalkan luas panen dan produksi padi dua periode yang akan datang. Hasil peramalan luas panen dan produksi padi pada tahun 2011 dan 2012 dengan

menggunakan arsitektur jaringan (4-9-1) adalah sebesar 263.619 dan 64.799 hektare dan 314.913 dan 326.839 ton.

Tabel 6. *Output* Peramalan Luas Panen dan Produksi Padi

Tahun ramalan	x_1	x_2	x_3	x_4	Luas panen		Produksi	
					Fuzzy	perkiraan	Fuzzy	perkiraan
2011	0,9871	0,8986	0,8271	0,0511	0.26148	63619	0.28163	314913
2012	0,9768	0,8230	0,8473	0,0628	0.42781	64799	0.3972	326839

Dari Tabel 6 dan data asli dapat dilihat nilai peramalan dari periode ke-2 sampai ke-12. Untuk ramalan tahun pertama (2001) nilainya tidak dapat dicari, karena tidak tersedia data untuk periode ke-0 ($t=0$). Setelah diperoleh nilai ramalannya, dihitung nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Hasil perhitungan nilai MAPE menurut Ariyani (2010) dan Wijaya (2010) adalah seperti pada Tabel 7.

Dari Tabel 7 di atas, diperoleh MAPE terkecil adalah 0,03122 untuk $\alpha=0,3$ artinya peramalan terbaik adalah dengan menggunakan $\alpha = 0,3$ karena paling kecil dibandingkan dengan nilai-nilai MAPE lainnya.

Tabel 7. Nilai-nilai MAPE

Periode	MAPE				
	$\alpha=0,1$	$\alpha=0,2$	$\alpha=0,3$	$\alpha=0,4$	$\alpha=0,5$
1	-	-	-	-	-
2	0.0187	0.0187	0.0187	0.0187	0.0187
3	0.02855	0.03992	0.0113	0.02268	0.02406
4	0.01244	0.0254	0.0294	0.0202	0.05568
5	0.01584	0.0871	0.0103	0.0307	0.0317
6	0.0383	0.02404	0.01816	0.02417	0.01346
7	0.04898	0.02597	0.0187	0.01484	0.02961
8	0.02648	0.02637	0.02323	0.0205	0.01772
9	0.09049	0.0896	0.06796	0.0886	0.05691
10	0.09656	0.08503	0.07998	0.06903	0.07805
11	0.04056	0.0642	0.05403	1.01017	0.01455
12	0.00989	0.0669	0.01169	0.01984	0.03261

Jumlah	0.42679	0.48903	0.34345	1.33943	0.37305
Rata-Rata	0.0388	0.04446	0.03122	0.12177	0.03391

KESIMPULAN DAN SARAN

Arsitektur yang digunakan pada peramalan untuk data produksi beras adalah (4-9-1) artinya 4 unit pada lapisan *input*, 9 unit pada lapisan *hidden* dan 1 unit pada lapisan *output*. Hasil ramalan untuk periode 1 tahun mendatang yang diperoleh lalu di defuzzifikasi untuk mendapatkan hasil ramalan. Hasil peramalan luas panen dan produksi padi pada tahun 2011 dan 2012 dengan menggunakan arsitektur jaringan (4-9-1) adalah sebesar 263.619 dan 64.799 hektare dan 314.913 dan 326.839 ton. Tingkat akurasi peramalan yang dihasilkan dengan kriteria MAPE, sebesar 3,122 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Amang, B dan Husein Sawit, M. 2001, *Kebijakan Beras dan Pangan Nasional: Pelajaran dari Orde Baru dan Orde Reformasi, (Edisi kedua)*, IPB Press: Bogor.
<http://www.perberasan.ket/InvSlides.html>
- Aryani, EA., 2010, *Analisis Perbandingan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) dengan Metode Exponential Smoothing untuk Peramalan Data Time Series*, Skripsi, fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto
- Eliyani. 2007. *Peramalan Harga Saham Perusahaan Menggunakan Artificial Neural Network Dan Akaike Information Criterion*. Gresik: Universitas Muhammadiyah Gresik
- Hartati, S dan Kusumadewi, Sri. 2006. *NEURO FUZZY: Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Kusumadewi, S. 2003, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Makridakis, S., S.C Wheelwright dan V.E. McGee, 1992. *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga.
- Mitsubishi, T., N. Endon, dan Y. Shidama, 2002, *The Concept of Fuzzy Set and Membership Function and Basic Properties of Fuzzy Set Operation*, *Journal of Formalized Mathematics 1*, <http://www.Mizar.org/JKM/vol12/Fuzzy-1.html>. diakses tanggal 30 Oktober 2009.
- Novianti, Ari. (2007). *Metode Artificial Neural Network Menggunakan Algoritma Backpropagation*. Skripsi. Purwokerto: Jurusan MIPA, Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman.

- Purnomo, Hari & Kusumadewi, Sri. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rakhmawati, D., 2010, *Estimasi Jumlah Produksi Beras Menggunakan Algoritma Backpropagation pada Metode Algoritma Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Sistem (ANFIS)*, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto
- Siang, JJ. 2005. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan MATLAB*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Supranto, J. 1993. *Metode Peramalan Kuantitatif untuk Perencanaan Ekonomi dan Bisnis*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Welstead, T Stephen. 1994. *Neural Network and Fuzzy Logic Application in C/C++* . John Willey Sons, inc : New York.
- Wijaya, A, 2012, *Peramalan Produksi Padi dengan ARIMA, Fungsi Transfer dan Adaptive neuro Fuzzy Inference System*, Thesis, Institut Sepuluh Nopember Surabaya