

## APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN BERBASIS RADIAL UNTUK MENENTUKAN PREDIKSI WAKTU PENGERINGAN GABAH PADA PENGERING RADIASI INFRA MERAH

Muhammad Nizam<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Staf Pengajar - Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik UNS

---

### **Keywords :**

Artificial neural network  
RBF  
Backpropagation  
Prediction  
Drying time

### **Abstract :**

The aim of this research is for predicting the time of drying on infrared radiation dryer by using artificial neural network with Radial Base Function (RBF) Algorithm. The RBF neural network was created and trained by using set of data that are taken from actual measurement. The parameters are used on network training namely radiation intensity on preheating and main heating stage, variety input power of the infra red on preheating and main heating stage, kinds of reflector on main heating stage and thickness of paddy for determining drying time. There were 36 variations data, includes 26 data are taken as training data for the net to learn. The rest data will be taken as test data for the net. Results showed that prediction data were closed to actual results. The MSE for the drying time prediction for training and testing average by using RBF showed 0.0003 % and 2.62% respectively compare to backpropagation 1.064% and 6.595% respectively. For the computation time showed RBF was faster than backpropagation. The time computation results for RBF and backpropagation achieved 0.511 sec and 28 sec respectively. From above result, it can be concluded that RBF is very fast and accurate for predicting drying time on infra red radiation dryer model compare to backpropagation.

---

### **PENDAHULUAN**

Perkembangan sistem komputerisasi khususnya pada sistem kecerdasan buatan terutama dalam bidang kecerdasan buatan berkembang sangat cepat. Aplikasinya pun telah merambah di semua bidang dari kedokteran, teknik hingga ekonomi. Keadaan ini dipengaruhi karena keinginan akan analisis yang cepat dan akurat dari suatu keadaan yang kompleks, misalnya pada bidang kedokteran.

Di bidang teknik, penggunaan kecerdasan buatan banyak dipakai untuk analisis peramalan. Teknik yang sering digunakan adalah teknik jaringan syaraf tiruan (JST). Di bidang energi misalnya teknik JST ini telah sukses dimanfaatkan untuk memprediksi penggunaan energi dan mengurangi beban biaya produksi energi. Selain itu aplikasi jaringan syaraf tiruan untuk prediksi kebisingan di auditorium juga telah dilakukan untuk mencapai kondisi kenyamanan yang diinginkan. Arsitektur JST yang sederhana dengan satu lapisan tersembunyi dapat memprediksi penggunaan listrik di supermarket dengan akurasi yang beralasan. Model untuk memprediksi diagram TTT (*time-temperature-transformation*) untuk logam campuran Titanium juga telah dirancang menggunakan jaringan syaraf tiruan [Malinov et al, 1999]. Teknologi ini telah pula dipakai untuk memprediksi pengering gabah, dengan menerapkan algoritma *backpropagation* [Adi, 2007]. Algoritma *backpropagation* sebenarnya adalah teknik yang akurat, namun demikian teknik ini memiliki

kelemahan yakni waktu *training* yang relatif lama. Oleh sebab itu penyempurnaan perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang memiliki keakuratan tinggi dengan waktu komputasi yang cepat. Beberapa teknik yang teruji mempunyai keakuratan yang tinggi dan waktu komputasi yang cepat adalah menggunakan algoritma jaringan berbasis radial (RBF).

Pengering gabah dengan radiasi infra merah adalah sebagai wujud dari pengembangan pengering buatan untuk menggantikan sistem tradisional. Proses pengeringan itu sendiri merupakan kegiatan pasca panen yang berperan penting untuk memperpanjang daya simpan, serta dapat mempertahankan daya fisiologis gabah, dan untuk memperoleh kualitas gabah yang baik. Pengering gabah radiasi infra merah dikembangkan untuk mengurangi timbulnya keretakan jika dilakukan dengan sistem yang biasa. Sistem ini bisa memberikan penanganan fisik lebih baik bagi gabah, sangat bagus untuk pengeringan skala besar dan kehilangan panas lebih rendah karena proses pengisian gabah yang kontinyu. Keuntungan yang lain tidak tergantung cuaca, kapasitas pengeringan dapat dipilih sesuai dengan keperluan, tidak memerlukan tempat yang luas, kondisi pengeringan dapat dikontrol dan memerlukan waktu yang relatif singkat [Mujumdar, 1995].

Dalam perancangan pengering sistem radiasi infra merah, waktu pengeringan diperlukan untuk

meningkatkan efisiensi waktu pengeringan. Dengan sistem prediksi ini waktu pengeringan dapat diperkirakan tanpa harus menghabiskan waktu untuk uji coba pengeringan yang memakan waktu lama. Untuk memprediksi waktu pengeringan dengan akurat dan waktu komputasi yang cepat maka algoritma RBF digunakan. Dalam penelitian ini sebagai input, keadaan pengeringan gabah jenis IR-64 dipakai dengan kondisi kering setelah panen yang berkadar air 20–25% basis basah.

**Teori Proses Pengeringan Konvensional**

Pengeringan adalah suatu metode untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan air tersebut dengan menggunakan energi panas. Biasanya kandungan air bahan yang dikeringkan tersebut dikurangi sampai suatu batas agar mikroba tidak tumbuh lagi di dalamnya [Taib,1988].

Tujuan pengeringan adalah mengurangi kadar air bahan yang dikeringkan tersebut sampai batas dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Dengan demikian bahan yang dikeringkan mempunyai waktu simpan yang lama [Taib,1988].

Proses pengeringan mempunyai dua periode utama yaitu periode pengeringan dengan laju pengeringan tetap dan periode pengeringan dengan laju pengeringan menurun. Kedua periode utama ini dibatasi oleh kadar air kritis (*critical moisture content*) [Taib,1988]. Kadar air kritis adalah kadar air terendah saat dimana laju air bebas dari dalam bahan ke permukaan sama dengan laju pengambilan uap air maksimum dari bahan. Pada biji-bijian, kadar air ketika pengeringan dimulai lebih kecil dari kadar air kritis. Dengan demikian pengeringan yang terjadi adalah pengeringan dengan laju menurun, walaupun terjadi pengeringan dengan laju tetap yang terjadi pada permulaan proses pengeringan. Perubahan dari laju pengeringan tetap menjadi laju pengeringan menurun terjadi pada berbagai tingkat kadar air yang berbeda untuk setiap bahan (Simmond et al, 1953) [Taib,1988] dengan dipengaruhi oleh keadaan bahan yaitu difusi air dari bahan ke permukaan dan pengambilan uap air dari permukaan. Laju pengeringan ini diketahui dengan mengukur kadar air awal dan mengukur kadar air setiap beberapa menit sebagaimana dirumuskan sebagai berikut [SNI,1998].

$$Rd = \frac{MC_i - MC_t}{t} \tag{1}$$

dimana :

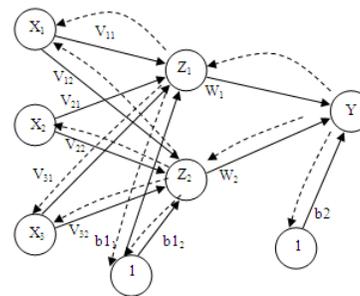
- Rd : laju pengeringan (%/menit)
- MC<sub>i</sub> : kadar air awal (%)
- MC<sub>t</sub> : kadar air saat t menit (%)

**Algoritma Propagasi Balik (Backpropagation)**

Propagasi balik (*Backpropagation*) merupakan algoritma / metode pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh *perceptron* dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot–bobot yang terhubung dengan neuron–neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya. Algoritma propagasi balik menggunakan *error* keluaran untuk mengubah nilai bobot–bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron–neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid, yaitu

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \tag{2}$$

Arsitektur jaringan *backpropagation* seperti terlihat pada Gambar 1 berikut. Kusumadewi (2006) secara lengkap menguraikan algoritma *backpropagation* ini.



Gambar 1. Arsitektur jaringan *backpropagation*

**Algoritma Fungsi Berbasis Radial**

JST yang berbasis radial biasanya membutuhkan neuron lebih banyak dibandingkan dengan jaringan *feedforward*. Jaringan ini akan lebih baik apabila diberikan data input yang diberikan cukup banyak. Input yang akan diolah oleh fungsi aktivasi bukan merupakan penjumlahan terbobot dari data input, namun berupa vektor jarak antara vektor input yang dikalikan dengan vektor jarak antara vektor bobot dan vektor input setelah dikalikan dengan bobot bias (Kusumadewi, 2004). Fungsi yang digunakan adalah:

$$\text{radbas}(n) = e^{-n^2} \tag{3}$$

Fungsi berbasis radial ini mempunyai nilai maksimum 1 apabila input yang diterima bernilai 0 (jarak antara bobot dengan input adalah 0). Sehingga apabila jarak antara bobot dengan input berkurang, maka akan memberikan output yang lebih besar, dengan fungsi aktivasi lapisan output berupa fungsi purelin. Algoritmanya diberikan sebagai berikut:

1. Cari D<sub>ij</sub> = jarak data ke-i dengan data ke-j; i,j = 1,2,3,...,Q
2. Cari a1 = hasil aktivasi dengan fungsi berbasis radial dari jarak antara data dikalikan bias a1 = e<sup>-(b1+Dij)<sup>2</sup></sup> dengan b1 =  $\frac{\sqrt{-\ln(0,5)}}{\text{Spread}}$ , yang mana *spread* adalah bilangan real positif

3. Cari bobot lapisan dengan bobot lapisan  $w_{2k}$  dan  $b_{2k}$  pada setiap  $k=1,2,\dots,S$ ; dengan menyelesaikan persamaan linear berikut.

$$a_{11}w_{2k1} + a_{12}w_{2k2} + \dots + a_{1R}w_{2kR} + b_{2k} = t_{k1}$$

$$a_{21}w_{2k1} + a_{22}w_{2k2} + \dots + a_{2R}w_{2kR} + b_{2k} = t_{k2}$$

$$\dots$$

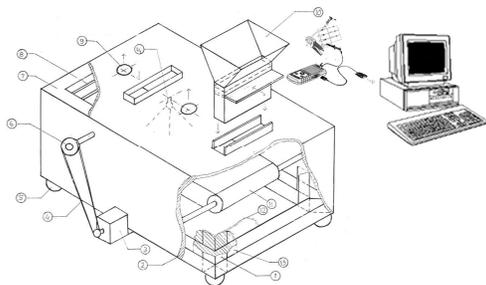
$$a_{Q1}w_{2k1} + a_{Q2}w_{2k2} + \dots + a_{QR}w_{2kR} + b_{2k} = t_{kR}$$

Untuk simulasi, output jaringan syaraf  $a_{2ki}$  pada setiap  $k = 1, 2, \dots, s$ ;  $i = 1, 2, \dots, Q$  :

$$a_{2ki} = a_{i1}w_{2k1} + a_{i2}w_{2k2} + \dots + a_{iR}w_{2kR} + b_{2k}$$

**Desain Penelitian**

Pada penelitian ini pengeringan dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama, *preheating* dilakukan dengan menurunkan kadar air gabah sampai dengan 18 %wb. Variasi percobaan dilakukan dengan memvariasikan intensitas radiasi pada 1100 W/m<sup>2</sup> dan 1300 W/m<sup>2</sup>. Pada *preheating* tidak dipasang reflektor. Temperatur ruang dikondisikan pada 60°C. Ketebalan gabah divariasikan pada 2 cm dan 2,5 cm. Tahap kedua, yaitu *mainheating* dilakukan dengan menurunkan kadar air gabah dari 18 %wb sampai dengan 14 %wb. Intensitas radiasi pada tahap ini divariasikan pada 900 W/m<sup>2</sup>, 1100 W/m<sup>2</sup> dan 1300 W/m<sup>2</sup>. Temperatur ruang dikondisikan pada 45°C. Pada *mainheating* reflektor dipasang dengan variasi tanpa reflektor, reflektor planar dan reflektor kombinasi. Skema penelitian dapat di lihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Gambar alat penelitian

Keterangan Gambar : (1) Rangka tegak, (2) Dinding luar, (3) Motor listrik penggerak, (4) Sabuk transmisi, (5) Roda pendukung, (6) Puli transmisi, (7) Rangka datar, (8) Rangka pendukung, (9) Kipas buang (*exhaust fan*), (10) Pengumpan (*hopper*), (11) Rol konveyor, (12) Dinding dalam, (13) Isolator, (14) Lampu infra merah, (15) Komputer, (16) *Power quality analyzer*

Data-data yang dicatat nantinya akan dihitung secara manual sesuai teori pengeringan yang ada untuk mendapatkan data waktu pengeringan dan prosentase beras kepala. Kemudian data-data penelitian dan data hasil perhitungan teoritis akan disusun kembali sebagai data penelitian untuk memprediksi waktu pengeringan dengan menggunakan algoritma / metode jaringan saraf tiruan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil penelitian dapat disusun tabel waktu pengeringan untuk masing-masing percobaan seperti terlihat pada Tabel 1. Dari data penurunan kadar air, maka total waktu pengeringan tiap variasi dapat dilihat. Dari Tabel 1, mengenai waktu pengeringan tiap variasi percobaan terlihat bahwa semakin tinggi intensitas radiasi mempercepat proses pengeringan. Waktu pengeringan tercepat terjadi pada proses pengeringan dengan intensitas radiasi *preheating* 1300 W/m<sup>2</sup> dan *mainheating* 1300 W/m<sup>2</sup>, daya *mainheating* dan *preheating* 0,29 kWatt, reflektor kombinasi pada ruang *mainheating*, dan ketebalan masukan gabah 20 mm. Data lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 1. Waktu pengeringan tiap variasi percobaan

Variasi Percobaan	Waktu Pengeringan (menit)	Variasi Percobaan	Waktu Pengeringan (menit)
1	180	13	150
2	170	14	150
3	160	15	140
4	160	16	130
5	150	17	120
6	140	18	110
7	160	19	130
8	150	20	120
9	140	21	120
10	140	22	110
11	130	23	100
12	120	24	100

Variasi Percobaan	Waktu Pengeringan (menit)
25	140
26	130
27	120
28	120
29	110
30	100
31	110
32	110
33	100
34	100
35	90
36	90

Dari percobaan didapatkan bahwa semakin tinggi intensitas radiasi akan mempercepat proses pengeringan. Pemakaian reflektor kombinasi juga mempercepat proses pengeringan jika dibanding dengan pengeringan tanpa reflektor maupun reflektor planar. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya mengenai pengaruh intensitas radiasi terhadap karakteristik pengeringan yang menyebutkan bahwa semakin tinggi intensitas radiasi maka laju pengeringannya juga semakin besar, intensitas yang semakin tinggi akan menyebabkan kenaikan temperatur yang semakin cepat, sehingga gradien tekanan airnya akan semakin besar. [Adi, 2007].

Selain itu, intensitas radiasi saat pengeringan relatif meningkat pada pengeringan dengan penambahan reflektor sehingga energi panas yang diserap untuk menaikkan temperatur dan tekanan uap air dalam gabah juga meningkat akibatnya mempercepat pula proses penurunan kadar air dan

memperbesar laju pengeringan gabah yang dikeringkan. [Risharyanto, 2005].

**Analisa Data Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation***

Variasi percobaan beserta data kualitas beras dan waktu pengeringan hasil perhitungan konvensional disusun lagi sebagai data-data untuk pengujian program jaringan syaraf tiruan. Dari data-data tersebut kemudian disusun menjadi data pelatihan dan data pengujian seperti yang nampak pada Tabel 2 dan Tabel 3. Data untuk pelatihan dan data pengujian diambil secara acak agar merata dalam pembelajaran jaringan.

Tabel 2. Data yang akan dilatih

Var	Intensitas Radiasi (W/m <sup>2</sup> )		Daya (kWatt)		Tebal Gabah (mm)	Reflektor	Waktu Pengeringan (menit)
	Pre	Main	Pre	Main			
1	1300	1100	0.290	0.260	25	0	130
2	1100	900	0.260	0.230	25	0	180
3	1100	900	0.260	0.230	25	-1	170
4	1300	1100	0.290	0.260	25	-1	120
5	1100	1300	0.260	0.290	25	0	140
6	1100	1300	0.260	0.290	25	-1	130
7	1100	1300	0.260	0.290	25	1	120
8	1100	1300	0.260	0.290	20	0	120
9	1300	1300	0.290	0.290	25	1	100
10	1300	1300	0.290	0.290	20	0	100
11	1300	1300	0.290	0.290	20	-1	90
12	1300	1300	0.290	0.290	20	1	90
13	1300	900	0.290	0.230	20	0	140
14	1300	900	0.290	0.230	20	-1	130
15	1300	900	0.290	0.230	20	1	120
16	1100	900	0.260	0.230	20	-1	150
17	1100	900	0.260	0.230	20	1	140
18	1300	900	0.290	0.230	25	0	160
19	1300	900	0.290	0.230	25	-1	150
20	1100	1100	0.260	0.260	25	0	150
21	1100	1100	0.260	0.260	20	0	130
22	1300	1100	0.290	0.260	25	1	120
23	1300	1100	0.290	0.260	20	0	110
24	1300	1100	0.290	0.260	20	-1	100
25	1300	1100	0.290	0.260	20	1	100
26	1300	1300	0.290	0.290	25	-1	110

Pada pengujian dengan algoritma propagasi balik, terdiri atas lapisan masukan (*input*), 2 lapisan tersembunyi (*hidden*), dan lapisan keluaran. Lapisan masukan terdiri atas 6 neuron, yang masing-masing mewakili masukan intensitas *preheating*, intensitas *mainheating*, daya *preheating*, daya *mainheating*, variasi reflektor ruang *mainheating* dan ketebalan gabah (*volume*). Lapisan tersembunyi pertama terdiri atas 5 neuron dengan fungsi aktivasi *tansig*, sedangkan lapisan tersembunyi kedua terdiri atas 3 neuron dengan fungsi aktivasi *logsig*. Lapisan keluaran terdiri atas 2 neuron dengan fungsi aktivasi *purelin*.

Setelah dilakukan langkah pelatihan data diperoleh *error* perkiraan hasil waktu pada data pengeringan adalah sebesar 1.064 % dengan waktu yang diperlukan untuk *training* menggunakan algoritma *backpropagation* adalah 28 detik. Koefisien korelasi bernilai 0,998, menunjukkan hasil yang sangat baik untuk kecocokan keluaran jaringan dengan target.

Perbandingan antara target dengan keluaran jaringan dapat dilihat pada Gambar 3. Pada gambar tersebut, keluaran jaringan (+) dan target (kotak) sebagian besar sudah berdekatan (hampir menempati posisi yang sama). Hasil terbaik terjadi apabila posisi (kotak) dan (+) betul-betul berada pada posisi yang sama.

Tabel 3. Data yang akan diuji

Var	Masukan (Input)					Reflektor	Target
	Intensitas Radiasi (W/m <sup>2</sup> )		Daya (kWatt)		Tebal Gabah (mm)		
	Pre	Main	Pre	Main			
1	1100	900	0.260	0.230	25	1	160
2	1100	900	0.260	0.230	20	0	160
3	1300	900	0.290	0.230	25	1	140
4	1100	1300	0.260	0.290	20	-1	110
5	1100	1300	0.260	0.290	20	1	100
6	1300	1300	0.290	0.290	25	0	110
7	1100	1100	0.260	0.260	25	-1	150
8	1100	1100	0.260	0.260	25	1	140
9	1100	1100	0.260	0.260	20	-1	120
10	1100	1100	0.260	0.260	20	1	110

Keterangan : Untuk variasi reflektor, 0 = tanpa reflektor, -1 = reflektor *planar*, 1 =reflektor kombinasi

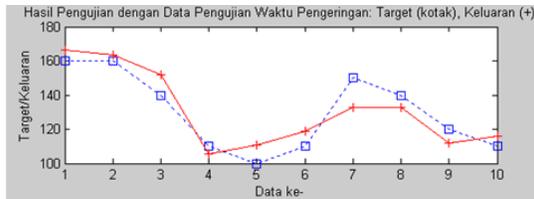
Analisa perbandingan data konvensional dan data jaringan syaraf tiruan diambil dari data yang dipakai untuk data pengujian dengan memakai jaringan yang telah dibangun untuk data pelatihan. Sebelumnya dilakukan normalisasi terlebih dahulu dengan perintah yang sama dengan data pelatihan. *Error* proses pengujian terlihat pada Tabel 4. *Error* (E) terkecil terletak pada data ke-2, yaitu 2,259 %, sedangkan E terbesar terletak pada data ke-7 yaitu sebesar 11,405 %. Rerata keseluruhan data pengujian didapatkan sebesar 6.59%. Dalam grafik perbandingan pelatihan dengan aktualnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Perbandingan antara target dengan keluaran jaringan, untuk data pelatihan pada waktu pengeringan

Tabel 4. *Error* untuk waktu pengeringan pada data pengujian

No	Target(CWP)	Keluaran(WP)	E=CWP-WP	Prosentase (%)
1	160	166.277	6.277	3.923
2	160	163.614	3.614	2.259
3	140	151.81	11.81	8.436
4	110	105.499	4.501	4.092
5	100	110.795	10.795	10.795
6	110	118.892	8.892	8.084
7	150	132.893	17.107	11.405
8	140	132.852	7.148	5.106
9	120	112.119	7.881	6.568
10	110	115.807	5.807	5.279
<b>Error Rata - Rata</b>				<b>6.595</b>



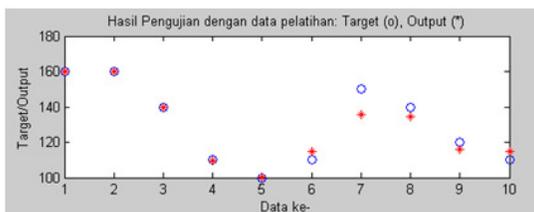
Gambar 4. Perbandingan antara target dengan keluaran jaringan, untuk data pengujian pada *backpropagation*

### Pengujian dengan Algoritma Fungsi Berbasis Radial

Data yang sama diujikan pula pada JST dengan algoritma fungsi berbasis radial hasilnya nampak bahwa *error* rata-rata data pengujian adalah sebesar 0.000308% dengan waktu komputasi yang diperlukan untuk pelatihan dengan algoritma fungsi berbasis radial (RBF) adalah 0.511 detik. Sedangkan dari hasil *testing* diperoleh seperti yang tampak pada Tabel 5 dan Gambar 5 di bawah.

Tabel 5. *Error* untuk waktu pengeringan pada data pengujian RBF

No	Target(CWP)	Keluaran(WP)	E=(CWP-WP)	Prosentase (%)
1	160	159.9	0.105	0.065
2	160	160.05	0.051	0.032
3	140	140	0.001	0.001
4	110	109.7	0.299	0.272
5	100	100.3	0.304	0.304
6	110	115.01	5.009	4.554
7	150	135.78	14.217	9.478
8	140	134.67	5.328	3.806
9	120	115.78	4.219	3.516
10	110	114.68	4.676	4.251
Error Rata - Rata				2.6279



Gambar 5. Perbandingan antara target dengan keluaran jaringan, untuk data pengujian pada RBF

Dari hasil analisa didapatkan bahwa *error* yang diperoleh untuk prediksi waktu pengeringan menggunakan algoritma fungsi berbasis radial (RBF) adalah jauh lebih kecil (2.6279%) dibanding algoritma *backpropagation* (7.05%). Sedangkan dari waktu komputasi dapat diperoleh menggunakan algoritma RBF jauh lebih singkat (0.511 detik) dibanding dengan algoritma *backpropagation* (28 detik).

### KESIMPULAN

Dari analisa di atas dapat disimpulkan bahwa jaringan yang dibangun telah mendekati peramalan atau prediksi yang diharapkan untuk waktu pengeringan. Dengan menggunakan algoritma fungsi berbasis radial peramalan/prediksi dapat dilakukan lebih baik, dan lebih cepat. Akurasi yang diberikan

pada JST dengan menggunakan RBF adalah 0.0003 % pada pelatihan (*training*) dan 2.62% pada pengujian (*testing*). Sedangkan waktu yang di perlukan untuk melakukan pelatihan juga sangat cepat dibandingkan dengan *backpropagation*. Oleh sebab itu pada sistem peramalan waktu pengeringan, algoritma RBF ini dapat dipertimbangan sebagai metode alternatif yang dapat dikembangkan.

### DAFTAR PUSTAKA

Divisi Pengadaan PERUM BULOG, 2005, *Pedoman Umum Pengadaan Gabah dan Beras Dalam Negeri Tahun 2005 di Lingkungan Perusahaan Umum BULOG*, Divisi Pengadaan PERUM BULOG, Jakarta.

Huang, S. H. and Bin Ran, 2003, "An Application of Neural Network on Traffic Speed Prediction Under Adverse Weather Condition", *TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM*.

Kusumadewi, Sri., 2004, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan (Menggunakan MATLAB & Excel Link)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Malinov, S., W. Sha, Z. Guo, 1999, "Application of Artificial Neural Network for Prediction of Time-Temperature-Transformation Diagrams in Titanium Alloys", available at: [www.elsevier.com/locate/msea](http://www.elsevier.com/locate/msea)

Mujumdar, A. S, 1995, *Handbook of Industrial Drying*, Marcel and Decker Inc, New York.

Pérez-Llera C, Fernández B, Feito and González del Valle., 1996, *Local Short-Term Prediction of Wind Speed: A Neural Network Analysis*, University of Oviedo and E.B.H.I. S.A..

Pura Barutama, 2003, *Basic Training Mesin Pengering Padi*, Divisi Engineering Pura Group, Kudus.

Risharyanto, 2005, Pengaruh Reflektor Terhadap Karakteristik Pengeringan dan Kualitas Produk Pada Model Pengering Gabah Sistem Radiasi Infra Merah, *Tugas Akhir*, Universitas Sebelas Maret.

Adi, B. Y, 2007, Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan dengan Metode Propagasi Balik (Backpropagation) Untuk Memprediksi Waktu Pengeringan dan Prosentase Beras Kepala Pada Model Pengering Radiasi Infra Merah Menggunakan Perangkat Lunak Matlab, *Tugas Akhir*, Universitas Sebelas Maret.

Lampiran 1. Data Kudus : data variasi percobaan pada waktu pengeringan konvensional

Var	Intensitas Radiasi (W/m <sup>2</sup> )		Daya (kWatt)		Reflektor	Tebal Gabah (cm)	Waktu Pengeringan (menit)
	Pre	Main	Pre	Main			
1	1100	900	0,26	0,23	0	2,5	180
2	1100	900	0,26	0,23	-1	2,5	170
3	1100	900	0,26	0,23	1	2,5	160
4	1100	900	0,26	0,23	0	2	160
5	1100	900	0,26	0,23	-1	2	150
6	1100	900	0,26	0,23	1	2	140
7	1300	900	0,29	0,23	0	2,5	160
8	1300	900	0,29	0,23	-1	2,5	150
9	1300	900	0,29	0,23	1	2,5	140
10	1300	900	0,29	0,23	0	2	140
11	1300	900	0,29	0,23	-1	2	130
12	1300	900	0,29	0,23	1	2	120
13	1100	1100	0,26	0,26	0	2,5	150
14	1100	1100	0,26	0,26	-1	2,5	150
15	1100	1100	0,26	0,26	1	2,5	140
16	1100	1100	0,26	0,26	0	2	130
17	1100	1100	0,26	0,26	-1	2	120
18	1100	1100	0,26	0,26	1	2	110
19	1300	1100	0,29	0,26	0	2,5	130
20	1300	1100	0,29	0,26	-1	2,5	120
21	1300	1100	0,29	0,26	1	2,5	120
22	1300	1100	0,29	0,26	0	2	110
23	1300	1100	0,29	0,26	-1	2	100
24	1300	1100	0,29	0,26	1	2	100
25	1100	1300	0,26	0,29	0	2,5	140
26	1100	1300	0,26	0,29	-1	2,5	130
27	1100	1300	0,26	0,29	1	2,5	120
28	1100	1300	0,26	0,29	0	2	120
29	1100	1300	0,26	0,29	-1	2	110
30	1100	1300	0,26	0,29	1	2	100
31	1300	1300	0,29	0,29	0	2,5	110
32	1300	1300	0,29	0,29	-1	2,5	110
33	1300	1300	0,29	0,29	1	2,5	100
34	1300	1300	0,29	0,29	0	2	100
35	1300	1300	0,29	0,29	-1	2	90
36	1300	1300	0,29	0,29	1	2	90