

ESTIMASI PRODUKTIVITAS PEKERJA KONSTRUKSI DENGAN *PROBABILISTIC NEURAL NETWORK*

Lila Ayu Ratna Winanda
Dosen Teknik Sipil FTSP ITN Malang

ABSTRAKSI

Pekerjaan konstruksi yang tengah menggeliat bangkit tidak lepas dari permasalahan tenaga kerja yang terlibat didalamnya karena secara tidak langsung tenaga kerja konstruksi sangat mempengaruhi biaya, waktu dan mutu dari pekerjaan itu sendiri, sehingga pengkajian secara mendalam mengenai tenaga kerja konstruksi sangat diperlukan.

Permasalahan pekerja konstruksi tidak lepas dari produktivitas yang dihasilkan dimana produktivitas merupakan unjuk kerja tenaga kerja, sehingga pada makalah ini dibahas mengenai pendekatan faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas kerja pekerja konstruksi terhadap produktivitasnya sehingga pada akhirnya dapat dilakukan estimasi mengenai produktivitas pekerja konstruksi itu sendiri. Suatu pendekatan dengan probabilistik neural network digunakan untuk memetakan faktor-faktor produktivitas dan produktivitas pekerja itu sendiri.

Berdasarkan analisa yang dilakukan maka diperoleh pendekatan yang dilakukan memberikan hasil yang cukup signifikan sehingga pendekatan dapat digunakan untuk estimasi produktivitas pekerja konstruksi.

Kata Kunci: Produktivitas, Tukang Batu, *Neural Network*.

PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi peranan sumber daya manusia sangat penting karena berpengaruh secara langsung pada biaya, waktu dan mutu pekerjaan. Mengingat masalah tenaga kerja dalam suatu proyek konstruksi mempunyai porsi biaya yang besar antara 25% - 30 % dari keseluruhan biaya proyek maka pengkajian masalah sumber daya manusia harus menjadi perhatian tersendiri dalam perencanaan proyek (Soeharto, 2005). Penggunaan sumber daya terutama sumber daya manusia dengan tanpa perencanaan akan memungkinkan proyek mengalami waktu yang molor serta biaya yang membengkak ataupun *performance* yang kurang memuaskan.

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan sumber daya adalah produktivitas dari sumber daya itu sendiri. Berdasarkan pada produktivitas maka akan dapat diketahui apakah nantinya pelaksanaan

pekerjaan sesuai dengan yang diharapkan. Saat ini studi mengenai produktivitas sumber daya dan faktor yang mempengaruhinya terutama tenaga kerja konstruksi telah banyak dilakukan. Seiring dengan maraknya penelitian tentang produktivitas maka peneliti mencoba memetakan produktivitas pekerja konstruksi beserta faktor yang mempengaruhinya sehingga pada pelaksanaan kedepan dapat dilakukan estimasi produktivitas pekerja yang digunakan berdasarkan pada faktor-faktor yang mempengaruhinya. *Neural network* atau jaringan syaraf tiruan pada saat ini tengah marak dipergunakan dalam aktivitas-aktivitas pemindaian sehingga peneliti mencoba menggunakan alat bantu program ini untuk melakukan estimasi produktivitas pekerja konstruksi.

TINJAUAN PUSTAKA

Produktivitas

Secara umum produktivitas diartikan sebagai hubungan antara hasil nyata maupun fisik (barang atau jasa) dengan masukan yang sebenarnya. Artinya perbandingan antara hasil keluaran dengan hasil yang masuk atau *output:input*. Masukan sering dibatasi dengan masukan tenaga kerja. Sedangkan keluaran diukur dalam kesatuan fisik, bentuk dan nilai (Sinungan, 2005).

Program produktivitas bukanlah program sekali jalan, akan tetapi merupakan program yang berkesinambungan. David J. Summanth mengemukakan konsep daur ulang produktivitas yang terdiri dari empat tahap yaitu: *productivity measurement, productivity evaluation, productivity planning* dan *productivity improvement*.

Secara umum pengukuran produktivitas berarti perbandingan yang dapat dibedakan dalam tiga jenis berbeda, yaitu :

- a. Perbandingan antara pelaksanaan sekarang dengan pelaksanaan terdahulu.
- b. Perbandingan antara unit yang satu (perorangan, seksi, proses) dengan yang lainnya. Namun hasil yang diperoleh hanya menunjukkan pencapaian yang relatif.
- c. Perbandingan antara pelaksanaan dengan target-target yang dicapai. Hal ini diperlukan dalam menentukan target/ sasaran yang berikutnya.

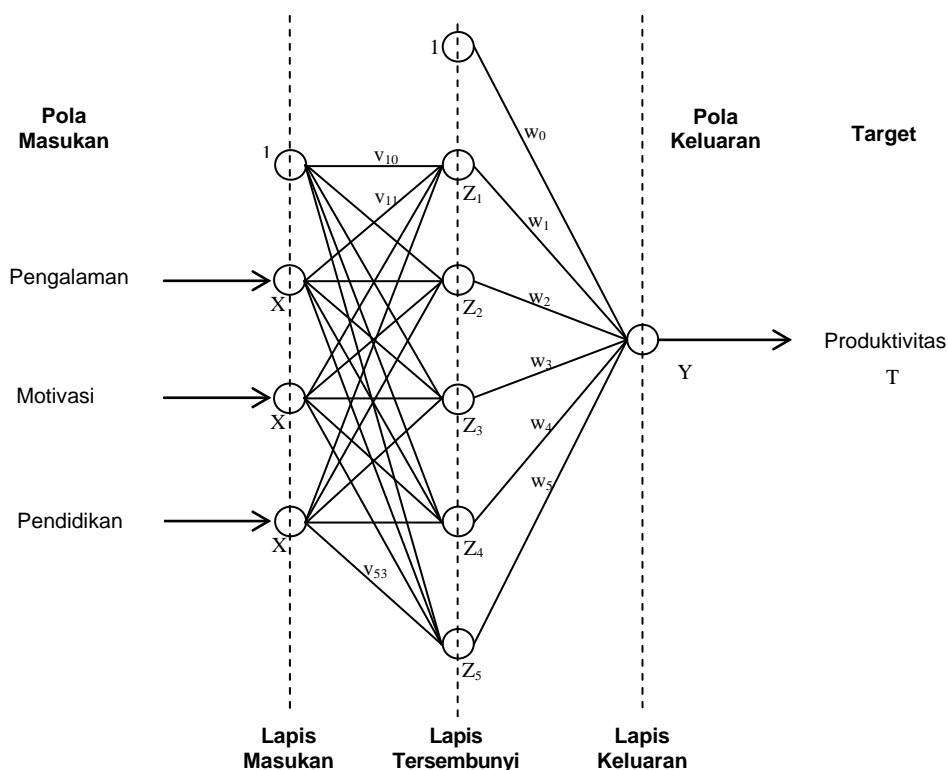
Neural Network

Artificial Neural Network (ANN) atau yang biasa disebut dengan Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah suatu jaringan dari sekelompok pemroses kecil yang dimodelkan berdasarkan jaringan saraf manusia. JST merupakan sistem adaptif yang dapat merubah strukturnya untuk

memecahkan masalah berdasarkan informasi eksternal maupun internal yang mengalir melalui jaringan tersebut.

Secara prinsip Jaringan Saraf Tiruan dapat melakukan komputasi terhadap semua fungsi yang dapat dihitung (*computable function*). Sistem dapat melakukan apa yang dapat dilakukan oleh komputer digital formal. Dalam prakteknya, JST terutama sangat berguna bagi klasifikasi dan permasalahan-permasalahan yang dapat mentolerir ketidakpastian, yang memiliki banyak data pelatihan, namun memiliki aturan-aturan yang tidak dapat diaplikasikan secara mudah.

Jaringan saraf tiruan terdiri atas beberapa elemen pemroses, yaitu: neuron, unit, sel atau node, yang saling terhubung dalam bentuk directed graph melalui jalur sinyal searah yang disebut dengan koneksi.



Gambar 1.
Pola Jaringan Syaraf Tiruan

Dalam JST, struktur pengolahan informasi akan mengikuti bentuk grafik terarah dengan beberapa definisi sebagai berikut:

1. Node pada graph tersebut dengan elemen pemroses (prosesing elemen).
2. Link pada graph disebut dengan koneksi.
3. Setiap elemen pemroses menerima sejumlah input.
4. Setiap elemen pemroses dapat memiliki beberapa output.
5. Setiap elemen pemroses memiliki memori local.
6. Setiap elemen pemroses memiliki fungsi transfer (transfer function) yang dapat menggunakan dan mengubah isi memori local, memakai sinyal output dari processing element.
7. Sinyal dari input dari luar system saraf tiruan yang menuju system tersebut datang dari hubungan-hubungan yang berasal dari dunia luar system.

Terdapat dua tipe algoritma dalam Jaringan Syaraf Tiruan, yaitu sebagai berikut:

1. *Supervised Learning*

Metode pada jaringan syaraf disebut *supervised learning* jika output yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Pada proses pembelajaran, satu pola input akan diberikan ke satu neuron pada lapisan input. Pola ini akan dirambatkan di sepanjang jaringan syaraf hingga sampai ke neuron pada lapisan output. Lapisan output ini akan membangkitkan pola output yang nantinya akan dicocokkan dengan pola output targetnya. Apabila terjadi perbedaan antara pola output hasil pembelajaran dengan pola target, maka disini akan muncul error. Apabila nilai error ini masih cukup besar, mengindikasikan bahwa masih perlu dilakukan lebih banyak pembelajaran lagi. Terdapat berbagai tipe pembelajaran terawasi beberapa diantaranya *Hebb Rule*, *Perceptron*, *Delta Rule*, *Backpropagation*.

2. *Unsupervised Learning*

Pada jaringan ini, suatu lapisan yang berisi neuron-neuron akan menyusun dirinya sendiri berdasarkan input nilai tertentu dalam suatu kelompok yang dikenal dengan istilah cluster. Selama proses penyusunan diri, cluster yang memiliki vector bobot paling cocok dengan pola input (memiliki jarak yang paling dekat) akan terpilih sebagai pemenang. Neuron yang menjadi pemenang beserta neuron-neuraon tetangganya akan memperbaiki bobot-bobotnya.

Artificial Neural Network memiliki beberapa kelebihan yang dapat diungkapkan antara lain:

- *Neural network* mampu menampilkan penugasan-penugasan sementara untuk program linier tidak.

- Apabila elemen didalam neural network mengalami kegagalan maka masih dapat berlanjut dengan tanpa mempengaruhi rangkaiannya.
- *Neural network* akan mengalami proses learning tanpa perlu pemrograman berulang-ulang.
- Dapat diimplementasikan pada berbagai bidang.
- Dapat diimplementasikan untuk berbagai masalah.

Namun diantara kelebihan yang dimiliki *artificial neural network* juga memiliki kelemahan yang harus diperhatikan yaitu:

- Perlu pengetahuan dan training khusus untuk mengopersaikan.
- Perlu waktu yang lama untuk program yang besar.
- Sistem yang tidak seperti micro prosesor sehingga perlu penanganan khusus.

METODOLOGI KEGIATAN PELAKSANAAN

Penelitian ini dapat dikategorikan sebagai penelitian pengembangan dan aplikasi karena penelitian ini dikerjakan dengan tujuan untuk mengembangkan suatu model pendekatan dengan bantuan *artificial neural network*. Pembuatan model menggunakan bantuan *software visual basic*. Pendekatan yang dilakukan pada penelitian ini dibatasi pada analisa produktivitas pekerja konstruksi khususnya tukang batu pekerjaan pemasangan keramik lantai dengan contoh kasus pada proyek perumahan Ponorogo regency dan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi.

Adapun prosedur dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data pendukung yaitu hasil produktivitas pekerja konstruksi berdasarkan pengamatan proyek yang telah selesai dikerjakan
- b. Pengumpulan data mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas pekerja konstruksi (pengalaman, umur dan pendidikan) berdasarkan pengamatan proyek yang telah selesai dikerjakan
- c. Melakukan sintesa atas hasil produktivitas pekerja dan faktor yang mempengaruhinya sebagai bank data pada proses pemetaan
- d. Pemetaan pola hasil produktivitas pekerja konstruksi dan faktor yang mempengaruhi dengan pendekatan *neural network* (dalam penelitian ini digunakan model *Neural network tipe backpropagation*)
- e. Tahapan implementasi pada contoh yang ditinjau.

Hasil pendekatan diimplementasikan pada pelaksanaan proyek konstruksi dan akan dianalisa pendekatan yang telah dilakukan dengan hasil lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendekatan Model

1. Pada penelitian ini digunakan data pekerja konstruksi dimana telah terbentuk kelompok kerja yang terdiri atas 1 tukang dengan 2 pekerja. Jumlah keseluruhan kelompok kerja adalah 50 kelompok. Keseluruhan kelompok kerja dilakukan pengamatan produktivitas masing-masing. Data selengkapnya tercantum dalam tabel 1.

Tabel 1.
Hasil Pengamatan Produktivitas Pekerja Konstruksi

Kelompok Kerja	Produktivitas (m ²)	Kelompok Kerja	Produktivitas (m ²)
KELOMPOK 1	10.7	KELOMPOK 26	10.1
KELOMPOK 2	9.3	KELOMPOK 27	10.4
KELOMPOK 3	9.8	KELOMPOK 28	9.7
KELOMPOK 4	10.9	KELOMPOK 29	9.0
KELOMPOK 5	10.4	KELOMPOK 30	8.3
KELOMPOK 6	9.4	KELOMPOK 31	10.5
KELOMPOK 7	10.2	KELOMPOK 32	9.7
KELOMPOK 8	11.0	KELOMPOK 33	10.2
KELOMPOK 9	10.6	KELOMPOK 34	11.0
KELOMPOK 10	9.8	KELOMPOK 35	8.9
KELOMPOK 11	10.3	KELOMPOK 36	9.8
KELOMPOK 12	11.1	KELOMPOK 37	10.8
KELOMPOK 13	11.4	KELOMPOK 38	10.0
KELOMPOK 14	9.6	KELOMPOK 39	10.5
KELOMPOK 15	11.0	KELOMPOK 40	11.2
KELOMPOK 16	10.6	KELOMPOK 41	10.5
KELOMPOK 17	10.4	KELOMPOK 42	11.1
KELOMPOK 18	10.2	KELOMPOK 43	10.3
KELOMPOK 19	8.5	KELOMPOK 44	10.3
KELOMPOK 20	8.9	KELOMPOK 45	10.0
KELOMPOK 21	10.6	KELOMPOK 46	10.7
KELOMPOK 22	10.1	KELOMPOK 47	11.3
KELOMPOK 23	10.4	KELOMPOK 48	10.7
KELOMPOK 24	9.8	KELOMPOK 49	10.0
KELOMPOK 25	9.5	KELOMPOK 50	10.5

2. Selain pendataan produktivitas juga dilakukan wawancara mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas (pengalaman, umur, pendidikan, motivasi, upah).
3. Berdasarkan pada hasil sintesa diperoleh bahwa faktor yang dominan mempengaruhi produktivitas tenaga kerja adalah faktor pengalaman, pendidikan dan motivasi. Data motivasi dengan indikator baik, cukup dan kurang kemudian dalam aplikasi program diberikan skoring 3(baik), 2(cukup) dan 1(kurang). Demikian juga untuk pendidikan dilakukan

skoring 1(SD), 2(SMP) dan 3(SMA). Selengkapnya seperti tertera pada tabel 2.

Tabel 2.
Hasil Faktor Dominan Yang Mempengaruhi Produktivitas Pekerja Konstruksi

Kelompok Kerja	Pengalaman	Motivasi	Pendidikan	Kelompok Kerja	Pengalaman	Motivasi	Pendidikan
Kelompok 1	9	B	SD	Kelompok 26	7	C	SD
Kelompok 2	7	C	SMA	Kelompok 27	15	B	SD
Kelompok 3	7	C	SMP	Kelompok 28	2	C	SD
Kelompok 4	8	B	SD	Kelompok 29	18	K	SD
Kelompok 5	17	B	SD	Kelompok 30	21	K	SD
Kelompok 6	20	C	SMP	Kelompok 31	6	B	SMP
Kelompok 7	8	C	SD	Kelompok 32	8	C	SD
Kelompok 8	12	B	SD	Kelompok 33	9	C	SD
Kelompok 9	10	B	SMP	Kelompok 34	7	B	SMP
Kelompok 10	13	K	SD	Kelompok 35	15	K	SD
Kelompok 11	9	C	SD	Kelompok 36	12	C	SD
Kelompok 12	11	B	SD	Kelompok 37	8	B	SD
Kelompok 13	8	B	SMP	Kelompok 38	5	C	SMP
Kelompok 14	6	C	SD	Kelompok 39	25	B	SD
Kelompok 15	12	B	SD	Kelompok 40	14	B	SD
Kelompok 16	8	B	SD	Kelompok 41	5	B	SMP
Kelompok 17	10	B	SMP	Kelompok 42	3	B	SMA
Kelompok 18	6	C	SD	Kelompok 43	14	C	SD
Kelompok 19	21	K	SD	Kelompok 44	14	C	SD
Kelompok 20	19	K	SD	Kelompok 45	3	C	SD
Kelompok 21	9	B	SD	Kelompok 46	5	B	SMP
Kelompok 22	6	C	SD	Kelompok 47	6	B	SD
Kelompok 23	10	B	SD	Kelompok 48	4	B	SMA
Kelompok 24	11	C	SD	Kelompok 49	13	C	SD
Kelompok 25	12	C	SD	Kelompok 50	15	B	SD

4. Dari keseluruhan jumlah kelompok kerja diambil sebanyak 26 kelompok kerja dengan asumsi diambil > 50% sampel yang mewakili untuk proses input program, sedangkan sisa data akan diambil secara acak untuk mengaplikasikan model pendekatan.
5. Data sebanyak 26 kelompok kerja (produktivitas, pengalaman, pendidikan, motivasi) digunakan untuk data pemetaan dalam program dimana sisa kelompok kerja akan digunakan untuk mengaplikasikan model pendekatan yang dilakukan. Input Program seperti dalam tabel 3.

Tabel 3.
Input Data Pengalaman, Motivasi, Pendidikan Dan Produktivitas Sebagai Inisiasi Awal

Sampel	Pengalaman	Motivasi	Pendidikan	Produktivitas	Output NN	Error (%)
1	3	3	1	10,7		
2	7	2	3	9,3		
3	7	2	2	9,8		
4	8	3	1	10,9		
5	17	2	1	10,4		
6	20	2	2	9,4		
7	8	1	1	10,2		
8	12	3	1	11,0		
9	10	3	2	10,6		
10	13	1	1	9,6		
11	9	2	1	10,3		
12	11	3	1	11,1		
13	8	3	2	11,4		
14	6	1	1	9,6		
15	12	3	1	11,0		
16	8	3	1	10,6		
17	10	3	2	10,4		
18	6	2	1	10,2		
19	21	1	1	8,5		
20	19	1	1	8,5		
21	19	3	1	10,6		
22	6	2	1	10,1		
23	10	3	1	10,4		
24	11	2	1	9,8		
25	12	2	1	8,5		
26	7	2	1	10,1		

6. Langkah berikutnya adalah menentukan parameter dalam JST dengan memasukkan setting iterasi program untuk menentukan pengulangan pembacaan dalam proses kerja neural network. Semakin besar nilai iterasi yang diinputkan semakin tinggi nilai akurasi yang diperoleh dengan konsekuensi proses learning akan lebih lama. Secara lengkap ditampilkan dalam tabel 4.

Tabel 4.
Input Data Parameter JST

7. Selanjutnya pada program dilakukan saat proses learning hingga selesai dan akan ditampilkan hasil output produktivitas dan dilengkapi dengan standar error atas hasil yang ditampilkan (tabel 5).

Tabel 5.
Proses learning program

Sampel	Pengalaman	Motivasi	Pendidikan	Produktivitas	Output NN	Error (E)
1	9	2	1	10.7	10.2696	4.621668
2	7	2	3	9.9	10.4026	11.8809
3	7	2	2	9.8	10.3633	8.96200
4	8	2	1	10.9	10.2136	5.27959
5	17	3	1	10.4	9.72547	6.40581
6	20	2	2	9.4	9.53295	1.42396
7	8	2	1	10.2	10.3262	1.22761
8	12	3	1	11.0	10.8495	4.92426
9	10	3	2	10.6	10.2181	2.82109
10	13	1	1	9.8	10.0064	2.10607
11	19	2	1	10.3	10.2773	6.21999
12	11	3	1	11.1	10.1520	8.54006
13	8	2	1	11.4	10.3697	6.93086
14	6	2	1	9.6	10.5144	9.52670
15	12	3	1	11.0	10.1060	8.13674
16	8	3	1	10.0	10.3003	1.59641
17	10	3	2	10.4	10.2596	1.20953
18	6	2	1	10.2	10.5206	13.14959
19	21	1	1	8.5	9.51449	11.1895
20	19	1	1	8.9	9.62547	10.15176
21	9	3	1	10.6	10.2962	2.92263
22	6	2	1	10.1	10.4867	3.84841
23	10	3	1	10.4	10.2219	1.71200
24	11	2	1	9.8	10.1905	3.07679
25	12	2	1	9.5	10.0774	6.07849
26	7	2	1	10.1	10.4011	2.98212

8. Selanjutnya dicoba dilakukan aplikasi dengan menjalankan mapping pada salah satu sisa data kelompok kerja yang tidak digunakan sebagai bank data dengan menginputkan data pengalaman, pendidikan dan motivasi sehingga diperoleh estimasi nilai produktivitasnya. (tabel 6 dan tabel 7)

Tabel 6.
Proses Aplikasi Contoh Yang Ditinjau

Sampel	Pengalaman	Motivasi	Pendidikan	Produktivitas	Output NN	Error (E)
1	9	2	1	10.7	10.2696	4.621668
2	7	2	3	9.9	10.4026	11.8809
3	7	2	2	9.8	10.3633	8.96200
4	8	2	1	10.9	10.2136	5.27959
5	17	3	1	10.4	9.72547	6.40581
6	20	2	2	9.4	9.53295	1.42396
7	8	2	1	10.2	10.3262	1.22761
8	12	3	1	11.0	10.8495	4.92426
9	10	3	2	10.6	10.2181	2.82109
10	13	1	1	9.8	10.0064	2.10607
11	19	2	1	10.3	10.2773	6.21999
12	11	3	1	11.1	10.1520	8.54006
13	8	2	1	11.4	10.3697	6.93086
14	6	2	1	9.6	10.5144	9.52670
15	12	3	1	11.0	10.1060	8.13674
16	8	3	1	10.0	10.3003	1.59641
17	10	3	2	10.4	10.2596	1.20953
18	6	2	1	10.2	10.5206	13.14959
19	21	1	1	8.5	9.51449	11.1895
20	19	1	1	8.9	9.62547	10.15176
21	9	3	1	10.6	10.2962	2.92263
22	6	2	1	10.1	10.4867	3.84841
23	10	3	1	10.4	10.2219	1.71200
24	11	2	1	9.8	10.1905	3.07679
25	12	2	1	9.5	10.0774	6.07849
26	7	2	1	10.1	10.4011	2.98212

Tabel 7.
Hasil Proses Aplikasi Contoh Yang Ditinjau

Sampel	Pengalaman	Motivasi	Pendidikan	Produktivitas	Output NN	Error (%)
1	9	1	1	10.7	10.2696	4.42168
2	7	2	3	9.9	10.4026	11.8859
3	7	2	2	9.8	10.3633	5.9020
4	8	3	1	10.9	10.3136	5.2799
5	17	3	1	10.4	9.7247	-6.4956
6	20	2	2	9.4	9.5395	1.4296
7	8	2	1	10.2	10.2362	1.2281
8	12	3	1	11.0	10.0645	-8.50426
9	10	3	2	10.6	10.2191	-3.63701
10	13	1	1	9.8	10.0064	2.19307
11	9	2	1	10.3	10.2773	-0.21999
12	11	3	1	11.1	10.1520	-8.54006
13	8	3	2	11.4	10.3697	9.03086
14	6	2	1	9.6	10.5144	9.52570
15	12	3	1	11.0	10.1090	-8.13674
16	8	3	1	10.6	10.3893	1.96649
17	10	3	2	10.4	10.2596	-1.39953
18	6	2	1	10.2	10.5206	3.14399
19	21	1	1	8.9	9.5149	11.9362
20	19	1	1	8.9	9.4247	8.15135
21	9	3	1	10.4	10.2962	-2.92293
22	6	2	1	10.1	10.4897	3.84841
23	10	3	1	10.4	10.2219	-1.71200
24	11	2	1	9.8	10.1905	3.57679
25	12	2	1	9.5	10.074	6.07849
26	7	2	1	10.1	10.4011	2.90212

Proses Mapping

Pengalaman: 25
 Motivasi: 3
 Pendidikan: 1

Estimasi Produktivitas: 9.2116842

Hasil: 9.21916842

Kriteria keberhasilan

Kriteria keberhasilan dari penelitian ini adalah hasil pendekatan yang dilakukan dapat memberikan pola yang memiliki akurasi terhadap hasil lapangan yang digunakan sebagai contoh yang ditinjau.

KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan pada input data pengalaman 25 tahun, dengan motivasi pekerja baik dan tingkat pendidikan adalah SD, diperoleh nilai produktivitas hasil pengamatan adalah 10.5 m² dimana pada estimasi yang diperoleh dari pendekatan model memberikan hasil 9.21 m².
2. Secara keseluruhan hasil analisa maka dapat diperoleh bahwa model pendekatan yang dilakukan mampu memberikan nilai produktivitas yang hampir sama dengan kondisi aktual dengan standar error untuk semua input data adalah dibawah 12% berdasarkan pada faktor pengalaman, motivasi dan pendidikan.

Saran

1. Semakin banyak data penelitian yang digunakan akan memberikan hasil yang memiliki akurasi tinggi serta standar error yang akan semakin kecil.

2. Pada penelitian lanjutan, dengan data penelitian yang lebih banyak dapat dicoba untuk faktor-faktor lain tanpa harus mensintesa faktor dominan yang mempengaruhi produktivitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek dan Konstruksi*. Jilid I dan II. Jakarta: Kanisius.
- Fausset, Laurence. 1994. *Foundamental of Neural Network: Architecture, Algorithm, and Application*. New Jersey: Prentice Hall.
- Pasaribu, Dewi. 2007. *Studi Produktivitas Tenaga Kerja Tukang Batu Pada Proyek Konstruksi. Studi Kasus: Proyek Perumahan Ponorogo Regency*. Skripsi. Malang: ITN Malang.
- Purnomo, Mauridhi Hery. 2006. *Supervised Neural Network dan Aplikasinya*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Sinungan, Muchdarsyah. 2005. *Produktivitas Apa dan Bagaimana*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Soeharto, Iman. 1995. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Setiawan, Kuswara. 2003. *Paradigma Sistem Cerdas*. Edisi Pertama. Malang: Bayumedia Publishing.

