

**MEMPREDIKSI WAKTU PRODUKSI MESIN BUBUT
DENGAN PENDEKATAN KECERDASAN BUATAN
(ARTIFICIAL INTELLIGENCE)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



Oleh :

BAMBANG ADI WINOTO

NIM. I 1405018

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2011**

**MEMPREDIKSI WAKTU PRODUKSI MESIN BUBUT DENGAN
PENDEKATAN KECERDASAN BUATAN
(ARTIFICIAL INTELLIGENCE)**

Bambang Adi Winoto

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan waktu produksi mesin bubut dengan menggunakan pendekatan jaringan syaraf tiruan (JST) dengan algoritma *Radial Basis Function* (RBF). Penulisan program (*script*) dilakukan dengan bantuan perangkat lunak MATLAB. Pada algoritma *Radial Basis Function* ini, jaringan syaraf tiruan dilatih dengan menggunakan data-data yang diambil dan dihitung dari data pengukuran. Parameter-parameter yang diambil untuk pelatihan jaringan adalah variasi putaran poros (190 rpm, 300 rpm dan 460 rpm), *feeding* (0,114 mm/rev, 0,228 mm/rev, 0,381 mm/rev dan 0,457 mm/rev) dan tebal pemakanan (0,1 mm, 0,2 mm, 0,3 mm dan 0,4 mm). Jumlah variasi percobaan adalah sebanyak 48, dari variasi data ini 38 data digunakan untuk pembelajaran jaringan dan sisanya sebanyak 10 data akan digunakan sebagai data pengujian. Hasil dari analisa data menunjukkan bahwa hasil pelatihan dapat mendekati perhitungan sebenarnya dengan *error* terkecil 0,0001 %, dan *error* terbesar 0,0084 %, pada pelatihan *error* rata-rata yang didapatkan adalah 0,0040 %. Prediksi waktu produksi menghasilkan *error* terkecil 1,7757 % dan *error* terbesar 13,8249 % dengan *error* rata-rata 6,4033 %. Berdasarkan hasil tersebut bisa disimpulkan bahwa jaringan syaraf tiruan dengan algoritma *radial basis function* dapat digunakan untuk memprediksi waktu produksi mesin bubut dengan hasil mendekati hasil perhitungan sesungguhnya.

Kata kunci : kecerdasan buatan, jaringan syaraf tiruan, radial basis function, prediksi, waktu produksi.

PREDICTING LATHE PRODUCTION TIME USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPROACH

Bambang Adi Winoto

ABSTRACT

This research aims to estimate the turning production time by using Artificial Neural Network (ANN) with Radial Basis Function (RBF) algorithm. The program script is done by using MATLAB. RBF, neural network is trained by using the data collected and estimated from the actual measurement. The parameters are taken for neural network included the axis rotation (190 rpm, 300 rpm and 460 rpm), feeding speed (0,114 mm/rev, 0,228 mm/rev, 0,381 mm/rev and 0,457 mm/rev) and feeding thickness (0,1 mm, 0,2 mm, 0,3 mm and 0,4 mm). The number of experiment variations are 48 variations in which included 38 data are used randomly for training purpose, and the rest of 10 data will be used as testing. The result shows that the prediction results approached the actual calculation, during the training, the production time provides the lowest error of 0.0001 %, and highest error of 0.0084 % with the mean error of 0.0040 %. ANN is accurate of prediction, the production time provides slowed the lowest error of 1,7757 % and highest error of 13,8249 % with the mean error of 6,4033 %. From above results, it can be concluded that the ANN with radial basis function can be used appropriately and accurately to predict the time of turning process with results close to the actual calculation.

Keywords: artificial intelligence, ANN, radial basis function, prediction, production time.

commit to user

KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT karena hanya dengan lindungan, rahmat dan karuniaNya-lah penulis telah selesai menyusun laporan tugas akhir dengan judul **“Memprediksi Waktu Produksi Mesin Bubut Dengan Pendekatan Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence)”** dengan lancar tanpa halangan yang berarti. Semoga hasil pengerjaan laporan tugas akhir ini dapat menambah wawasan keilmuan dalam bidang teknik, khususnya teknik mesin. Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bp. Muhammad Nizam, ST, MT, Phd dan Bp. Eko Prasetyo B, ST, MT selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak masukan dan arahan.
2. Bp. Tri Istanto ST, MT selaku dosen Pembimbing Akademis.
3. Bp. Dody Ariawan, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FT UNS.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin FT UNS atas ilmu yang telah diberikan.
5. Seluruh laboran di Lab. Jurusan Teknik Mesin serta staf dan karyawan FT UNS, khususnya Jurusan Teknik Mesin.
6. Ibuku Sri Wahyuningsih, Bapakku Haryono, atas semua pengorbanan yang telah dilakukan dan kasih sayang yang tiada henti.
7. Semua keluarga baik di Bengkulu maupun di Purwodadi yang telah mendukung dan membantu.
8. Teman-temanku di Bachelor Camp yang telah menemani hari-hariku dan memberi masukan dan dukungan.
9. Teman-temanku Angkatan 2005 : Amin, Dipo, Ahmad, Didik, Diki, Albert, Teddy, Wisnu, Anton, Nopi, Rendra, Dwi, Hafis, Maju Terus Bro!!!.
10. Keluarga Mahasiswa Mesin.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan laporan tugas akhir ini.

commit to user

Disamping itu penulis juga menyampaikan permohonan maaf kepada semua civitas akademi Jurusan Teknik Mesin UNS jika selama menjadi Mahasiswa penulis melakukan kesalahan baik disengaja maupun tidak disengaja.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mohan maaf apabila masih ada kesalahan-kesalahan dalam penulisan laporan ini. Segala kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat kami harapkan demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.



Surakarta, 2011

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
 BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Teori Proses Pembubutan	4
2.1.1. Mesin Bubut.....	4
2.1.2. Komponen Waktu Produksi.....	7
2.2. Kecerdasan Buatan.....	11
2.3. Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan	12
2.3.1. Konsep Dasar Jaringan Syaraf Tiruan	12
2.3.2. Macam-macam Jaringan Syaraf Tiruan	18
2.4. Radial Basis Function Network (RBFN)	20
2.4.1. Konsep Dasar RBFN.....	20
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.2. Bahan Penelitian	22
3.3. Alat Yang Digunakan	22
3.4. Membentuk Jaringan Basis Radial.....	25
3.5. Desain Penelitian	25
3.6. Langkah Kerja Penelitian.....	26
3.7. Diagram Penelitian.....	29
3.8. Cara Kerja	32
3.9. Program Jaringan Syaraf Tiruan	33
 BAB IV DATA DAN ANALISA	
4.1. Data Penelitian	38
4.2. Analisa Data Menggunakan Sistem Konvensional.....	41
4.3. Analisa Data Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan	45
4.4. Analisa Perbandingan Data Konvensional Dan Data Jaringan Syaraf Tiruan	57

commit to user

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	61

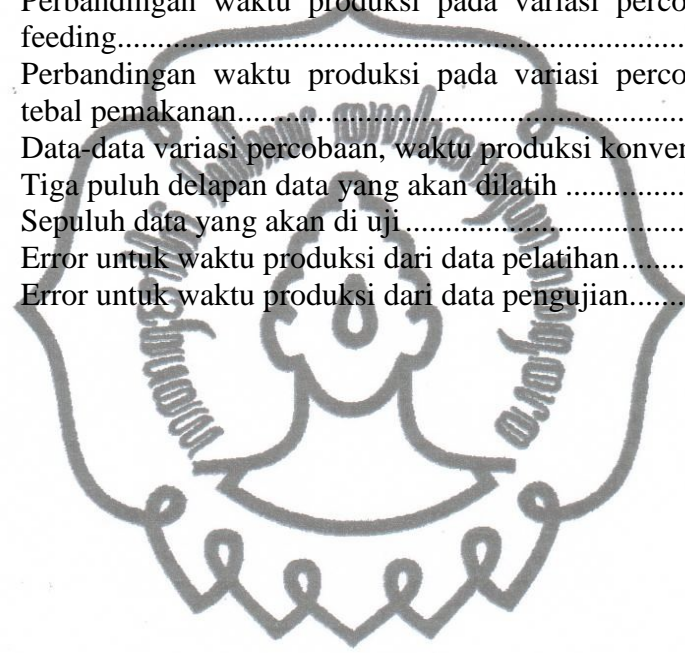
DAFTAR PUSTAKA	63
----------------------	----

LAMPIRAN	64
----------------	----



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Batas keausan kritis.....	9
Tabel 2.2. Harga eksponen n , p , m , dan konstanta C_{TVB}	9
Tabel 3.1. Desain pengujian pada mesin bubut SANWA.....	27
Tabel 4.1. Komponen waktu produksi	38
Tabel 4.2. Waktu produksi tiap variasi percobaan.....	41
Tabel 4.3. Perbandingan waktu produksi pada variasi percobaan perbedaan putaran.....	42
Tabel 4.4. Perbandingan waktu produksi pada variasi percobaan perbedaan feeding.....	43
Tabel 4.5. Perbandingan waktu produksi pada variasi percobaan perbedaan tebal pemakanan.....	44
Tabel 4.6. Data-data variasi percobaan, waktu produksi konvensional.....	45
Tabel 4.7. Tiga puluh delapan data yang akan dilatih	47
Tabel 4.8. Sepuluh data yang akan di uji	48
Tabel 4.9. Error untuk waktu produksi dari data pelatihan.....	54
Tabel 4.10. Error untuk waktu produksi dari data pengujian.....	58



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Mesin bubut	4
Gambar 2.2. Pembentukan geram (<i>chip</i> /tatal) pada pembubutan	7
Gambar 2.3. Proses bubut	8
Gambar 2.4. Jaringan syaraf biologis	12
Gambar 2.5. Struktur neuron jaringan syaraf tiruan	13
Gambar 2.6. Fungsi aktivasi pada jaringan syaraf sederhana	14
Gambar 2.7. Fungsi undak biner	15
Gambar 2.8. Fungsi bipolar	15
Gambar 2.9. Fungsi linier	16
Gambar 2.10. Fungsi <i>saturating linier</i>	16
Gambar 2.11. Fungsi <i>symetrik saturating linear</i>	17
Gambar 2.12. Fungsi sigmoid biner	17
Gambar 2.13. Fungsi sigmoid bipolar	18
Gambar 2.14. Struktur dasar jaringan syaraf fungsi basis radial	21
Gambar 3.1. Stopwatch	22
Gambar 3.2. Mesin bubut SANWA	23
Gambar 3.3. Gergaji Mesin	23
Gambar 3.4. Dial Indicator	24
Gambar 3.5. Arsitektur Jaringan Basis Radial	25
Gambar 3.6. Diagram alir penelitian	29
Gambar 3.7. Diagram alir proses pembubutan dan perhitungan data secara konvensional	30
Gambar 3.8. Diagram alir perhitungan data dengan algoritma jaringan syaraf tiruan	31
Gambar 4.1. Grafik perbandingan putaran poros dengan waktu produksi ...	42
Gambar 4.2. Grafik perbandingan <i>feeding</i> dengan waktu produksi	43
Gambar 4.3. Grafik perbandingan tebal pemakanan dengan waktu produksi	44
Gambar 4.4. Hubungan antara target dengan keluaran jaringan, untuk data pelatihan pada waktu proses produksi	56
Gambar 4.5. Perbandingan antara target dengan keluaran jaringan, untuk data pelatihan pada waktu proses produksi	57
Gambar 4.6. Hubungan antara target dengan keluaran jaringan, untuk data pengujian pada waktu proses produksi	59
Gambar 4.7. Perbandingan antara target dengan keluaran jaringan, untuk data pengujian pada waktu proses produksi	60

commit to user

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data hasil penelitian.....	65
Lampiran 2. Tabel batas keausan tepi dan harga eksponen	67
Lampiran 3. Mesin bubut, Gergaji mesin, Dial indikator	68
Lampiran 4. Stopwatch, banda kerja dan pahat HSS	69
Lampiran 5. Script program untuk analisa	70
Lampiran 6. Proses training Jaringan Syaraf Tiruan	74



commit to user

BAB I PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Dalam dekade terakhir, kecerdasan buatan berkembang sangat pesat. Jaringan syaraf tiruan (JST) salah satu cabang ilmu yang mendukung perkembangan kecerdasan buatan. Kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah. Berbagai jaringan syaraf tiruan telah dikembangkan diberbagai bidang, misalnya dalam bidang kedokteran di Indonesia, aplikasi analisis kondisi ginjal pasien telah dikembangkan dengan baik dan memiliki tingkat keberhasilan 98 % (Subekti, 1999).

Adapun beberapa contoh penelitian yang telah dilakukan tentang pengenalan pola oleh JST yang dapat dimanfaatkan adalah pemodelan suatu power sistem dengan menggunakan fungsi basis radial (RBF). Pada penelitian tersebut memiliki kesalahan (*error*) output kurang dari 4,87% (Haidar, 2008). Aplikasi jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi waktu pengeringan dan prosentasi beras kepala pada model pengering radiasi infra merah untuk menentukan prosentasi dan waktu yang dibutuhkan (Yuwono, 2007).

Penghitungan waktu produksi mesin bubut menggunakan jaringan syaraf tiruan adalah sebagai wujud dari perkembangan kecerdasan buatan untuk menggantikan sistem konvensional. Jaringan ini memiliki akurasi yang baik, terutama untuk sistem-sistem prediksi. Keuntungan yang lain yaitu dapat melakukan penghitungan dengan cepat. Pada proses pemotongan logam dengan mesin perkakas, besarnya waktu produksi yang diperlukan dipengaruhi oleh beberapa parameter pemotongan dan pemesinan. Beberapa parameter pemesinan dan pemotongan diantaranya adalah pemakanan (*feed*), kedalaman pemotongan (*depth of cut*), kecepatan potong (*cutting speed*) dan putaran spindle (Sugihardjo, 2002). Dengan demikian waktu produksi bisa diperkirakan tanpa harus melakukan uji coba. Sesuai parameter itu dengan menggunakan kecerdasan buatan (*artificial*

commit to user

intelligence) dan bantuan program matlab dapat memprediksi waktu produksi yang dibutuhkan pada mesin bubut.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Dari uraian penjelasan diatas dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi waktu produksi pada mesin bubut.
2. Beberapa besar akurasi yang dihasilkan dari algoritma jaringan syaraf tiruan dibandingkan dengan penelitian secara konvensional

1.3. BATASAN MASALAH

Untuk menentukan arah penelitian yang baik, ditentukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Rumus-rumus matematis yang digunakan berdasarkan rumus yang ada dibuku Teori & Teknologi Proses Pemesinan (Rochim, 1993).
2. Proses pembubutan hanya berlangsung pada proses pembubutan silindris bertingkat (pembubutan memanjang).
3. Pada proses pembubutan mesin bubut dianggap standar dan faktor cairan pendingin diabaikan.
4. Data-data yang digunakan sebagai masukan (*input*) adalah putaran (rpm), feeding (mm/rev), dan tebal pemakanan (mm). Keluaran (*output*) yang ingin dicapai adalah berupa waktu produksi yang sesuai standar mesin bubut.
5. Algoritma jaringan syaraf tiruan dibuat dengan metode *Radial Basis Function* (RBF).
6. Penyusunan *script* program dan analisa dilakukan dengan bantuan perangkat lunak MATLAB 2009.

1.4. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Memprediksi waktu produksi pada mesin bubut dengan pendekatan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yakni dengan metode jaringan syaraf tiruan.
2. Membandingkan antara hasil simulasi dari jaringan syaraf tiruan dengan hasil yang dilakukan secara konvensional/manual.

1.5. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini terbagi menjadi :

1. Manfaat teoritis
 - a. Mengembangkan dan menerapkan pengetahuan tentang jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi waktu produksi mesin bubut.
 - b. Mengetahui perbandingan hasil simulasi dari jaringan syaraf tiruan dengan hasil yang dilakukan secara manual.
2. Manfaat praktis

Memberikan informasi mengenai jaringan syaraf tiruan sebagai metode untuk memprediksi waktu produksi mesin bubut.

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika dari penulisan ini adalah sebagai berikut :

- BAB I : Berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat teoritis maupun praktis dan sistematika penulisan.
- BAB II : Berisi tinjauan pustaka dan dasar teori
- BAB III : Berisi metodologi penelitian
- BAB IV : Berisi data dan analisa
- BAB V : Berisi kesimpulan dan saran

BAB II

LANDASAN TEORI

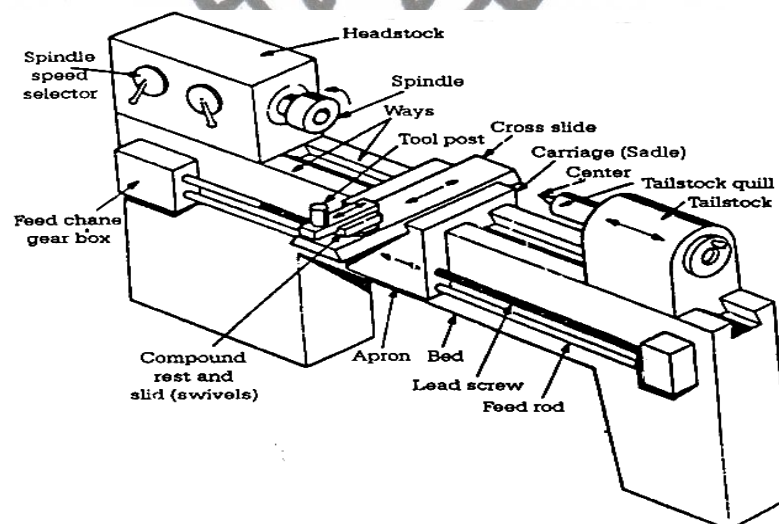
2.1. Teori Proses Pembubutan

2.1.1. Mesin Bubut

Mesin bubut (*lathe machine*) merupakan mesin perkakas untuk tujuan pemotongan logam (*metal cutting proses*). Operasi dasar dari mesin bubut adalah melibatkan benda kerja yang berputar dan *cutting-tool* nya bergerak linier. Kekhususan mesin bubut adalah digunakan untuk memproses benda kerja dengan hasil/bentuk penampang lingkaran atau benda kerja silinder.

Sebab-sebab yang paling memegang peranan digunakannya mesin bubut :

- 1) Banyak bagian konstruksi mesin (poros, sumbu, pasak, tabung, badan roda, skrup dan sebagainya) menurut dasarnya merupakan benda putar (benda rotasi). Untuk membuat benda kerja ini sering digunakan dengan cara pembubutan.
- 2) Perkakas bubut relatif sederhana dan karenanya juga murah.
- 3) Proses pembubutan mengelupas serpih secara tak terputus sehingga daya potong yang baik dapat dicapai.



Gambar 2.1. Mesin bubut
(Rochim, 1993)

commit to user

Bagian-bagian utama dari mesin bubut antara lain:

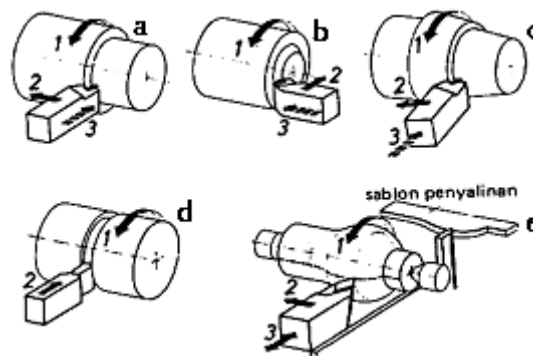
1. *Spindle* : bagian yang berputar (terpasang pada *headstock*) untuk memutar *chuck* (pencekam benda kerja).
2. *Headstock* : bagian dimana transmisi penggerak berada. Komponen (pencekam benda kerja) dihubungkan dengan *spindle* poros transmisi pada bagian *head stock* ini. *Headstock* tersusun dari bagian *workholder spindle*, gear transmisi, parameter tingkat kecepatan *spindle* dan tuas-tuas pengatur. Kecepatan *spindle* bervariasi berkisar 25-1200 rpm dengan daya motor penggerak sekitar 30 KW DC.
3. *Tailstock* : bagian yang berfungsi mengatur *center*/titik tengah yang dapat diatur untuk proses bubut parallel maupun taper. *Tailstock* bergerak diatas lintasanya berupa rangkaian gigi *rack* dan *pinion*. Bagian ini juga berfungsi menunjukkan posisi relatif antara benda kerja dan *cutting tool* (pahat).
4. *Tool post* : bagian dimana *cutting tool* (mata pahat) dicekam kuat bersama dengan *toolholder*-nya. Pengencangan *toolholder* pada *tool post* menggunakan tuas skrup. *Tool post* ini terpasang pada *carriage* (meja penghantar)
5. *Carriage* (sadel) : bagian ini berfungsi menghantarkan *cutting tool* (yang terpasang pada *tool post*) bergerak sepanjang meja bubut saat operasi pembubutan berlangsung. *Carriage*/sadel ini terdiri dari tiga bagian yaitu meja/sadel, *apron*, *cross slider* (meja luncur gerakan menyilang). *Apron* berfungsi mengatur setiap pemakanan dari *cutting tool* terhadap benda kerja yang dibubut. Gerakan *apron* ini dapat diatur manual maupun setting otomatis.
6. *Bed* : meja dimana *headstock*, *tailstock* dan bagian lainnya terpasang kuat diatas meja ini.

Elemen proses permesinan dihitung berdasarkan dimensi benda kerja dan/pahat serta besaran dari mesin perkakas. Besaran mesin perkakas yang dapat diatur ada bermacam-macam tergantung jenis mesin perkakas. Oleh sebab itu rumus yang dipakai untuk menghitung setiap elemen proses permesinan dapat berlainan. Pada proses bubut benda kerja dipegang oleh pencekam yang dipasang diujung poros utama (*spindle*). Dengan mengatur lengan pengatur, yang terdapat pada kepala diam, putaran poros utama (n) dapat dipilih.

Harga putaran poros utama umumnya dibuat bertingkat, dengan aturan yang telah distandarkan misalnya 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, dan 2000 rpm. Untuk mesin bubut dengan putaran motor variabel, ataupun dengan sistem transmisi variabel, kecepatan poros utama tidak lagi bertingkat melainkan berkesinambungan (*continue*). Pahat dipasang pada kedudukan pahat dan kedalaman potong (a) diatur dengan menggeserkan peluncur silang melalui roda pemutar (skala pada pemutar menunjukkan selisih harga diameter) dengan demikian kedalaman gerak translasi bersama-sama dengan kereta dan gerak makannya diatur dengan lengan pengatur pada rumah roda gigi. Gerak makan (f) yang tersedia pada mesin bubut bermacam-macam dan menurut tingkatan yang telah distandarkan, misalnya 0.1, 0.112, 0.125, 0.14, 0.16, ... (mm/rev).

Jenis pembubutan menurut arah gerakan laju:

1. Pembubutan memanjang (Gambar 2.2 a). Gerakan laju berlangsung sejajar dengan sumbu putaran. Dengan demikian bidang permukaan luar benda kerja (bidang garapan lengkung) yang digarap. Gerakan penyetelan menempatkan perkakas pada posisi penyayatan yang tepat pada benda kerja setelah setiap penyayatan. Kedalaman tusukan ditentukan oleh penyetelan tegak lurus terhadap sumbu perputaran.
2. Pembubutan membidang (Gambar 2.2 b). Gerakan laju berlangsung tegak lurus terhadap sumbu perputaran. Dengan cara ini dihasilkan bidang rata yang tegak lurus terhadap sumbu perputaran (bidang garapan datar). Arah laju dapat dari luar ke pusat perputaran atau sebaliknya. Penyetelan (kedalaman tusukan) berlangsung sejajar dengan sumbu perputaran setelah setiap penyayatan.
3. Jika gerakan laju berlangsung menyudut/miring terhadap sumbu perputaran, maka dihasilkan kerja yang berbentuk kerucut (Gambar 2.2 c).
4. Pembuatan alur berlangsung hanya dengan gerakan laju tegak lurus terhadap sumbu perputaran (Gambar 2.2 d).
5. Dengan gerakan laju sejajar dan tegak lurus terhadap sumbu perputaran pada saat yang sama dihasilkan benda bulat atau benda rotasi lainnya (Gambar 2.2 e).



Gambar 2.2. Pembentukan geram (*chip/tatal*) pada pembubutan (Schonmetz, 1985).

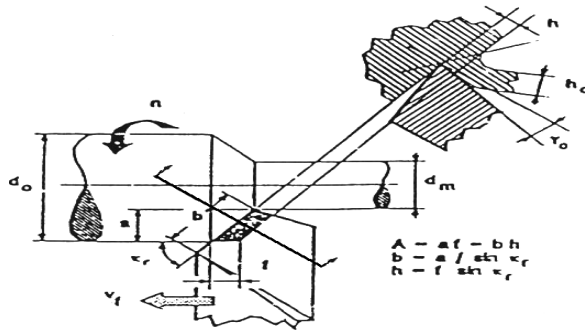
Proses bubut silindris merupakan proses pemotongan yang sering dilakukan pada proses pemotongan logam dengan mesin bubut (*lathe*). Proses pengerjaan poros, yaitu proses memperkecil diameter bahan poros sesuai dengan dimensi yang dikehendaki, merupakan salah satu contoh dari proses bubut silindris. Pada proses bubut silindris, pada saat pemakanan berlangsung pahat potong bergerak sejajar sumbu benda kerja.

2.1.2. Komponen Waktu Produksi

Waktu produksi adalah seluruh waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan untuk dapat menyelesaikan suatu produk. Waktu untuk menghasilkan produk atau waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (memotong bagian tertentu produk) dengan cara yang tertentu (menggunakan suatu jenis pahat) adalah merupakan variabel yang penting dalam rangka penentuan kondisi pemesinan optimum. Untuk jumlah produk yang cukup besar maka secara kasar dapat ditentukan waktu pemesinan rata-rata untuk mengerjakan satu produk, yaitu dengan cara membagi seluruh waktu yang digunakan dengan jumlah produk yang dihasilkan.

Untuk memungkinkan proses perhitungan dan proses simulasi dengan komputer, berbagai hal yang terkait dengan proses waktu produksi harus ada model matematisnya. Model matematis ini diperlukan untuk membuat *source program* yang diperlukan untuk simulasi dengan komputer. Berbagai komponen yang diperlukan untuk simulasi akan diuraikan dalam bagian ini.

commit to user



Gambar 2.3. Proses Bubut
(Rochim,1993)

Komponen waktu produksi dibagi menjadi 3 yaitu waktu pemotongan sesungguhnya, waktu penggantian pahat dan waktu non produktif. Komponen waktu produksi dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus :

- 1) Waktu pemotongan sesungguhnya

$$t_c = \frac{\ell_t}{V_f} = \frac{\ell_t}{f \cdot n} \quad (2.1)$$

Dimana :

- t_c = waktu pemotongan (min/produk)
- ℓ_t = panjang permesinan (mm)
- v_f = kecepatan makan (mm/min)
- f = gerak makan (mm/rev)
- n = putaran poros utama benda kerja (rev/min)

- 2) Waktu penggantian pahat

Yaitu waktu penggantian pahat yang dibagi rata untuk sejumlah produk yang dihasilkan sejak pahat yang baru dipasang sampai pahat tersebut harus diganti karena aus.

$$\text{Waktu penggantian pahat} = t_d \cdot \frac{t_c}{T} \quad (2.2)$$

dimana :

- t_d = waktu penggantian atau pemasangan pahat (min)
- T = umur pahat (min)
- t_c = waktu pemotongan (min/produk)
- $\frac{t_c}{T}$ = bagian dari umur pahat yang digunakan untuk menyelesaikan

satu produk (*commit to user* harus diusahakan lebih kecil dari 1).

Untuk menghitung umur pahat digunakan rumus taylor (Rochim, 1993) yaitu sebagai berikut.

$$T^n = \frac{C_{TVB} \cdot VB^m \cdot h^p \cdot b^q}{V} \quad (2.3)$$

C_{TVB} = kecepatan potong ekstrapolatif (m/min), yang secara teoritik menghasilkan umur pahat sebesar 1 menit, untuk $V_b = 1$ mm, $h = 1$ mm, $b = 1$ mm).

VB = keausan tepi yang dianggap sebagai batas saat berakhirnya umur pahat (mm).

Tabel. 2.1. Batas keausan kritis

Pahat	Benda kerja	VB (mm)	K
HSS	Baja dan Besi tuang	0,3 s.d. 0,8	-
Karbida	Baja	0,2 s.d. 0,6	0,3
Karbida	Besi tuang dan Non ferrous	0,4 s.d. 0,6	0,3
Keramik	Baja dan Besi tuang	0,3	-

Tabel. 1.2. Harga eksponen n, p, m, dan konstanta C_{TVB}

Benda kerja (standar DIN)	Kekerasan (HB)	Kekuatan tarik (N/mm)	Pahat (ISO)	n	p	m	C_{TVB} (m/min) untuk $\kappa_r =$		
							90°	75°	45°
Baja : St 50		500		0,27	0,26	0,45	522	625	650
St 70		500 s.d. 700	P 10	0,28	0,26	0,45	434	520	540
St 90		700 s.d. 900		0,30	0,29	0,45	324	435	450
Besi tuang	< 200		K 10	0,23	0,15	0,45	245	262	271
Kelabu	200 s.d. 250			0,23	0,19	0,45	180	193	200
Baja paduan :									
25 Cr Mo 4	210 s.d. 270	700 s.d. 900	P 30	0,26	0,38	0,45	140	187	194
24 Cr Mo 4	270 s.d. 330	900 s.d. 1100		0,30	0,50	0,45	127	170	176
Stainless Steel :									
X 22 Cr NI 17S	240 s.d. 320	800 s.d. 1100	P 30	0,20	0,10	0,60	168	226	235
X 5 Cr NI 18-9	150 s.d. 200	500 s.d. 700		0,25	0,36	0,45	176	236	245
X 5 Cr NI Mo 18-2	150 s.d. 200	500 s.d. 700		0,25	0,41	0,45	182	244	255

(Rochim, 1993)

m = pangkat untuk batas keausan, tergantung pada kualitas pahat serta jenis dan kondisi benda kerja ($m = 0,4$ s.d $0,5$, rata-rata = $0,45$)

n = harga eksponen

h = tebal garam sebelum terpotong (mm)

p = pangkat untuk tebal garam sebelum terpotong

b = lebar pemotongan (mm)

q = pangkat bagi lebar pemotongan, harganya relatif kecil, berkisar antara $0,005$ s.d $0,13$. Kadang kala pengaruh lebar pemotongan diabaikan.

$$b = \frac{\alpha}{\sin \kappa_r} \quad \text{dimana, } \alpha = (d_0 - d_m) / 2 \text{ (mm)} \quad (2.4)$$

$$h = f \sin \kappa_r \quad (2.5)$$

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{dimana, } d = \text{diameter rata-rata,} \quad (2.6)$$

$$d = (d_0 + d_m) / 2 \text{ (mm)} \quad (2.7)$$

d_0 = diameter mula (mm)

d_m = diameter akhir (mm)

ℓ_t = panjang permesinan (mm)

κ_r = sudut potong utama (90°)

v = kecepatan potong (mm/min)

f = gerak makan (mm/rev)

α = kedalaman potong (mm)

3) Waktu non produktif

$$t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + \frac{t_s}{n_l} \quad (2.8)$$

t_a = waktu non produktif (min/produk).

t_{LW} = waktu pemasangan benda kerja (min/produk).

t_{AT} = waktu penyiapan yaitu waktu yang diperlukan untuk membawa atau menggerakkan pahat dari posisi mula sampai pada posisi siap untuk memotong (min/produk).

t_{RT} = waktu pengakhiran yaitu waktu yang diperlukan untuk membawa/menggerakkan pahat kembali ke posisi mula (retracting time) (min/produk).

t_{UW} = waktu pengambilan produk (time for unloading the workpiece) (min/produk).

$\frac{t_s}{n_l}$ = bagian dari waktu penyiapan mesin beserta perlengkapannya (fixture & attachments) yang dibagi rata untuk sejumlah produk yang direncanakan untuk dibuat saat itu (n_l , lot size).

Jadi waktu produksi perproduk rata-rata adalah total waktu keseluruhan (waktu pemotongan sesungguhnya, waktu penggantian pahat dan waktu non produktif).

$$t_m = t_a + t_c + t_d \cdot \frac{t_c}{T} \quad (2.9)$$

t_m = waktu produksi (min/produk)

t_a = waktu non produktif (min/produk)

t_c = waktu pemotongan (min/produk)

$t_d \cdot \frac{t_c}{T}$ = waktu penggantian atau pemasangan pahat (min)

2.2. Kecerdasan Buatan

Kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* merupakan salah satu/bagian dari ilmu komputer yang membuat agar mesin (komputer) mempunyai kecerdasan dapat melakukan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia (Kusumadewi, 2006). Salah satu aplikasi dari bentuk aplikasi kecerdasan buatan dapat digunakan untuk sistem prediksi proses produksi. Sistem prediksi ini digunakan dalam

penelitian ini karena dengan sistem prediksi kita dapat menentukan waktu produksi pada suatu mesin bubut dengan bantuan MATLAB.

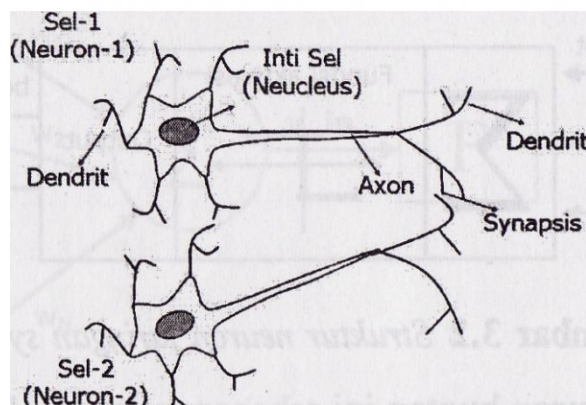
Kecerdasan buatan masuk dalam bidang *Soft Computing* yang merupakan temuan baru dalam pembangunan sistem cerdas. Sistem cerdas ini merupakan sistem yang memiliki keahlian seperti manusia pada domain tertentu, mampu beradaptasi dan belajar agar dapat bekerja lebih baik jika terjadi perubahan lingkungan atau adaptif (Kusumadewi, 2006).

Soft computing adalah suatu model pendekatan untuk melakukan komputasi dengan meniru akal manusia dan memiliki kemampuan untuk menalar dan belajar pada lingkungan yang penuh dengan ketidakpastian (Jang, 1997) pada (Kusumadewi 2006).

2.3. Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan

2.3.1. Konsep Dasar Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan adalah merupakan suatu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran (Fausett, 1994).

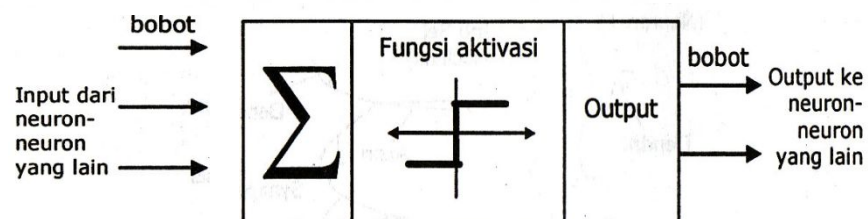


Gambar 2.4. Jaringan syaraf biologis.

Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan

suatu masalah dengan melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya. Jaringan syaraf tiruan mampu melakukan pengenalan kegiatan berbasis data masa lalu. Data masa lalu akan dipelajari oleh jaringan syaraf tiruan sehingga mempunyai kemampuan untuk memberikan keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari. Dalam analisis ini dicoba untuk dipelajari dan dicoba penerapannya didalam bidang teknik mesin yaitu memprediksi waktu produksi pada mesin bubut. JST yang berupa susunan sel-sel syaraf tiruan (*neuron*) dibangun berdasarkan prinsip-prinsip organisasi otak manusia (Kusumadewi, 2006).

Ada beberapa tipe jaringan syaraf tiruan, namun demikian, hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf tiruan juga terdiri dari beberapa neuron dan ada hubungan antara neuron-neuron tersebut. Neuron adalah unit pemroses informasi yang menjadi dasar dalam pengoperasian jaringan saraf tiruan (Siang, 2004). Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Gambar 2.5 menunjukkan struktur neuron pada jaringan syaraf tiruan.

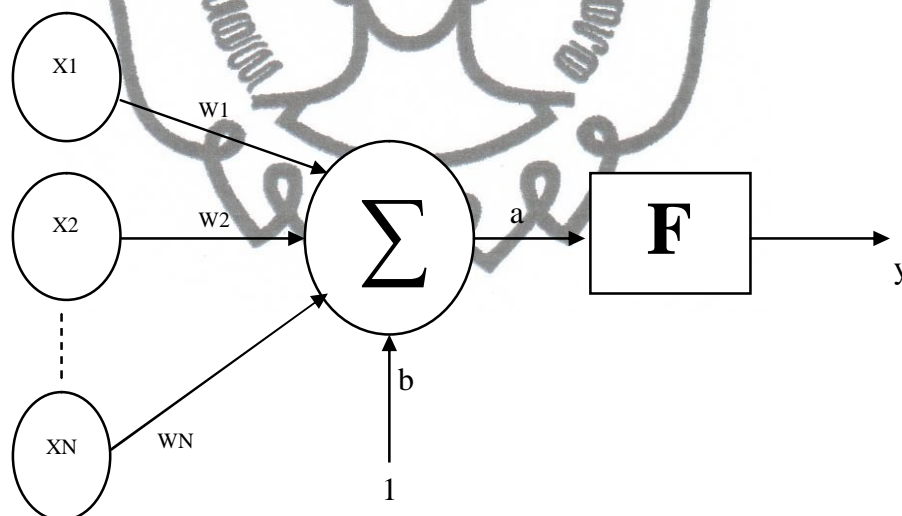


Gambar 2.5. Struktur neuron jaringan syaraf tiruan

Jika kita lihat, neuron buatan ini sebenarnya mirip dengan sel neuron biologis. Neuron-neuron buatan tersebut bekerja dengan cara yang sama pula dengan neuron-neuron biologis. Informasi (disebut dengan : masukan) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Masukan ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot

yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian di bandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Apabila masukan tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron tersebut akan diaktifkan tapi kalau tidak maka neuron tersebut tidak akan diaktifkan.

Pada jaringan syaraf, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan neuron (*neuron layers*). Biasanya neuron-neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan masukan dan lapisan keluaran). Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan masukan sampai lapisan keluaran melalui lapisan yang lainnya, yang sering dikenal dengan nama lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Tergantung pada algoritma pembelajarannya, bisa jadi informasi tersebut akan dirambatkan secara mundur pada jaringan. Gambar 2.6, menunjukkan jaringan syaraf sederhana dengan fungsi aktivasi F.



Gambar 2.6. Fungsi aktivasi pada jaringan syaraf sederhana

Pada gambar tersebut sebuah neuron akan mengolah N masukan (x_1, x_2, \dots, x_N) yang masing-masing memiliki bobot w_1, w_2, \dots, w_N dan bobot bias b , dengan rumus :

$$a = b \sum_{i=1}^x x_i \cdot w_i \quad \text{commit to user} \quad (2.10)$$

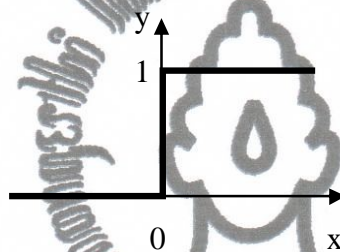
Kemudian fungsi aktivasi F akan mengaktivasi a menjadi keluaran jaringan y . Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam jaringan syaraf tiruan antara lain :

1. Fungsi undak biner (*hard limit*)

Fungsi ini untuk mengubah input dari suatu variabel yang bernilai kontinyu kesuatu keluaran biner (0 dan 1).

Fungsi undak biner dirumuskan sebagai :

$$y = \begin{cases} 0, & \text{jika } X < 0 \\ 1, & \text{jika } X > 0 \end{cases} \quad (2.11)$$



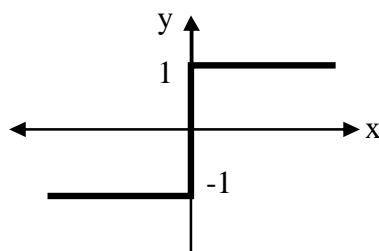
Gambar 2.7. Fungsi undak biner

2. Fungsi bipolar (*symetrik hard limit*)

Fungsi bipolar sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner, hanya saja keluaran yang dihasilkan berupa 1, 0 atau -1.

Fungsi bipolar dirumuskan sebagai :

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } X \geq 0 \\ -1, & \text{jika } X < 0 \end{cases} \quad (2.12)$$



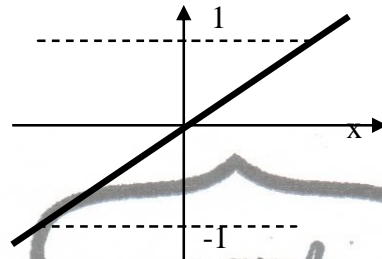
Gambar 2.8. Fungsi bipolar

3. Fungsi linear (identitas)

Fungsi linear mempunyai keluaran yang sama dengan nilai masuknya.

Fungsi linear dirumuskan sebagai :

$$y = x \quad (2.13)$$



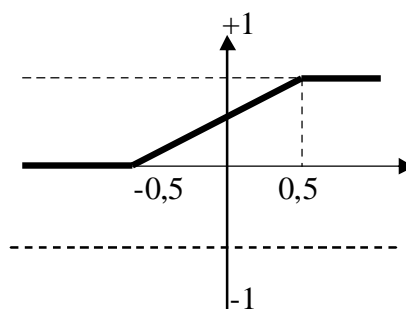
Gambar 2.9. Fungsi linier

4. Fungsi *saturating linear*

Fungsi ini akan bernilai 0 jika masukannya kurang dari $-\frac{1}{2}$ dan akan bernilai 1 jika masukannya lebih dari $\frac{1}{2}$. Jika nilai masukannya terletak antara $-\frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{2}$ maka keluarannya akan bernilai sama dengan nilai masukan ditambah $\frac{1}{2}$.

Fungsi *saturating linear* dirumuskan sebagai :

$$y = \begin{cases} 1; & \text{jika } X \geq 0,5 \\ X + 0,5; & \text{jika } -0,5 \leq X \leq 0,5 \\ 0; & \text{jika } X \leq -0,5 \end{cases} \quad (2.14)$$



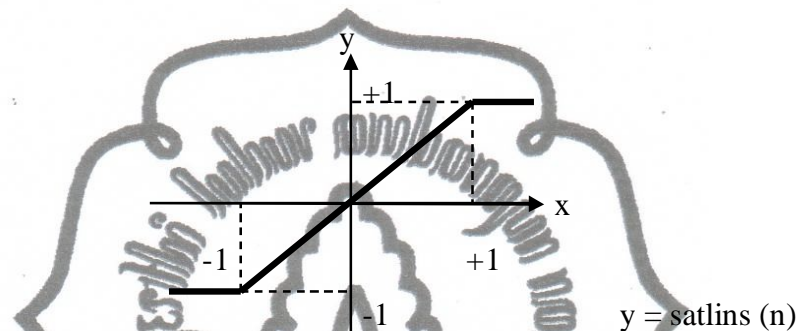
Gambar 2.10. Fungsi *saturating linear*

5. Fungsi *symetrik saturating linear*

Fungsi ini akan bernilai -1 jika masukannya kurang dari -1, dan akan bernilai 1 jika masukannya lebih dari 1. Sedangkan jika masukannya terletak antara -1 dan 1, maka keluarannya akan bernilai sama dengan nilai masukannya.

Fungsi *symetrik saturating linear* dirumuskan sebagai :

$$y = \begin{cases} 1; & \text{jika } x \geq 1 \\ x; & \text{jika } -1 \leq x \leq 1 \\ -1 & \text{jika } x \leq -1 \end{cases} \quad (2.15)$$



Gambar 2.11. Fungsi *symetrik saturating linear*

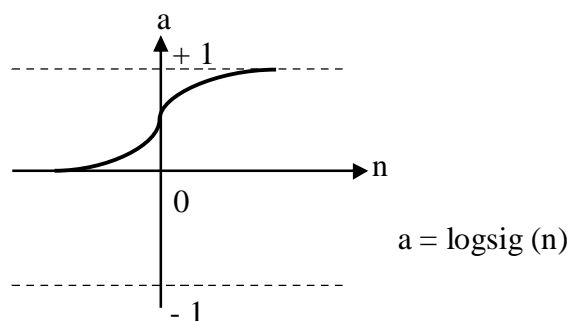
6. Fungsi sigmoid biner

Fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metode propagasi balik. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada range 0 sampai 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai keluaran yang terletak pada interval 0 sampai 1.

Fungsi sigmoid biner dirumuskan sebagai :

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}} \quad (2.16)$$

Dengan $f'(x) = \sigma f(x) [1 - f(x)]$



Gambar 2.12. Fungsi sigmoid biner.

commit to user

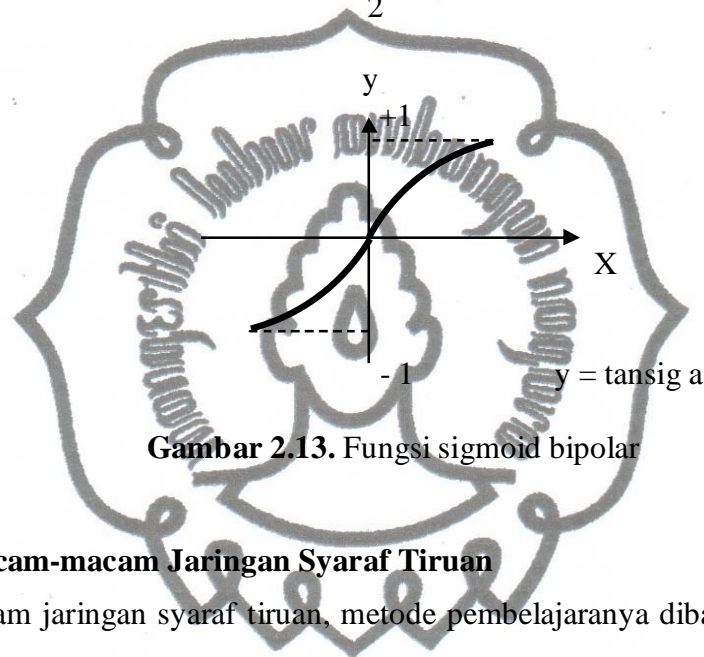
7. Fungsi sigmoid bipolar

Fungsi sigmoid bipolar hampir sama dengan fungsi sigmoid biner, hanya saja keluaran dari fungsi ini memiliki range antara 1 sampai -1.

Fungsi sigmoid bipolar dirumuskan sebagai :

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \quad (2.17)$$

$$\text{Dengan } f'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x) \mid 1 - f(x)]$$



Gambar 2.13. Fungsi sigmoid bipolar

2.3.2. Macam-macam Jaringan Syaraf Tiruan

Dalam jaringan syaraf tiruan, metode pembelajarannya dibagi menjadi dua yaitu (Kusumadewi, 2004).

a. Pembelajaran terawasi (*supervised learning*)

Dikatakan terawasi jika keluaran yang diharapkan telah diketahui sebelumnya.

Metode pembelajaran yang termasuk didalamnya adalah :

1) Aturan Hebb (*Hebb Rule*)

Aturan Hebb adalah metode pembelajaran yang paling sederhana.

2) Perceptron

Perceptron biasanya digunakan untuk mengklasifikasikan suatu tipe pola tertentu yang sering dikenal dengan pemisahan secara linear.

3) Aturan Delta (*Delta Rule*)

Pada aturan Delta, yang diubah adalah bobot yang menghubungkan antara jaringan masukan dengan nilai target.

commit to user

3) Propagasi Balik (*Back Propagation*)

Algoritma propagasi balik menggunakan error keluaran untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*Backward*)

4) *Heteroassociative Memory*

Pada jaringan ini bobot-bobotnya ditentukan sedemikian rupa sehingga jaringan tersebut dapat menyimpan kumpulan pengelompokan pola.

5) *Bidirectional Associative Memory* (BAM)

Pada jaringan ini dimungkinkan adanya hubungan timbal balik antara lapisan masukan dan keluaran.

6) *Learning Vector Quantization* (LVQ)

Suatu metode untuk melakukan pembelajaran pada lapisan kompetitif yang terawasi. Lapisan kompetitif akan secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor-vektor masukan.

7) Jaringan recurrent

Jaringan recurrent adalah jaringan yang mengakomodasi output jaringan untuk menjadi input pada jaringan itu lagi dalam rangka menghasilkan output jaringan berikutnya.

8) Jaringan basis radial

Jaringan basis radial biasanya membutuhkan neuron lebih banyak jika dibandingkan dengan jaringan *feedforward*. Jaringan ini akan lebih baik apabila data input yang diberikan cukup banyak.

b. Pembelajaran tak terawasi (*unsupervised learning*)

Pada metode pembelajaran ini tidak memerlukan target keluaran. Tujuan pembelajaran ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dalam suatu area tertentu. Pembelajaran ini sangat cocok untuk pengelompokan pola.

2.4. Radial Basis Function Network (RBFN)

2.4.1. Konsep Dasar RBFN

Fungsi basis radial adalah suatu fungsi yang membutuhkan neuron lebih banyak jika dibandingkan dengan jaringan *feedforward*. Jaringan ini akan lebih baik apabila data input yang diberikan cukup banyak. Tidak seperti pada jaringan syaraf yang lainnya, pada jaringan basis radial ini, input yang akan diolah oleh fungsi aktivasi bukan merupakan hasil penjumlahan terbobot dari data input, namun berupa vektor jarak antara vektor bobot dan vektor input yang dikalikan oleh bobot bias (Kusumadewi, 2006). Fungsi aktivasi yang digunakan adalah:

$$\text{radbas}(n) = e^{-n^2} \quad (2.18)$$

Fungsi basis radial ini memiliki nilai maksimum 1, yang terjadi apabila input yang diterima bernilai 0 (jarak antara bobot dengan input 0). Oleh karena itu apabila jarak antara bobot dengan input berkurang, fungsi ini akan memberikan output lebih besar. Jaringan basis radial terdiri atas 1 lapisan tersembunyi dengan fungsi aktivasinya adalah fungsi basis radial dan lapisan output dengan fungsi aktivasi purelin atau fungsi linear (identitas).

Apabila vektor input = p , dan vektor target = t , jumlah vektor pasangan input-target = Q , dan jumlah variabel input = R , dan jumlah variabel target = S , maka algoritma jaringan syaraf tiruan adalah sebagai berikut :

1. Set bobot lapisan input ke lapisan tersembunyi sama dengan vektor input: $w_1 = p$.
2. Cari: D_{ij} = jarak titik ke- i dengan bobot ke- j ; $i, j = 1, 2, \dots, Q$.

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^R (p_{ik} - p_{jk})^2} \quad (2.19)$$

3. Cari: a_1 = hasil aktivasi dengan fungsi basis radial dari jarak titik dikalikan bias.

$$a_{1ij} = e^{-(b_1 * D_{ij})^2} \quad (2.20)$$

Dengan:

$$b_1 = \frac{\sqrt{-\ln(0,5)}}{\text{spread}} \quad (2.21)$$

(2.21)

spread merupakan bilangan real positif.

4. Cari bobot lapisan dan bobot bias lapisan, w_{2k} dan b_{2k} , pada setiap $k=1,2,\dots,S$; dengan menyelesaikan sistem persamaan linear berikut yang dapat diselesaikan dengan metode *least square*:

$$a_{11}w_{2k1} + a_{12}w_{2k2} + \dots + a_{1R}w_{2kR} + b_{2k} = t_{k1} \quad (2.22)$$

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

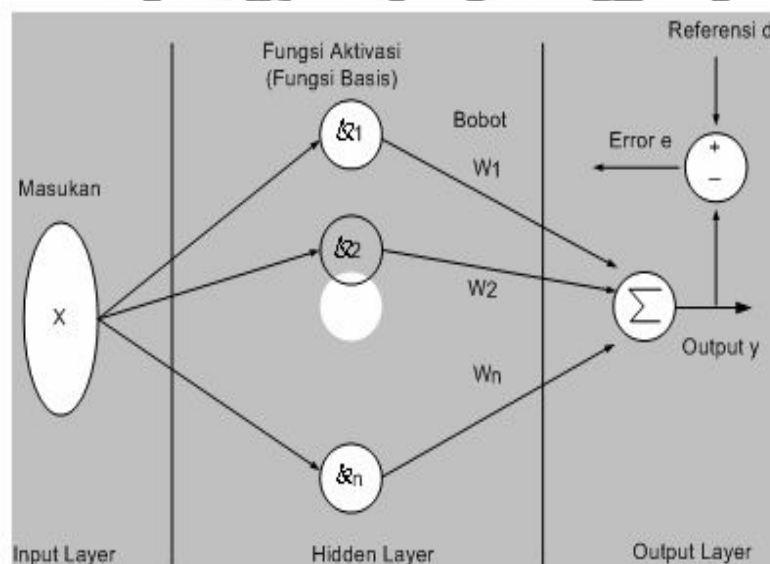
.....

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

Untuk simulasi, output jaringan syaraf a_{2ki} , pada setiap (subscript) :

$k=1,2,\dots,S$; $i=1,2,\dots,Q$:

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



Gambar 2.14. Struktur dasar jaringan syaraf fungsi basis radial

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan desember 2009 di Laboratorium produksi dan Laboratorium Listrik & Elektronika Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

3.2. Bahan Penelitian

Untuk pengambilan data waktu produksi secara konvensional bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ST 70 dengan diameter 25.4 mm dan panjang 120 mm.

3.3. Alat Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data waktu produksi mesin bubut adalah sebagai berikut :

1. Mistar Ingsut

Alat yang digunakan untuk mengukur panjang benda kerja baik sebelum dipotong maupun sesudah dipotong, dan juga digunakan untuk mengukur diameter benda kerja baik sebelum dibubut maupun sesudah dibubut.

2. Stopwatch



Gambar 3.1. Stopwatch

commit to user

3. Mesin Bubut

Mesin bubut yang digunakan adalah mesin bubut konvensional, yaitu:

- Jenis : Bubut
- Merk : SANWA C06 32A



Gambar 3.2. Mesin bubut SANWA

4. Pahat

Pahat bubut yang digunakan adalah pahat HSS (*High speed Steel*).

5. Gergaji mesin

Digunakan untuk memotong benda kerja.



Gambar 3.3. Gergaji Mesin

6. Dial Indicator

Alat yang digunakan untuk menstabilkan putaran benda kerja pada saat proses pembubutan

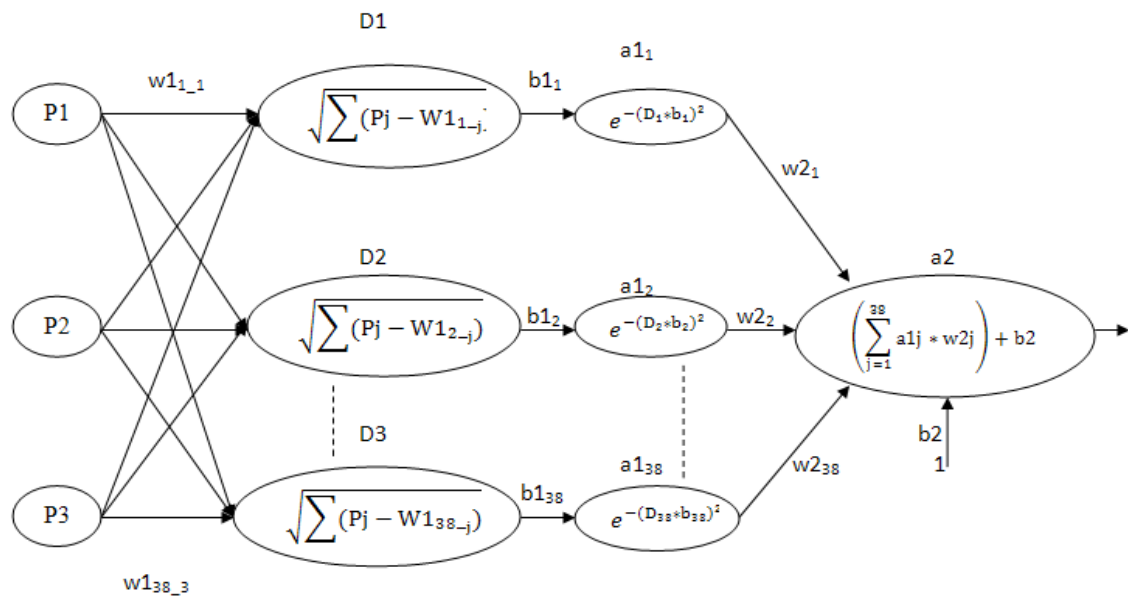


Gambar 3.4. Dial Indicator

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan jaringan syaraf tiruan adalah sebagai berikut :

- a) Komputer dengan spesifikasi :
 - 1) Prosesor Pentium IV 1,8 Ghz
 - 2) Memori 256 Mb
 - 3) Media penyimpan *harddisk* 80 Gb
- b) Perangkat lunak dan bahasa pemrograman yang digunakan adalah MATLAB 2008.

3.4. Membentuk Jaringan Basis Radial



Gambar 3.5. Arsitektur Jaringan Basis Radial

3.5. Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan sesuai variasi pengambilan data yang ada pada tabel 1.3. Data-data yang dicatat nantinya akan dihitung secara manual sesuai teori permesinan yang ada untuk mendapatkan data waktu produksi. Kemudian data-data penelitian dan data hasil perhitungan teoritis akan disusun kembali sebagai data penelitian untuk memprediksi waktu produksi dengan menggunakan algoritma/metode jaringan syaraf tiruan.

Variabel-variabel data ditetapkan sebagai berikut :

- Data-data hasil penelitian (pengambilan data uji) yaitu putaran mesin bubut (rpm), feeding (mm/rev) dan tebal pemakanan (mm) disebut sebagai masukan atau **P**.
- Data-data waktu produksi hasil perhitungan sesungguhnya saat pelatihan disebut sebagai target waktu produksi (**TWP**).
- Data-data waktu produksi hasil keluaran saat pelatihan jaringan syaraf tiruan disebut sebagai keluaran waktu produksi (**SWP**).
- Data-data waktu produksi hasil perhitungan sesungguhnya saat pengujian disebut sebagai target waktu produksi (**CWP**).

- e. Data-data waktu produksi hasil keluaran saat pengujian jaringan syaraf tiruan disebut sebagai keluaran waktu produksi (**WP**).

3.6. Langkah Kerja Penelitian

Penelitian dilakukan dua tahap. Pertama, mengambil data penelitian secara manual, yaitu dengan melakukan proses pembubutan. Pengambilan data dilakukan sebanyak 48 kali dengan variasi pada gerak makan, putaran spindle, dan tebal pemakanan seperti yang disusun pada Tabel 3.1.

Kedua, data variasi dari tahap pertama dan hasilnya digunakan untuk pengujian dengan algoritma jaringan syaraf tiruan. Tahap-tahapnya adalah sebagai berikut :

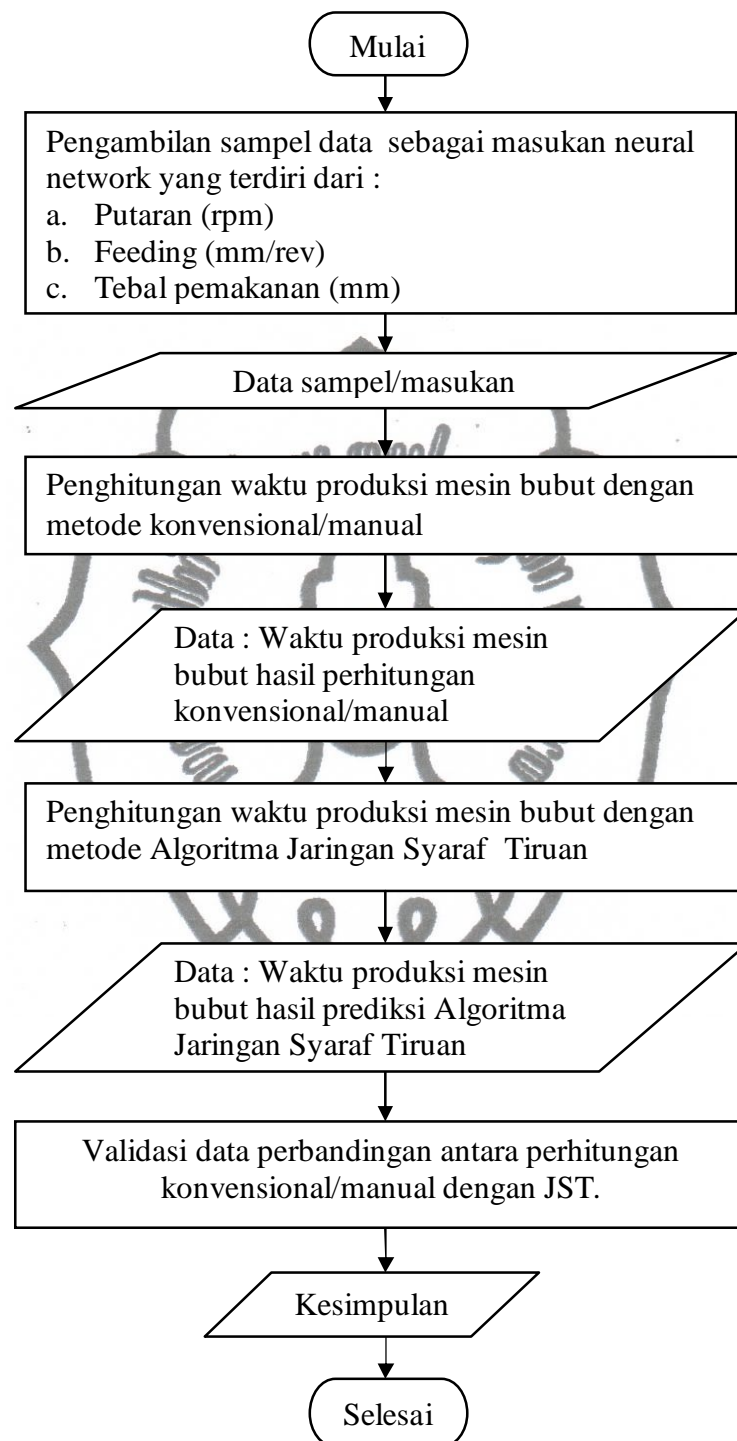
- a. 38 data (data variasi dan data hasil manual) diambil untuk digunakan sebagai data pelatihan jaringan. Setelah kinerja jaringan yang terbaik didapat (ditentukan melalui parameter jaringan).
- b. Ke-38 data tadi diujikan lagi dengan menggunakan jaringan yang sudah terbentuk dan menghasilkan keluaran baru.
- c. Data hasil perhitungan manual dan keluaran baru dibandingkan.
- d. Sisa data diujikan dengan menggunakan jaringan yang telah terbentuk dan disebut sebagai data pengujian. Kemudian data pengujian dibandingkan dengan data perhitungan manualnya untuk mengetahui *error* diantara keduanya.

Tabel 3.1. Desain pengujian pada mesin bubut SANWA

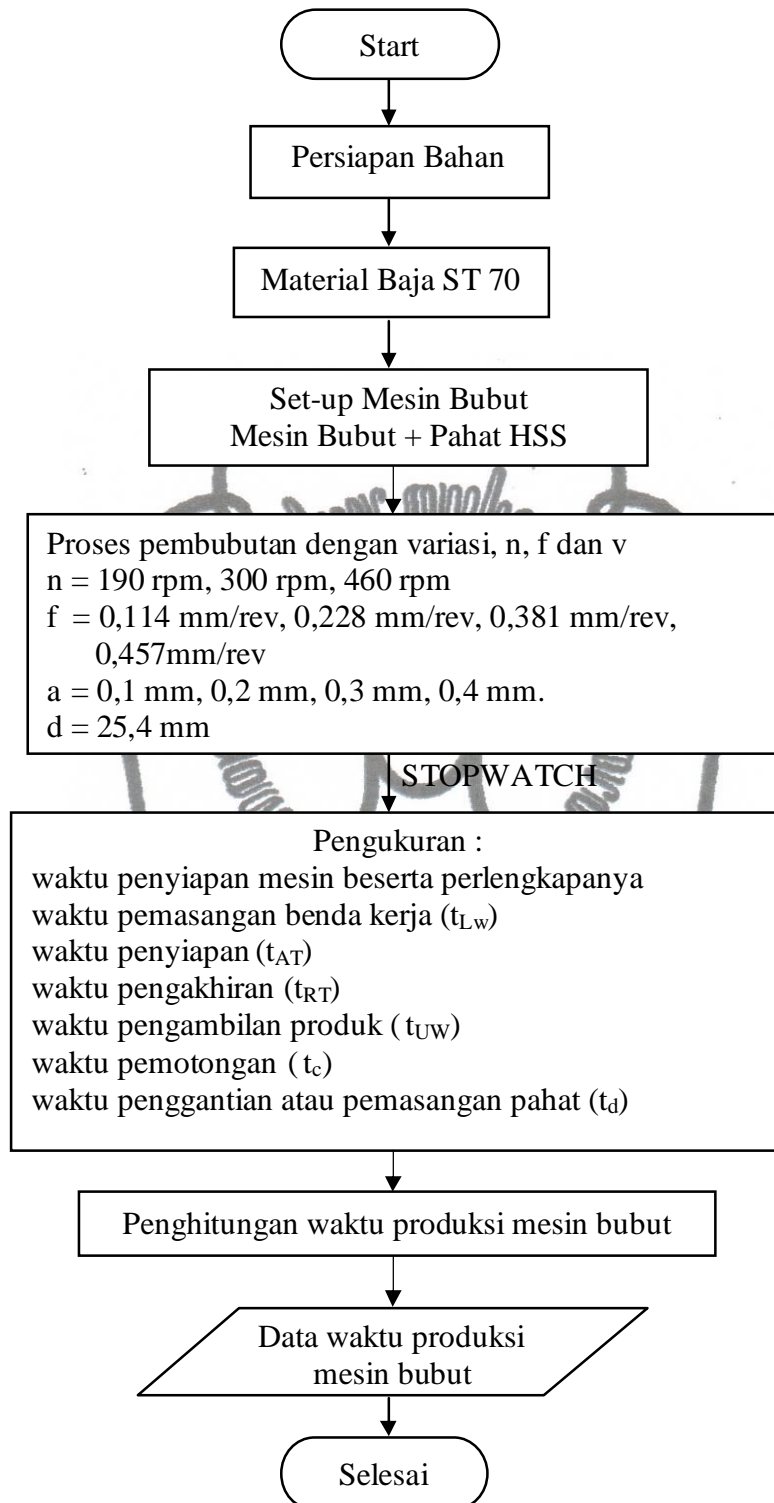
Variasi percobaan	Putaran (rpm)	Feeding (mm/rev)	Tebal Pemakanan (mm)
1 - 4	190	0,114	0,1
			0,2
			0,3
			0,4
5 - 8	190	0,228	0,1
			0,2
			0,3
			0,4
9 - 12	190	0,381	0,1
			0,2
			0,3
			0,4
13 - 16	190	0,457	0,1
			0,2
			0,3
			0,4
17 - 20	300	0,114	0,1
			0,2
			0,3
			0,4
21 - 24	300	0,228	0,1
			0,2
			0,3
			0,4
25 - 28	300	0,381	0,1
			0,2
			0,3
			0,4

29 – 32	300	0,457	0,1
			0,2
			0,3
			0,4
33 – 36	460	0,114	0,1
			0,2
			0,3
			0,4
37 - 40	460	0,228	0,1
			0,2
			0,3
			0,4
41 – 44	460	0,381	0,1
			0,2
			0,3
			0,4
45 - 48	460	0,457	0,1
			0,2
			0,3
			0,4

1.7. Diagram Alir Penelitian

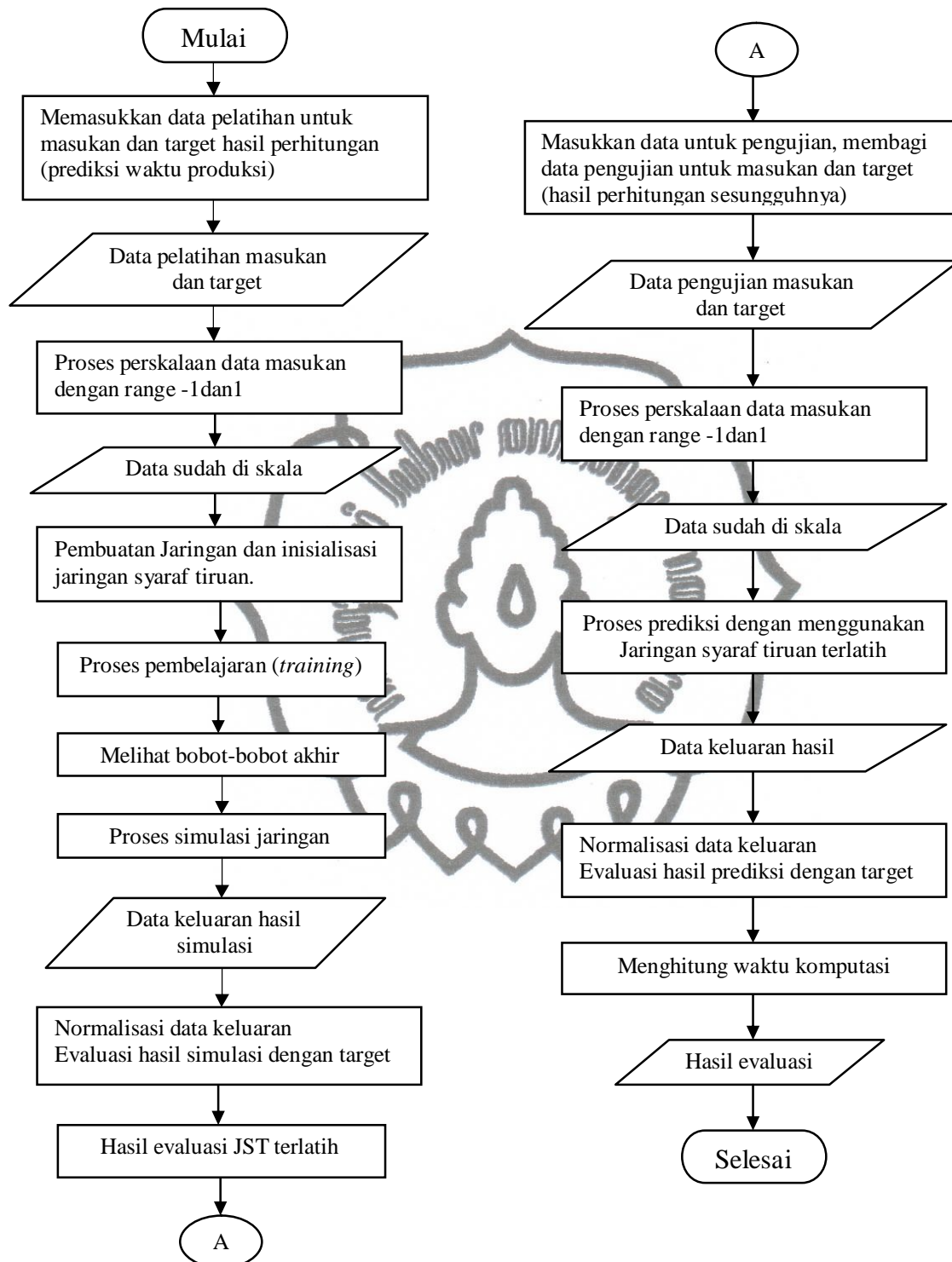


Gambar 3.6. Diagram alir penelitian.

Proses Pembubutan dan Perhitungan Data Secara Konvensional/Manual

Gambar 3.7. Diagram alir proses pembubutan dan perhitungan data secara konvensional.

Perhitungan Data dengan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan



Gambar 3.8. Diagram alir perhitungan data dengan algoritma jaringan syaraf tiruan.

3.8. Cara Kerja

Pengambilan data selama proses pembubutan

1. Mempersiapkan dimensi benda kerja yang akan digunakan, yaitu baja ST 70 yang berdiameter 25,4 mm dipotong dengan panjang 120 mm sebanyak 48 benda kerja.
2. Menyiapkan benda kerja, pahat, mistar insut, dial indikator dan alat ukur (*stopwatch*).
3. Menyiapkan mesin bubut kemudian melakukan set-up pada mesin bubut dengan putaran spindle (n) gerak makan (f) dan tebal pemakanan (a). Pada proses ini panjang pemotongan 100 mm dan sudut pahat 90°, dengan putaran spindle 300 rpm, feeding 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm/min dan bersamaan menghidupkan *stopwatch* untuk menghitung waktu penyiapan setelah selesai kemudian *stopwatch* dimatikan dan mencatat waktunya.
4. Memasang benda kerja pada spindle dan bersamaan menghidupkan *stopwatch* untuk menghitung waktu pemasangan benda kerja setelah selesai kemudian *stopwatch* dimatikan dan mencatat waktunya. Untuk mengukur putaran spindle agar silindris digunakan dial indikator.
5. Memasang pahat bubut dan bersamaan menghidupkan *stopwatch* untuk menghitung waktu pemasangan pahat setelah selesai kemudian *stopwatch* dimatikan dan mencatat waktunya.
6. Menggerakkan pahat dari posisi mula sampai pada posisi siap ntuk memotong dengan bersamaan menghidupkan *stopwatch* untuk menghitung waktu penyiapan setelah selesai kemudian *stopwatch* dimatikan dan mencatat waktunya.
7. Menghidupkan mesin bubut, kemudian melakukan proses pembubutan sesuai set-up dan bersamaan menghidupkan *stopwatch* untuk menghitung waktu pemotongan setelah selesai kemudian *stopwatch* dimatikan dan mencatat waktunya. Proses pembubutan dilakukan secara bertingkat yaitu diameter pertama 23,4 mm dengan panjang 40 mm, diameter kedua 21,4 mm dengan panjang 30 mm, dan diameter ketiga 19,4 mm dengan panjang 30 mm.

8. Setelah pembubutan selesai mesin bubut dimatikan dan pahat diposisikan seperti posisi semula dan bersamaan menghidupkan *stopwatch* untuk menghitung waktu pengakhiran setelah selesai kemudian *stopwatch* dimatikan dan mencatat waktunya. Proses ini dilakukan setiap selesai proses pembubutan.
9. Kemudian mengambil benda kerja dan bersamaan menghidupkan *stopwatch* untuk menghitung waktu pengambilan benda kerja setelah selesai kemudian *stopwatch* dimatikan dan mencatat waktunya.
10. Mengulangi langkah 3 dengan merubah tebal pemakanan yaitu 0,2 mm. Selanjutnya mengulangi langkah 4-9.
11. Mengulangi langkah 3 dengan merubah tebal pemakanan yaitu 0,3 mm. Selanjutnya mengulangi langkah 4-9.
12. Mengulangi langkah 3 dengan merubah tebal pemakanan yaitu 0,4 mm. Selanjutnya mengulangi langkah 4-9.
13. Mengulangi langkah 3-9, dengan variasi sesuai dengan set-up yang ada pada tabel 3.1.

3.9. Program Jaringan Syaraf Tiruan

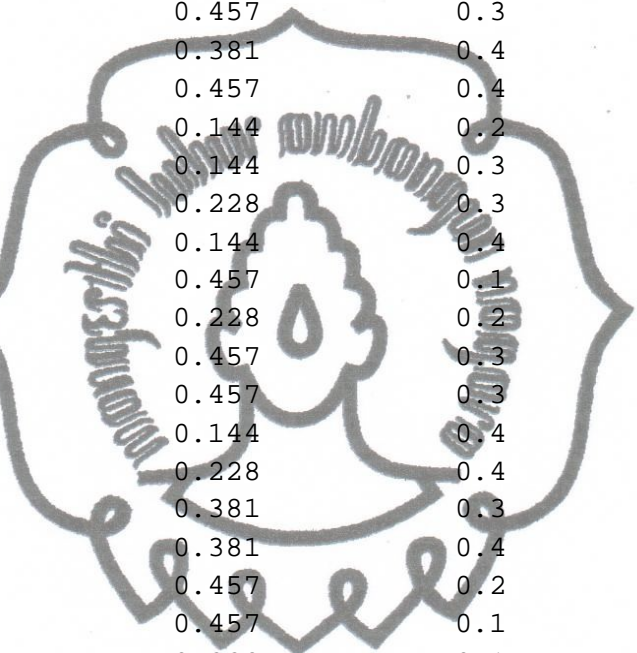
Langkah-langkah penulisan program

Penulisan program dilakukan di *m-file editor* pada Matlab yang nantinya disimpan dengan *file* ekstensi *.**m** dan *file* itu dijalankan pada program Matlab.

Pada *m-file editor* disusun perintah-perintah seperti berikut :

1. Mengosongkan layar (*screen*).
`Clear ;`
2. Menulis data-data yang akan dilatih (data pelatihan) dimana data-data ini diambil sebagian dari keseluruhan data hasil penelitian, disusun secara matrik dan disusun dari kiri ke kanan. Putaran poros, *feeding*, tebal pemakanan dan waktu produksi.

```
Data = [...
190      0.144      0.1      97.951
460      0.381      0.3      12.863
190      0.144      0.3      44.278
460      0.457      0.4      11.204
```



300	0.144	0.1	66.048
300	0.457	0.4	12.968
190	0.228	0.2	31.445
300	0.381	0.2	17.500
300	0.457	0.2	15.949
190	0.228	0.3	26.894
460	0.381	0.4	11.727
190	0.228	0.4	22.263
460	0.144	0.2	27.540
190	0.381	0.2	22.553
190	0.381	0.3	19.733
460	0.457	0.3	12.159
190	0.381	0.4	16.922
190	0.457	0.4	15.422
300	0.144	0.2	37.284
300	0.144	0.3	31.567
460	0.228	0.3	16.049
300	0.144	0.4	25.740
460	0.457	0.1	17.770
300	0.228	0.2	23.007
190	0.457	0.3	17.732
300	0.457	0.3	14.477
460	0.144	0.4	19.889
300	0.228	0.4	17.190
300	0.381	0.3	15.708
300	0.381	0.4	13.866
190	0.457	0.2	20.033
300	0.457	0.1	23.488
300	0.228	0.1	37.534
460	0.144	0.1	46.649
460	0.228	0.2	17.990
460	0.228	0.4	14.180
190	0.457	0.1	31.505
460	0.457	0.2	13.125] ;

Keterangan :

Kolom 1 = putaran poros (rpm)

Kolom 2 = feeding (mm/rev)

Kolom 3 = tebal pemakanan (mm)

Kolom 4 = waktu produksi (min/produk)

3. Membagi data, kolom 1-3 sebagai P (masukan) dan kolom 4 sebagai TWP (target waktu produksi).

```
P = Data (:,1:3)';
```

```
TWP = Data (:,4)';
```

4. Menulis data-data yang akan uji (data pengujian) dimana data-data ini diambil sebagian dari keseluruhan data hasil penelitian, disusun secara matrik dan disusun dari kiri ke kanan. Putaran poros, *feeding*, tebal pemakanan dan waktu produksi.

```
Data = [ ...
190          0.144          0.2          53.240
190          0.228          0.1          54.361
190          0.381          0.1          36.567
460          0.381          0.2          13.929
190          0.144          0.4          35.346
460          0.144          0.3          23.751
300          0.381          0.1          26.471
300          0.228          0.3          20.134
460          0.228          0.1          27.534
460          0.381          0.1          19.479 ] ;
```

Keterangan :

Kolom 1 = putaran poros (rpm)
 Kolom 2 = *feeding* (mm/rev)
 Kolom 3 = tebal pemakanan (mm)
 Kolom 4 = waktu produksi (min/produk)

5. Membagi data, kolom 1-3 sebagai P (masukan) dan kolom 4 sebagai TWP (target waktu produksi).

```
P = Data (:,1:3)';
CWP = Data (:,4)';
```

6. Mengubah nilai-nilai data dengan skala antara -1 sampai 1, agar data-data tersebut terletak pada jangkauan dalam skala.

```
[pn,minp,maxp,tn,mint,maxt] = premmx(P,T)
```

Keterangan :

pn = matrik masukan yang ternormalisasi (terletak pada jangkauan [-1 1]).

tn = matrik target yang ternormalisasi (terletak pada jangkauan [-1 1]).

minp = nilai minimum pada matrik masukan asli (P).

maxp = nilai maksimum pada matrik masukan asli (P).

mint = nilai minimum pada matrik target asli (T).

commit to user

\max_t = nilai maksimum pada matrik target asli (T).

7. Membangun jaringan syaraf tiruan

Dalam Matlab sudah tersedia perintah untuk membangun jaringan syaraf tiruan yaitu *newrbe*.

```
net = newrbe (P,T,2) [5,1],{'radbas','purelin'};
```

[5, 1] = Jaringan dengan 2 lapisan, lapisan pertama (tersembunyi) terdiri dari 5 neuron, lapisan kedua (lapisan keluaran) berisi 1 neuron.

radbas = Fungsi aktivasi lapisan pertama

purelin = Fungsi aktivasi lapisan kedua/keluaran

8. Melihat bobot-bobot awal masukan, lapisan dan bias. Bobot-bobot awal bisa diset dengan nilai sendiri, jika tidak maka akan muncul bobot-bobot awal secara acak (*random*).

```
Bobot_Input      = net.IW{1,1}
Bobot_Bias_Input = net.b{1,1}
Bobot_Lapisan    = net.LW{2,1}
Bobot_Bias_Lapisan = net.b{2,1}
```

9. Menulis perintah simulasi untuk melihat perbandingan antara target (TWP) dan keluaran (SWP) dari jaringan syaraf tersebut. Selisih dari target dan keluaran ini dianggap sebagai *error*.

```
a = sim(net,P);
H =[TWP' a' abs(TWP'-a') abs(TWP'-a')./TWP'*100 ]
sprintf('%5d %5.2f %5.2f %5.2f\n',H);
```

10. Menulis perintah simulasi untuk melihat perbandingan antara target data baru waktu produksi (CWP) dan keluaran dari data pengujian waktu produksi (WP). Selisih dari target dan keluaran ini dianggap sebagai *error*.

```
b = sim (net,Q);
L = [CWP' b' abs(CWP'-b') abs(CWP'-b')./CWP'*100]
sprintf('%5d %5.2f %5.2f %5.2f\n',L);
```

11. Menulis perintah tic-toc untuk menghitung waktu komputasi.

```
tic-toc
```

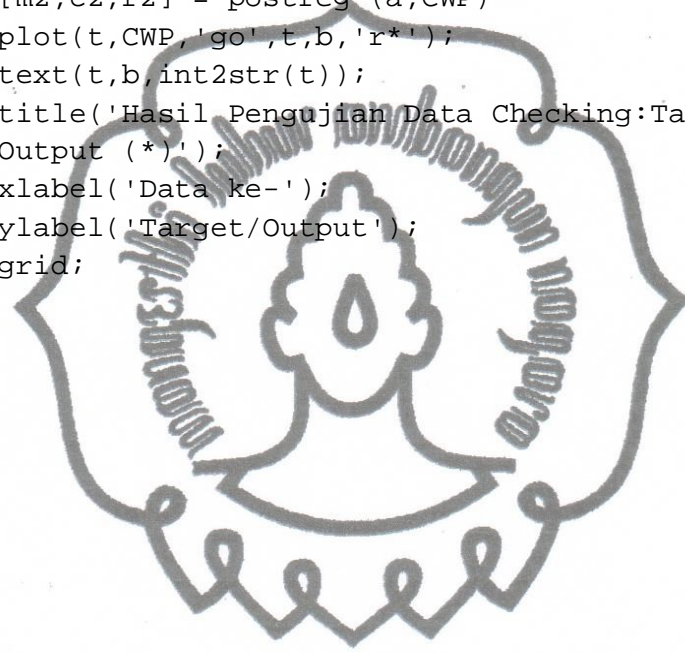
12. Menulis perintah evaluasi untuk mengetahui hasil perbandingan antara target dengan keluaran dari data pelatihan.

```
k = (1:size ('P',2))';
t = (1:size(Q,2))';
```

```
[m1,c1,r1]= postreg (b,CWP);  
pause;  
plot(k,TWP,'go',k,a, 'r*');  
title('Hasil Pengujian Data Checking: Target (o),  
Output (*)');  
xlabel('data ke-');  
ylabel('Target/Output');  
grid;pause;
```

14. Menulis perintah evaluasi untuk mengetahui hasil perbandingan antara target dengan keluaran dari data pengujian.

```
[m2,c2,r2] = postreg (a,CWP)  
plot(t,CWP,'go',t,b,'r*');  
text(t,b,int2str(t));  
title('Hasil Pengujian Data Checking:Target (O),  
Output (*)');  
xlabel('Data ke-');  
ylabel('Target/Output');  
grid;
```



BAB IV

DATA DAN ANALISA

4.1. Data Penelitian

Dari hasil penelitian dapat disusun tabel komponen waktu produksi (min/produk) pada berbagai variasi, seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Komponen waktu produksi

Var	Waktu penyiapan mesin (min/prod)	Waktu pemasangan benda kerja (min/prod)	Waktu pengakhiran (min/prod)	Waktu penyiapan (min/prod)	Waktu pemotongan (min/prod)	Waktu pengambilan produk (min/prod)	Waktu pemasangan pahat (min/prod)
1	1,65	0,05	4,33	2,42	89,33	0,15	0,92
2	1,65	0,04	4,32	2,42	44,65	0,15	0,90
3	1,63	0,04	4,33	2,40	35,72	0,15	0,92
4	1,65	0,04	4,33	2,40	26,79	0,13	0,92
5	1,63	0,05	4,32	2,42	45,80	0,13	0,90
6	1,63	0,04	4,32	2,40	22,90	0,15	0,92
7	1,65	0,04	4,33	2,42	18,32	0,13	0,90
8	1,63	0,04	4,32	2,40	13,74	0,13	0,90
9	1,63	0,05	4,33	2,40	28,00	0,15	0,92
10	1,65	0,05	4,32	2,40	14,00	0,13	0,90
11	1,65	0,05	4,32	2,38	11,20	0,13	0,90
12	1,63	0,04	4,32	2,38	8,40	0,15	0,92
13	1,63	0,04	4,30	2,40	23,00	0,13	0,92
14	1,63	0,05	4,30	2,40	11,50	0,15	0,90
15	1,65	0,05	4,32	2,38	9,20	0,13	0,90
16	1,65	0,04	4,32	2,38	6,90	0,13	0,92
17	1,63	0,04	4,30	2,38	57,50	0,13	0,90
18	1,63	0,05	4,30	2,37	28,75	0,15	0,92
19	1,65	0,05	4,32	2,37	23,00	0,15	0,92
20	1,63	0,04	4,30	2,37	17,25	0,13	0,90
21	1,63	0,04	4,32	2,38	29,00	0,13	0,90
22	1,63	0,04	4,30	2,37	14,50	0,15	0,90
23	1,65	0,04	4,30	2,38	11,60	0,15	0,92
24	1,63	0,04	4,28	2,38	8,70	0,15	0,90
25	1,63	0,04	4,28	2,37	18,00	0,13	0,90
26	1,65	0,04	4,28	2,37	9,00	0,15	0,88
27	1,65	0,04	4,30	2,38	7,20	0,13	0,88
28	1,63	0,03	4,30	2,37	5,40	0,13	0,88
29	1,63	0,03	4,28	2,38	15,00	0,15	0,90
30	1,62	0,04	4,28	2,37	7,50	0,13	0,88
31	1,63	0,04	4,28	2,37	6,00	0,15	0,90
32	1,62	0,03	4,30	2,38	4,50	0,13	0,88
33	1,62	0,04	4,28	2,37	38,00	0,13	0,90

34	1,63	0,03	4,28	2,37	19,00	0,13	0,88
35	1,63	0,04	4,30	2,37	15,20	0,13	0,90
36	1,62	0,03	4,28	2,35	11,40	0,15	0,88
37	1,63	0,04	4,28	2,35	19,00	0,13	0,90
38	1,62	0,04	4,28	2,37	9,50	0,13	0,88
39	1,62	0,04	4,27	2,35	7,60	0,13	0,88
40	1,62	0,04	4,27	2,37	5,70	0,15	0,90
41	1,63	0,03	4,28	2,35	11,00	0,13	0,88
42	1,62	0,03	4,27	2,35	5,50	0,13	0,88
43	1,63	0,04	4,27	2,35	4,40	0,15	0,88
44	1,62	0,03	4,28	2,35	3,30	0,13	0,88
45	1,62	0,03	4,27	2,37	9,30	0,13	0,88
46	1,63	0,04	4,28	2,35	4,65	0,15	0,90
47	1,62	0,03	4,27	2,37	3,72	0,13	0,88
48	1,62	0,03	4,27	2,35	2,79	0,13	0,88

Keterangan :

Variasi 1 : Putaran 190 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm

Variasi 2 : Putaran 190 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm

Variasi 3 : Putaran 190 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm

Variasi 4 : Putaran 190 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm

Variasi 5 : Putaran 190 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm

Variasi 6 : Putaran 190 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm

Variasi 7 : Putaran 190 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm

Variasi 8 : Putaran 190 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm

Variasi 9 : Putaran 190 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm

Variasi 10: Putaran 190 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm

Variasi 11: Putaran 190 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm

Variasi 12: Putaran 190 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm

Variasi 13: Putaran 190 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm

Variasi 14: Putaran 190 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm

Variasi 15: Putaran 190 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm

Variasi 16: Putaran 190 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm

Variasi 17: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm

Variasi 18: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm

Variasi 19: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm

Variasi 20: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm

Variasi 21: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm
Variasi 22: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm
Variasi 23: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm
Variasi 24: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm
Variasi 25: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm
Variasi 26: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm
Variasi 27: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm
Variasi 28: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm
Variasi 29: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm
Variasi 30: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm
Variasi 31: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm
Variasi 32: Putaran 300 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm
Variasi 33: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm
Variasi 34: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm
Variasi 35: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm
Variasi 36: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,114 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm
Variasi 37: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm
Variasi 38: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm
Variasi 39: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm
Variasi 40: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,228 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm
Variasi 41: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm
Variasi 42: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm
Variasi 43: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm
Variasi 44: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,381 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm
Variasi 45: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,1 mm
Variasi 46: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,2 mm
Variasi 47: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,3 mm
Variasi 48: Putaran 460 rpm, *feeding* 0,457 mm/rev, dan tebal pemakanan 0,4 mm

4.2. Analisa Data Menggunakan Perhitungan Konvensional

Dari data hasil percobaan (waktu penyiapan mesin, waktu pemasangan benda kerja, waktu penyiapan, waktu pengakhiran, waktu pemotongan, waktu pengambilan produk dan waktu penggantian pahat) maka berdasarkan rumus waktu produksi dalam bab III total waktu produksi mesin bubut tiap variasi dapat dilihat dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2. Waktu produksi tiap variasi percobaan.

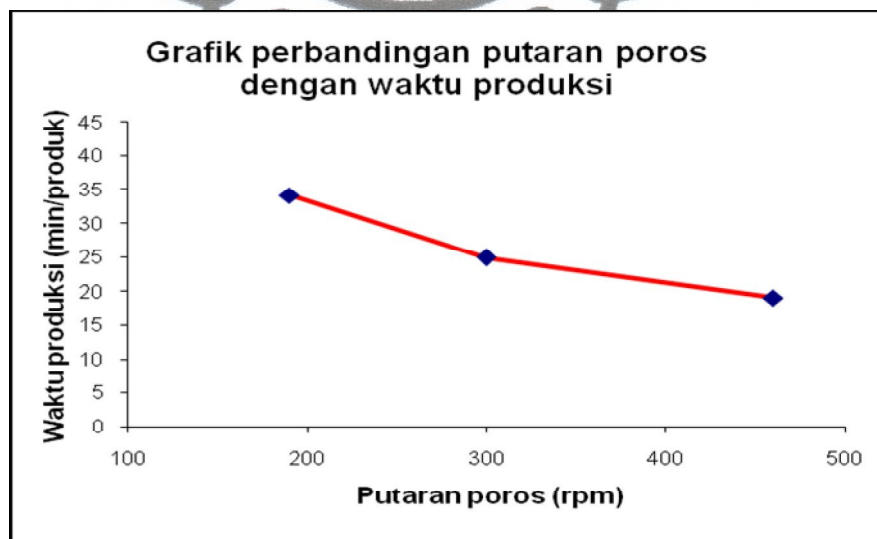
Variasi Percobaan	Waktu produksi (min/produk)	Variasi Percobaan	Waktu produksi (min/produk)
1	97,951	22	23,007
2	53,240	23	20,134
3	44,278	24	17,190
4	35,346	25	26,471
5	54,361	26	17,500
6	31,445	27	15,708
7	26,894	28	13,866
8	22,263	29	23,488
9	36,567	30	15,949
10	22,553	31	14,477
11	19,733	32	12,965
12	16,922	33	46,649
13	31,505	34	27,540
14	20,033	35	23,751
15	17,732	36	19,889
16	15,422	37	27,534
17	66,048	38	17,990
18	37,284	39	16,049
19	31,567	40	14,180
20	25,740	41	19,479
21	37,534	42	13,929

Variasi Percobaan	Waktu produksi (min/produk)
43	12,863
44	11,727
45	17,770
46	13,125
47	12,159
48	11,204

Tabel-tabel perbandingan waktu produksi :

Tabel 4.3. Perbandingan waktu produksi pada variasi percobaan perbedaan putaran (rpm).

No	Putaran (rpm)	Feeding rata-rata (mm/rev)	Tebal pemakanan rata-rata (mm)	Waktu produksi (min/produk)
1	190	0,295	0,25	34,140
2	300	0,295	0,25	24,933
3	460	0,295	0,25	19,115



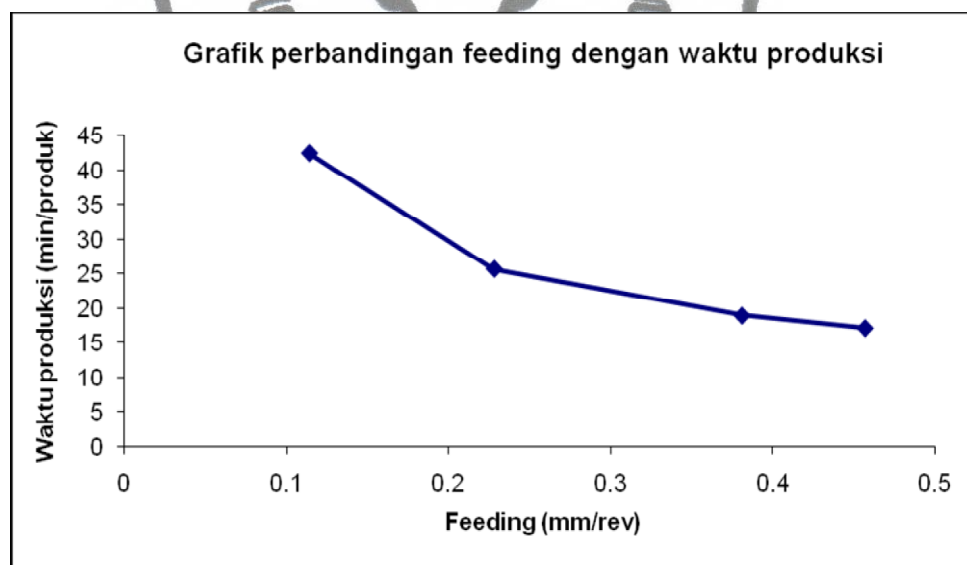
Gambar 4.1. Grafik perbandingan putaran poros dengan waktu produksi.

Dari tabel dan grafik perbandingan putaran poros dengan waktu produksi terlihat bahwa semakin tinggi putaran poros maka akan mempercepat waktu produksi. Untuk putaran poros 190(rpm) dengan feeding rata-rata 0,295 (mm/rev)

dan tebal pemakanan rata-rata 0,25 (mm) menghasilkan waktu produksi 34,140 (min/produk), dan untuk putaran poros 300 dan 460 (rpm) dengan *feeding* dan tebal pemakanan yang sama menghasilkan waktu produksi 24,933 (min/produk) dan 19,115 (min/produk). Hal ini sesuai dengan rumus pada persamaan 2.1 bahwa semakin tinggi putaran poros maka akan semakin cepat waktu pemotongan (Rochim, 1993).

Tabel 4.4. Perbandingan waktu produksi pada variasi percobaan perbedaan *feeding* (mm/rev)

No	Putaran rata-rata (rpm)	Feeding (mm/rev)	Tebal pemakanan rata-rata (mm)	Waktu produksi (min/produk)
1	316.667	0,114	0,25	42,440
2	316.667	0,228	0,25	25,715
3	316.667	0,381	0,25	18,943
4	316.667	0,457	0,25	17,152



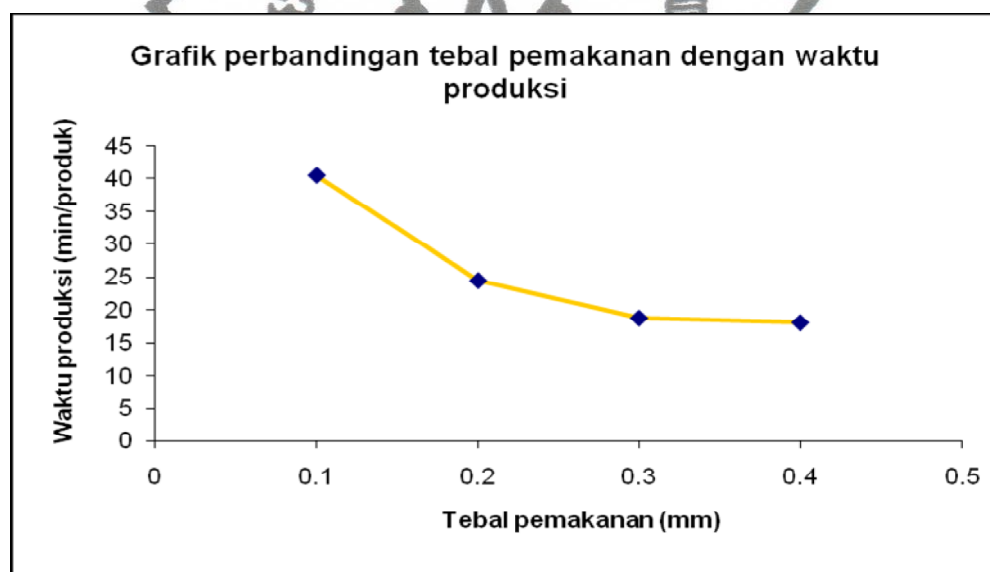
Gambar 4.2. Grafik perbandingan *feeding* dengan waktu produksi.

Dari tabel dan grafik perbandingan *feeding* dengan waktu produksi terlihat bahwa semakin tinggi *feeding* maka waktu produksi akan semakin cepat. Untuk *feeding* 0,114 (mm/rev), putaran poros rata-rata 316.667 (rpm) dan tebal pemakanan rata-rata 0,3 (mm) menghasilkan waktu produksi 42,440 (min/produk), sedangkan untuk *feeding* 0,228, 0,381 dan 0,457 (mm/rev) dengan

putaran poros dan tebal pemakanan konstan menghasilkan waktu produksi 42,440 (min/produk), 25,715 (min/produk), 18,943 (min/produk) dan 17,152 (min/produk). Hal ini sesuai dengan rumus pada persamaan 2.1 bahwa semakin tinggi *feeding* maka akan semakin kecil waktu pemotongan sehingga mempercepat waktu produksi (Rochim, 1993).

Tabel 4.5. Perbandingan waktu produksi pada variasi percobaan perbedaan tebal pemakanan (mm).

No	Putaran rata-rata (rpm)	Feeding rata-rata (mm/rev)	Tebal pemakanan (mm)	Waktu produksi (min/produk)
1	316.667	0,295	0,1	40,446
2	316.667	0,295	0,2	24,466
3	316.667	0,295	0,3	18,741
4	316.667	0,295	0,4	18,060



Gambar 4.3. Grafik perbandingan tebal pemakanan dengan waktu produksi.

Dari tabel dan grafik perbandingan tebal pemakanan dengan waktu produksi terlihat bahwa semakin besar tebal pemakanan maka waktu produksi akan semakin cepat. Untuk tebal pemakanan 0,1 (mm), putaran poros rata-rata 316.667 (rpm) dan *feeding* rata-rata 0,295 (mm/rev) menghasilkan waktu produksi 40,446 (min/produk), sedangkan untuk tebal pemakanan 0,2 (mm), 0,3 (mm) dan 0,4 (mm) dengan putaran poros dan *feeding* konstan menghasilkan waktu produksi

24,466 (min/produk), 18,741 (min/produk) dan 18,060 (min/produk). Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar tebal pemakanan maka semakin cepat pula waktu produksi yang dibutuhkan.

4.3. Analisa Data Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan

Variasi percobaan data waktu produksi hasil perhitungan konvensional disusun lagi sebagai data-data untuk pengujian program jaringan syaraf tiruan. Data-data tersebut disusun pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Data-data variasi percobaan, waktu produksi konvensional

Variasi	Putaran (rpm)	Feeding (mm/rev)	Tebal Pemakanan (mm)	Waktu Produksi (min/produk)
1	190	0,114	0,1	97,951
2	190	0,114	0,2	53,240
3	190	0,114	0,3	44,278
4	190	0,114	0,4	35,346
5	190	0,228	0,1	54,361
6	190	0,228	0,2	31,445
7	190	0,228	0,3	26,894
8	190	0,228	0,4	22,263
9	190	0,381	0,1	36,567
10	190	0,381	0,2	22,553
11	190	0,381	0,3	19,733
12	190	0,381	0,4	16,922
13	190	0,457	0,1	31,505
14	190	0,457	0,2	20,033
15	190	0,457	0,3	17,732
16	190	0,457	0,4	15,422
17	300	0,114	0,1	66,048
18	300	0,114	0,2	37,284
19	300	0,114	0,3	31,567
20	300	0,114	0,4	25,740
21	300	0,228	0,1	37,534

22	300	0,228	0,2	23,007
23	300	0,228	0,3	20,134
24	300	0,228	0,4	17,190
25	300	0,381	0,1	26,471
26	300	0,381	0,2	17,500
27	300	0,381	0,3	15,708
28	300	0,381	0,4	13,866
29	300	0,457	0,1	23,488
30	300	0,457	0,2	15,949
31	300	0,457	0,3	14,477
32	300	0,457	0,4	12,965
33	460	0,114	0,1	46,649
34	460	0,114	0,2	27,540
35	460	0,114	0,3	23,751
36	460	0,114	0,4	19,889
37	460	0,228	0,1	27,534
38	460	0,228	0,2	17,990
39	460	0,228	0,3	16,049
40	460	0,228	0,4	14,180
41	460	0,381	0,1	19,479
42	460	0,381	0,2	13,929
43	460	0,381	0,3	12,863
44	460	0,381	0,4	11,727
45	460	0,457	0,1	17,770
46	460	0,457	0,2	13,125
47	460	0,457	0,3	12,159
48	460	0,457	0,4	11,204

Dari data-data pada tabel 4.6 akan digunakan sebanyak 38 data untuk dilatih yang dapat dilihat pada tabel 4.7, sedangkan sisanya sebanyak 10 data akan digunakan sebagai data pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.8. Data untuk pelatihan dan data untuk pengujian diambil secara acak agar merata dalam pembelajaran jaringan.

Tabel 4.7. Tiga puluh delapan data yang akan dilatih

No	Variasi	Putaran (rpm)	Feeding (mm/rev)	Tebal Pemakanan (mm)	Waktu Produksi (min/produk)
1	1	190	0,114	0,1	97,951
2	43	460	0,381	0,3	12,863
3	3	190	0,114	0,3	44,278
4	48	460	0,457	0,4	11,204
5	17	300	0,114	0,1	66,048
6	32	300	0,457	0,4	12,965
7	6	190	0,228	0,2	31,445
8	26	300	0,381	0,2	17,500
9	30	300	0,457	0,2	15,949
10	7	190	0,228	0,3	26,894
11	44	460	0,381	0,4	11,727
12	8	190	0,228	0,4	22,263
13	34	460	0,114	0,2	27,540
14	10	190	0,381	0,2	22,553
15	11	190	0,381	0,3	19,733
16	47	460	0,457	0,3	12,159
17	12	190	0,381	0,4	16,922
18	16	190	0,457	0,4	15,422
19	18	300	0,114	0,2	37,284
20	19	300	0,114	0,3	31,567
21	39	460	0,228	0,3	16,049
22	20	300	0,114	0,4	25,740
23	45	460	0,457	0,1	17,770

24	22	300	0,228	0,2	23,007
25	15	190	0,457	0,3	17,732
26	31	300	0,457	0,3	14,477
27	36	460	0,114	0,4	19,889
28	24	300	0,228	0,4	17,190
29	27	300	0,381	0,3	15,708
30	28	300	0,381	0,4	13,866
31	14	190	0,457	0,2	20,033
32	29	300	0,457	0,1	23,488
33	21	300	0,228	0,1	37,534
34	33	460	0,114	0,1	46,649
35	38	460	0,228	0,2	17,990
36	40	460	0,228	0,4	14,180
37	13	190	0,457	0,1	31,505
38	46	460	0,457	0,2	13,125

Tabel 4.8. Sepuluh data yang akan di uji (dipilih secara acak)

No	Variasi	Masukan (Input)			Target
		Putaran (rpm)	Feeding (mm/rev)	Tebal Pemakanan (mm)	Waktu Produksi (min/produk)
1	2	190	0,114	0,2	53,240
2	5	190	0,228	0,1	54,361
3	9	190	0,381	0,1	36,567
4	42	460	0,381	0,2	13,929
5	4	190	0,114	0,4	35,346
6	35	460	0,114	0,3	23,751
7	25	300	0,381	0,1	26,471
8	23	300	0,228	0,3	20,134
9	37	460	0,228	0,1	27,534
10	41	460	0,381	0,1	19,479

Peramalan atau prediksi digunakan jaringan syaraf dengan metode *radial basis function* (RBF). Jaringan syaraf ini terdiri atas lapisan masukan (*input*), lapisan tersembunyi (*hidden*), dan lapisan keluaran (*output*). Lapisan masuk terdiri atas 3 neuron, yang masing-masing mewakili putaran poros, *feeding*, dan tebal pemakanan. Jaringan ini terdiri 1 lapisan tersembunyi yang terdiri dari 5 neuron dengan fungsi berbasis radial (RBF). Lapisan keluaran terdiri atas 1 neuron yaitu waktu produksi dengan fungsi aktivasi *purelin*.

Radial basis function memiliki nilai maksimum 1, yang terjadi apabila input yang diterima bernilai 0 (jarak antara bobot dengan input 0). Sehingga apabila jarak antara bobot dengan input berkurang, fungsi ini akan memberikan output lebih besar. Untuk penelitian ini, parameter masukan yang dipakai cukup dilatih dengan menggunakan 1 lapisan tersembunyi saja. Untuk fungsi aktivasi memang dipakai fungsi *purelin* (identitas) karena fungsi ini paling cocok untuk metode radial basis function, fungsi ini menghasilkan keluaran yang terletak antara interval -1 dan 1 (Kusumadewi, 2006).

Sebelum jaringan dibangun, terlebih dahulu dilakukan proses awal untuk melakukan penskalaan pada masukan pada masukan dan target sedemikian hingga data-data masukan dan target tersebut masuk dalam satu jangkauan tertentu. Apabila data masukan disimpan pada matriks P, dan target disimpan pada matriks T, maka :

$$[p_n, \min_p, \max_p, t_n, \min_t, \max_t] = \text{premnm} (P, T)$$

Kemudian dibangun jaringan syaraf metode *radial basis function* (RBF) dengan perintah *newrbe* yang telah tersedia pada Matlab dengan P sebagai masukan (*input*) dan T sebagai keluaran (*output*).

```
net = newrbe (P,T,2),[5,1],{'radbas','purelin'};
```

Bobot-bobot awal ditetapkan terlebih dahulu agar dalam pengujian berikutnya menggunakan bobot-bobot awal yang sama sehingga bisa dibandingkan hasilnya. Bobot-bobot awal yang didapatkan dari menjalankan sistem jaringan dengan perintah untuk mendapatkan bobot awal secara random, yaitu :

```
Bobot_Input      = net.IW{1,1}
Bobot_Bias_Input = net.b{1,1}
```

```

Bobot_Lapisan          = net.LW{2,1}
Bobot_Bias_Lapisan     = net.b{2,1}

```

Dari perintah-perintah ini akan menghasilkan nilai bobot-bobot secara acak, bobot input, bobot bias input, bobot lapisan dan bobot bias lapisan :

Bobot_Input =

190.0000	0.1440	0.1000
460.0000	0.3810	0.3000
190.0000	0.1440	0.3000
460.0000	0.4570	0.4000
300.0000	0.1440	0.1000
300.0000	0.4570	0.4000
190.0000	0.2280	0.2000
300.0000	0.3810	0.2000
300.0000	0.4570	0.2000
190.0000	0.2280	0.3000
460.0000	0.3810	0.4000
190.0000	0.2280	0.4000
460.0000	0.1440	0.2000
190.0000	0.3810	0.2000
190.0000	0.3810	0.3000
460.0000	0.4570	0.3000
190.0000	0.3810	0.4000
190.0000	0.4570	0.4000
300.0000	0.1440	0.2000
300.0000	0.1440	0.3000
460.0000	0.2280	0.3000
300.0000	0.1440	0.4000
460.0000	0.4570	0.1000
300.0000	0.2280	0.2000
190.0000	0.4570	0.3000
300.0000	0.4570	0.3000
460.0000	0.1440	0.4000
300.0000	0.2280	0.4000
300.0000	0.3810	0.3000
300.0000	0.3810	0.4000
190.0000	0.4570	0.2000
300.0000	0.4570	0.1000
300.0000	0.2280	0.1000
460.0000	0.1440	0.1000
460.0000	0.2280	0.2000
460.0000	0.2280	0.4000
190.0000	0.4570	0.1000
460.0000	0.4570	0.2000

Columns 10 through 18

```
0.0210    -0.0022    -0.0047    -0.0014    0.0153    -0.0180
-0.0065    0.0029    0.0018
```

Columns 19 through 27

```
-1.1898    0.6237    0.0044    -0.0206    -0.0012    1.1903
0          1.9196    0.0001
```

Columns 28 through 36

```
-0.3953    -2.5352    1.2674    0.0009    0.2132    -0.7992
0.0013    -0.0033    -0.0012
```

Columns 37 through 38

```
-0.0027    0.0045
```

```
Bobot_Bias_Lapisan =
-9.9686e+004
```

Kemudian dilukan simulasi dengan menggunakan perintah :

Untuk data training :

```
a = sim(net,P);
H =[TWP' a' abs(TWP'-a') abs(TWP'-a')./TWP'*100 ]
sprintf('%5d %5.2f %5.2f %5.2f\n',H');
```

Untuk data testing :

```
b = sim (net,Q);
L = [CWP' b' abs(CWP'-b') abs(CWP'-b')./CWP'*100]
sprintf('%5d %5.2f %5.2f %5.2f\n',L');
```

Dari perintah-perintah ini akan menghasilkan nilai target, keluaran, selisih target dan keluaran (*error*) serta persentase *error*.

H =

```
97.9510    97.9519    0.0009    0.0009
12.8630    12.8636    0.0006    0.0047
44.2780    44.2789    0.0009    0.0020
11.2040    11.2049    0.0009    0.0084
66.0480    66.0486    0.0006    0.0009
12.9680    12.9685    0.0005    0.0039
31.4450    31.4459    0.0009    0.0029
17.5000    17.4998    0.0002    0.0014
15.9490    15.9499    0.0009    0.0059
26.8940    26.8949    0.0009    0.0034
11.7270    11.7279    0.0009    0.0077
22.2630    22.2639    0.0009    0.0040
```

27.5400	27.5409	0.0009	0.0033
22.5530	22.5539	0.0009	0.0040
19.7330	19.7339	0.0009	0.0046
12.1590	12.1599	0.0009	0.0075
16.9220	16.9229	0.0009	0.0053
15.4220	15.4229	0.0009	0.0059
37.2840	37.2830	0.0010	0.0028
31.5670	31.5671	0.0001	0.0004
16.0490	16.0499	0.0009	0.0056
25.7400	25.7400	0.0000	0.0001
17.7700	17.7709	0.0009	0.0051
23.0070	23.0066	0.0004	0.0018
17.7320	17.7329	0.0009	0.0051
14.4770	14.4763	0.0007	0.0047
19.8890	19.8899	0.0009	0.0046
17.1900	17.1902	0.0002	0.0011
15.7080	15.7078	0.0002	0.0015
13.8660	13.8669	0.0009	0.0068
20.0330	20.0339	0.0009	0.0045
23.4880	23.4890	0.0010	0.0043
37.5340	37.5349	0.0009	0.0024
46.6490	46.6499	0.0009	0.0019
17.9900	17.9909	0.0009	0.0050
14.1800	14.1809	0.0009	0.0064
31.5050	31.5059	0.0009	0.0029
13.1250	13.1259	0.0009	0.0069

Kemudian dilakukan penghitungan waktu komputasi dengan perintah *tic-toc*, dengan perintah tersebut akan terlihat waktu komputasi yaitu:
0.679514 seconds.

L =

53.2400	55.2553	2.0153	3.7853
54.3610	61.8763	7.5153	13.8249
36.5670	40.1545	3.5875	9.8107
13.9290	13.6817	0.2473	1.7757
35.3460	33.0915	2.2545	6.3785
23.7510	23.2820	0.4690	1.9745
26.4710	25.4294	1.0416	3.9347
20.1340	20.9910	0.8570	4.2563
27.5340	31.2800	3.7460	13.6051
19.4790	20.3921	0.9131	4.6875

Untuk menampilkan grafik hasil simulasi dengan menggunakan perintah :

```
k = (1:size('T',2))';
t = (1:size(Q,2))';
```

commit to user

```

[m1,c1,r1]= postreg (a,TWP);
pause;
plot(k,TWP,'go',k,a, 'r*');
title('Hasil Pengujian Data Checking: Target (o), Output
(*)');
xlabel('data ke-');
ylabel('Target/Output');
grid;pause;
[m2,c2,r2] = postreg (b,CWP)
plot(t,CWP,'go',t,b,'r*');
text(t,b,int2str(t));
title('Hasil Pengujian Data Checking:Target (O), Output
(*)');
xlabel('Data ke-');
ylabel('Target/Output');
grid;

```

Pengujian dilakukan terhadap data-data yang dilatih. Perbandingan antara target (TWP) dan keluaran (SWP) dari jaringan tersebut dilakukan dengan perintah simulasi jaringan. Selisih dari target dan keluaran ini dianggap sebagai *error*.

Perintah ini menghasilkan :

Tabel 4.9. Error untuk waktu produksi dari data pelatihan

No	Var	Target (TWP)	Keluaran (SWP)	E=[TWP-SWP]	Prosentase (%)
1	1	97,951	97,9519	0,0009	0,0009
2	43	12,863	12,8636	0,0006	0,0047
3	3	44,278	44,2789	0,0009	0,0020
4	48	11,204	11,2049	0,0009	0,0084
5	17	66,048	66,0486	0,0006	0,0009
6	32	12,965	12,9686	0,0005	0,0039
7	6	31,445	31,4459	0,0009	0,0029
8	26	17,500	17,4998	0,0002	0,0014
9	30	15,949	15,9499	0,0009	0,0059
10	7	26,894	26,8949	0,0009	0,0034
11	44	11,727	11,7279	0,0009	0,0077
12	8	22,263	22,2639	0,0009	0,0040
13	34	27,540	27,5409	0,0009	0,0033

14	10	22,553	22,5539	0,0009	0,0040
15	11	19,733	19,7339	0,0009	0,0046
16	47	12,159	12,1599	0,0009	0,0075
17	12	16,922	16,9229	0,0009	0,0053
18	16	15,422	15,4229	0,0009	0,0059
19	18	37,284	37,2830	0,0010	0,0028
20	19	31,567	31,5671	0,0001	0,0004
21	39	16,049	16,0499	0,0009	0,0056
22	20	25,740	25,7400	0,0000	0,0001
23	45	17,770	17,7709	0,0009	0,0051
24	22	23,007	23,0066	0,0004	0,0018
25	15	17,732	17,7329	0,0009	0,0051
26	31	14,477	14,4763	0,0007	0,0047
27	36	19,889	19,8899	0,0009	0,0046
28	24	17,190	17,1902	0,0002	0,0011
29	27	15,708	15,7078	0,0002	0,0015
30	28	13,866	13,8669	0,0009	0,0068
31	14	20,033	20,0339	0,0009	0,0045
32	29	23,488	23,4890	0,0010	0,0043
33	21	37,534	37,5349	0,0009	0,0024
34	33	46,649	46,6499	0,0009	0,0019
35	38	17,990	17,9909	0,0009	0,0050
36	40	14,180	14,1809	0,0009	0,0064
37	13	31,505	31,5059	0,0009	0,0029
38	46	13,125	13,1259	0,0009	0,0069
Error rata-rata					0,0040 %

Error (E) terkecil terletak pada data ke-22 yaitu sebesar 0,0001 %, sedangkan error terbesar terletak pada data ke-4 yaitu 0,0084 %.

Keluaran jaringan dan target dianalisis dengan regresi linear menggunakan *postreg*.

commit to user

```
[ml,cl,r1]= postreg (SWP,TWP);
```

Perintah ini akan menghasilkan :

Gradien garis terbaik (ml):

```
ml =
```

```
(1)
```

Konstanta :

```
SWP =
```

```
0,00062
```

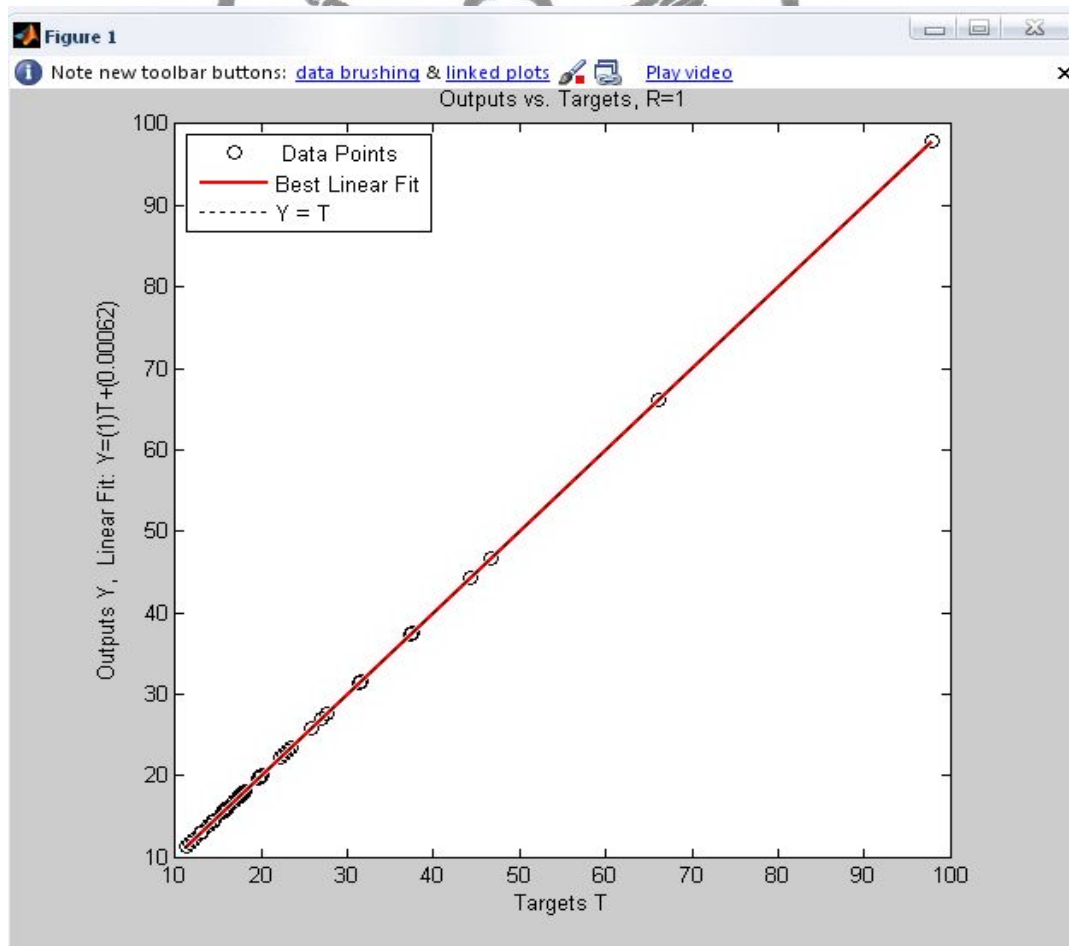
Persamaan garis untuk kecocokan terbaik: (1) T + (0,00062)

Koefisien korelasi :

```
r1 =
```

```
(1)
```

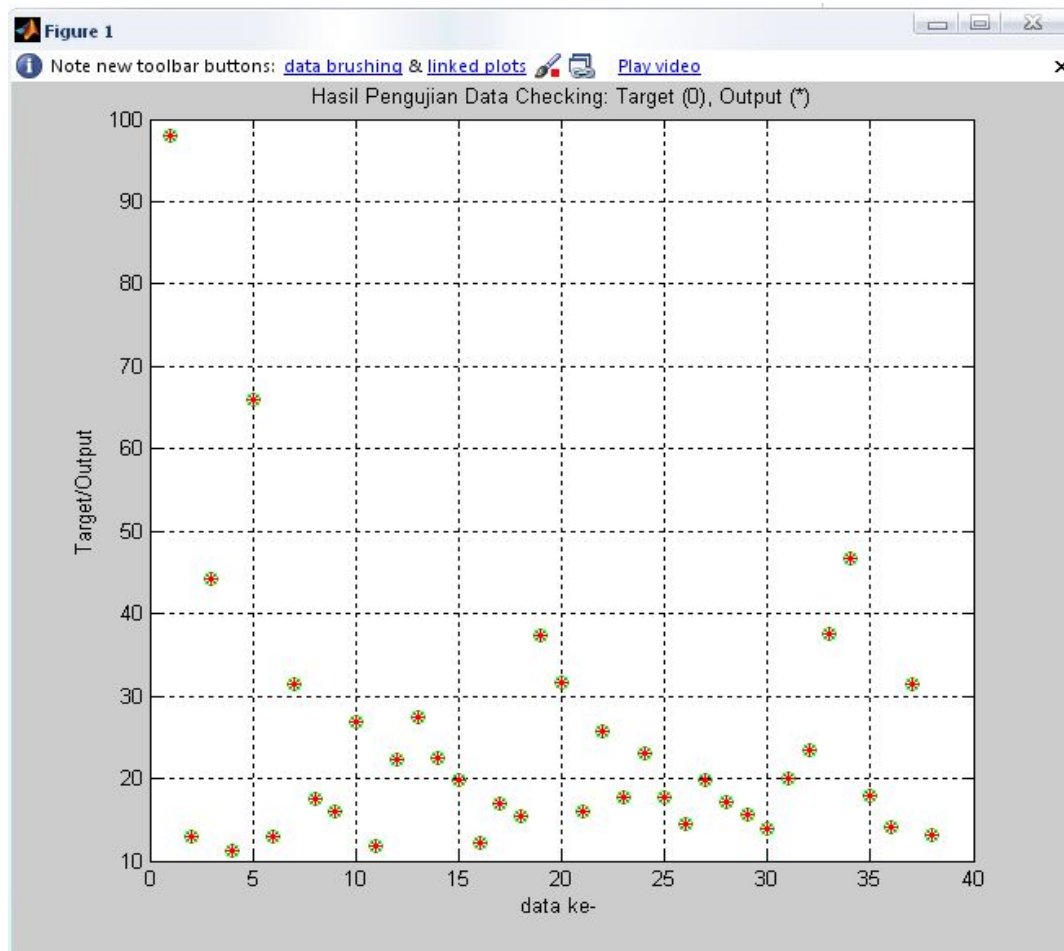
Koefisien korelasi bernilai (1), menunjukkan hasil yang sangat baik untuk kecocokan keluaran jaringan dengan target (Gambar 4.4).



Gambar 4.4. Hubungan antara target dengan keluaran jaringan, untuk data pelatihan pada waktu proses produksi.

commit to user

Perbandingan antara target dengan keluaran (output) jaringan dapat dilihat pada gambar 4.5. Pada gambar tersebut, keluaran jaringan dan target saling berdekatan. Hasil terbaik terjadi apabila posisi target dan keluaran betul-betul pada posisi yang sama.



Gambar 4.5. Perbandingan antara target dengan keluaran jaringan, untuk data pelatihan pada waktu proses produksi.

4.4. Analisa Perbandingan Data Konvensional dan Data Jaringan Syaraf Tiruan

Analisa perbandingan data manual/konvensional dan data jaringan syaraf tiruan diambil dari data yang dipakai untuk data pengujian dengan memakai jaringan yang telah dibangun untuk data pelatihan.

Pengujian Untuk Peramalan waktu produksi

Pada pengujian ini, data pengujian di simpan pada matriks Q untuk data masukan dan CWP untuk target, sedangkan untuk keluaran dari jaringan pada matriks WP. Sebelumnya dilakukan normalisasi terlebih dahulu dengan perintah yang sama dengan data pelatihan.

Tabel 4.10. Error untuk waktu produksi dari data pengujian.

No	Var	Target (CWP)	Keluaran (WP)	E=[CWP-WP]	Prosentase (%)
1	2	53,240	55,2553	2,0153	3,7853
2	5	54,361	61,8763	7,5153	13,8249
3	9	36,567	40,1545	3,5875	9,8107
4	42	13,929	13,6817	0,2473	1,7757
5	4	35,346	33,0915	2,2545	6,3785
6	35	23,751	23,2830	0,4690	1,9745
7	25	26,471	25,4294	1,0416	3,9347
8	23	20,134	20,9910	0,8570	4,2563
9	37	27,534	31,2800	3,7460	13,6051
10	41	19,479	20,3921	0,9131	4,6875
Error rata-rata					6,4033 %

Error (E) terkecil terletak pada data ke-4 yaitu 1,7757 %, sedangkan error terbesar terletak pada data ke-2 yaitu 13,8249 %.

Keluaran jaringan dan target untuk data pengujian, dianalisis dengan regresi linear menggunakan *postreg*.

menghasilkan :

```
[m2,c2,r2]= postreg (CWP,WP);
```

menghasilkan :

Gradien garis terbaik (m2) :

m2 =

(1,1)

Konstanta :

WP =

(-2,3)

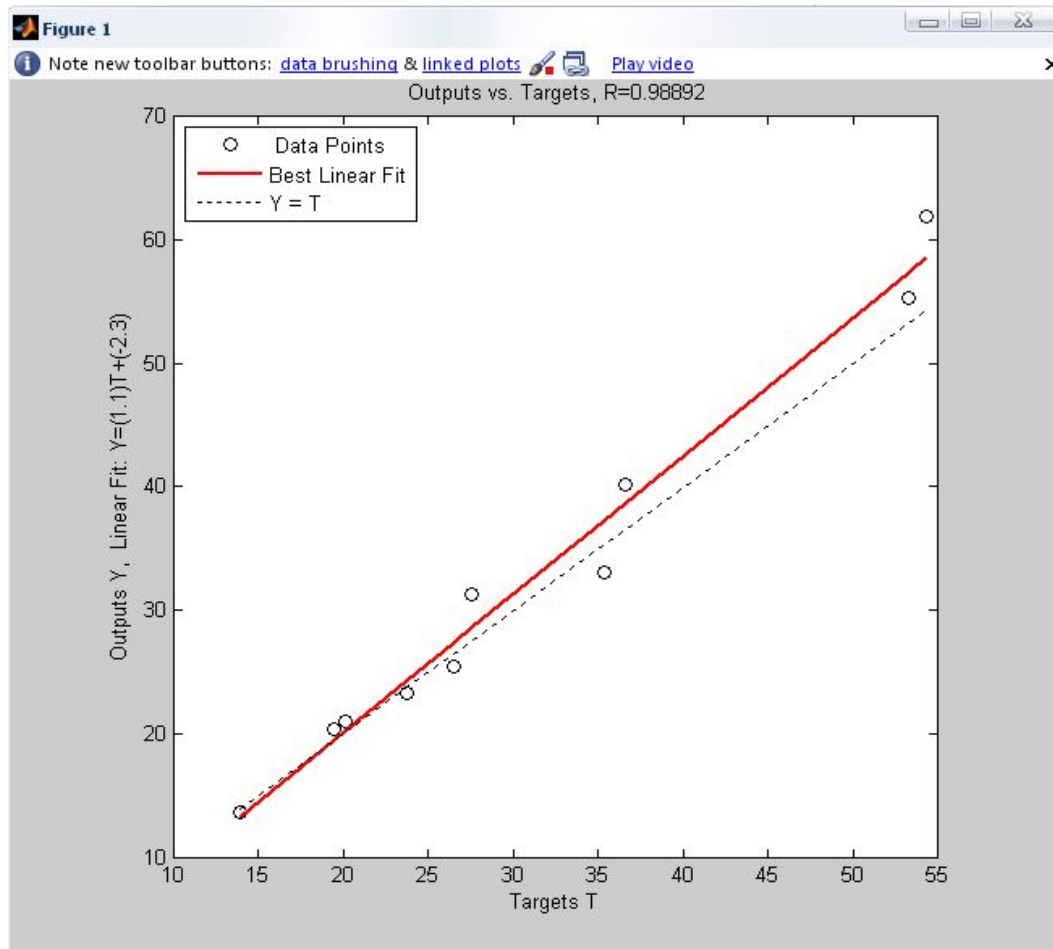
Persamaan garis untuk kecocokan terbaik : (1,1 T) + (-2,3)

commit to user

Koefisien korelasi :

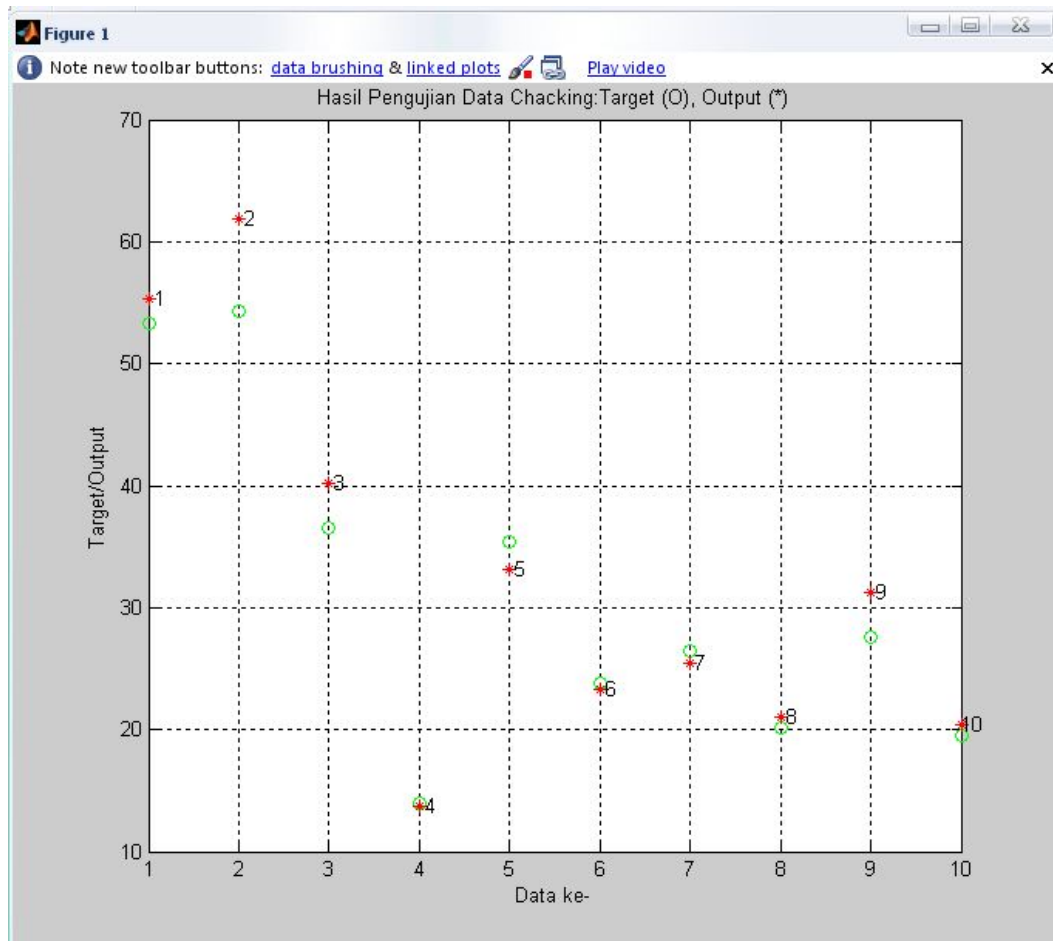
$r^2 =$

0,98892



Gambar 4.6. Hubungan antara target dengan keluaran jaringan, untuk data pengujian pada waktu proses produksi.

Perbandingan antara target dengan keluaran jaringan diperlihatkan pada gambar 4.6. Pada gambar tersebut, keluaran jaringan (*) dan target (o) sebagian besar sudah berdekatan. Hasil terbaik terjadi apabila posisi (*) dan (o) betul-betul pada posisi yang sama.



Gambar 4.7. Perbandingan antara target dengan keluaran jaringan, untuk data pengujian.

Setelah dilakukan peramalan atau prediksi didapat *error* (E) untuk pengujian waktu produksi yaitu error terkecil terletak pada data ke-4, yaitu 1,7757 %, sedangkan *error* terbesar terletak pada data ke-2 yaitu 13,8249 % dengan *error* rata-rata 6,4033 %. Dari sini bisa disimpulkan bahwa jaringan yang dibangun telah mendekati peramalan atau prediksi yang diharapkan.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari analisa data dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada proses pembelajaran atau pelatihan waktu produksi, menghasilkan *error* yang kecil yaitu dari 38 data yang dilatih menghasilkan *error* (E) terkecil terletak pada data ke-22 yaitu sebesar 0,0001 %, sedangkan *error* terbesar terletak pada data ke-4 yaitu 0,0084 %, sedangkan rata-rata *error* yang diperoleh adalah 0,0040 %. Perbandingan antara target dan keluaran menunjukkan bahwa target dan keluaran mendekati keadaan sesungguhnya.
2. Prediksi waktu produksi menggunakan jaringan syaraf tiruan *Radial Basis Function* (RBF) pada data pengujian menghasilkan *error* (E) yaitu, dari 10 data pengujian waktu produksi, *error* terkecil terletak pada data ke-4 yaitu 1,7757 %, sedangkan *error* terbesar terletak pada data ke-2 yaitu 13,8249 %. Sedangkan rata-rata *error* yang diperoleh yaitu 6,4033 %.
3. Pada pelatihan waktu produksi, *error* 0,0001 % didapat dari data target 25,740 menit/produk dan *error* rata-rata 0,0040 %. Sedangkan pada prediksi *error* 1,7757 % didapat dari target 13,929 menit/produk dan *error* rata-rata 6,4033 %. Hal ini menunjukkan bahwa hasil prediksi memiliki *error* lebih besar dibandingkan hasil pelatihan serta mendekati dari data target.
4. Dari hasil pelatihan dan prediksi menggunakan jaringan syaraf tiruan didapat *error* keseluruhan rata-rata 1,3372 %, sehingga jaringan yang telah dibangun mampu memprediksi waktu produksi dengan hasil mendekati hasil perhitungan sesungguhnya.
5. Metode jaringan syaraf tiruan dengan algoritma *Radial Basis Function* bisa diterapkan untuk memprediksi waktu produksi.

5.2. Saran

- ❖ Perlu dilakukan penelitian untuk mengembangkan metode jaringan syaraf tiruan agar diperoleh hasil yang lebih baik dan *error* yang lebih kecil.

commit to user

- ❖ Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk membandingkan berbagai metode jaringan syaraf tiruan untuk mengetahui cabang metode jaringan syaraf tiruan yang paling baik dalam kasus ini.

