

Monitoring Persediaan Suku Cadang Pola Replacement Menggunakan Metoda *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*

Hartono^a, Suryono^b, Eko Adi Sarwoko^c

^aPT Telkom Indonesia

^bJurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

^cJurusan Informatika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

Naskah Diterima : 15 April 2013; Diterima Publikasi : 2 Juli 2013

Abstract

The amount of inventory is determined on the basis of the demand. So that users can know the demand forecasts need to be done on the request. This study uses the data to implement a replacement parts on the electronic module production equipment in the telecommunications transmission systems, switching, access and power, ie by replacing the electronic module in the system is trouble or damaged parts of a good electronic module spare parts inventory, while the faulty electronic modules shipped to the Repair Center for repaired again, so that the results of these improvements can replenish spare part inventory. Parameters speed on improvement process of electronic module broken (repaired), in the form of an average repair time at the repair centers, in order to get back into the electronic module that is ready for used as spare parts in compliance with the safe supply inventory warehouse. This research using the method of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) in developing a decision support system for inventory control of spare parts available in Warehouse Inventory taking into account several parameters supporters, namely demand, improvement and fulfillment of spare parts and repair time.

This study uses a recycling input parameter repair faulty electronic module of the customer to immediately replace the module in inventory warehouse, do improvements in the Repair Center. So the acceleration restoration factor is very influential as the input spare parts inventory supply in the warehouse and using the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) method.

Keywords: ANFIS; Inventory control; Replacement

Abstrak

Jumlah persediaan barang ditentukan dengan berdasarkan kebutuhan permintaan. Untuk bisa mengetahui kebutuhan permintaan perlu dilakukan prakiraan terhadap permintaan tersebut. Penelitian ini menggunakan data-data yang menerapkan pola penggantian (*replacement*) suku cadang modul elektronik pada alat produksi telekomunikasi pada sistem *transmisi, switching, access* dan *power*, yaitu dengan menggantikan modul elektronik pada sistem yang terganggu atau rusak dengan suku cadang modul elektronik yang baik dari gudang persediaan suku cadang, sedangkan modul elektronik yang rusak dikirimkan ke bagian *Repair Center* untuk diperbaiki kembali, sehingga hasil perbaikan tersebut dapat mengisi kembali gudang persediaan. Parameter kecepatan pada proses perbaikan modul rusak (*repair*) modul elektronik, dalam bentuk waktu perbaikan rata-rata pada bagian pusat perbaikan, agar kembali menjadi modul elektronik yang siap digunakan sebagai suku cadang dalam pemenuhan persediaan aman pada gudang persediaan. Penelitian ini menggunakan metoda *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dalam mengembangkan sistem pendukung keputusan untuk mengendalikan persediaan suku cadang yang tersedia di gudang persediaan dengan memperhitungkan beberapa parameter pendukung, yaitu permintaan, perbaikan dan pemenuhan suku cadang serta waktu perbaikan.

Penelitian ini menggunakan parameter input merupakan daur ulang perbaikan modul elektronik yang rusak dari *customer* untuk segera menggantikan modul di gudang persediaan dengan melakukan perbaikan di *Repair Center*. Sehingga faktor percepatan perbaikan kembali sangat berpengaruh sebagai input persediaan suku cadang di dalam gudang persediaan dan metoda yang digunakan adalah *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS).

Kata kunci: ANFIS; Monitoring persediaan; Penggantian

1. Pendahuluan

Jumlah persediaan barang ditentukan dengan berdasarkan kebutuhan permintaan. Untuk bisa

*) Penulis korespondensi: hartono_fan@telkom.co.id

mengetahui kebutuhan permintaan perlu dilakukan prakiraan terhadap permintaan tersebut. Pada penelitian umumnya dilakukan prakiraan dengan menggunakan salah satu metode dari analisa runtun

waktu (*time series analysis*), yaitu metode rata-rata pergerakan eksponensial (*exponentially \weighted moving average*) dengan model untuk koreksi tren dan musim (*with trend and seasonal corrections*). Selain itu, juga dilakukan dengan menggunakan konsep *neural network*.

Pada penelitian ini menggunakan data-data yang menerapkan pola penggantian (*replacement*) suku cadang modul elektronik pada alat produksi telekomunikasi pada sistem transmisi, *switching*, *access* dan *power*, yaitu dengan menggantikan modul elektronik pada sistem yang terganggu atau rusak dengan suku cadang modul elektronik yang baik dari gudang persediaan suku cadang, sedangkan modul elektronik yang rusak dikirimkan ke bagian *Repair Center* untuk diperbaiki kembali, sehingga hasil perbaikan tersebut dapat mengisi kembali gudang persediaan. Oleh sebab itu jumlah suku cadang modul elektronik pada gudang persediaan selalu optimal dan dalam kondisi siap digunakan dengan jumlah yang memadai.

Penelitian ini juga menyelidiki bahwa parameter kecepatan pada proses perbaikan modul rusak (*repair*) modul elektronik, dalam bentuk waktu perbaikan rata-rata (*Mean Time To Repair–MTTR*) pada bagian *Repair Center*, agar kembali menjadi modul elektronik yang siap digunakan sebagai suku cadang dalam pemenuhan persediaan aman (*safety stock*) pada gudang persediaan.

Model pertama persediaan deterministik disajikan dalam literature, terutama modifikasi dari model klasik EOQ (Fleischmann, 1997). Dalam modelnya permintaan dengan tingkat pengembalian konstan. Tingkat pengembalian digambarkan sebagai bagian permintaan. Pengembalian yang dimasukkan ke dalam persediaan dapat dipulihkan (*recovery*). Produk *recovery* adalah sebagai suku cadang baru baru dan disimpan dengan produk baru sebagai persediaan hasil perbaikan (Teunter, 2001).

Berdasarkan penelitian-penelitian diatas, maka pada penelitian ini menggunakan metoda *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dalam mengembangkan sistem pendukung keputusan untuk mengendalikan persediaan suku cadang yang tersedia di gudang persediaan dengan memperhitungkan beberapa parameter pendukung, yaitu permintaan, perbaikan dan pemenuhan suku cadang dan waktu perbaikan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan simulasi komputer dengan *input database* diambil dari data-data realita di sistem yang beroperasi.

Perbedaan penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu penelitian ini menggunakan parameter input merupakan daur ulang perbaikan modul elektronik yang rusak dari *customer* untuk segera menggantikan modul di gudang persediaan dengan melakukan perbaikan di *repair center*. Sehingga faktor percepatan perbaikan kembali sangat menentukan sebagai input persediaan suku cadang di

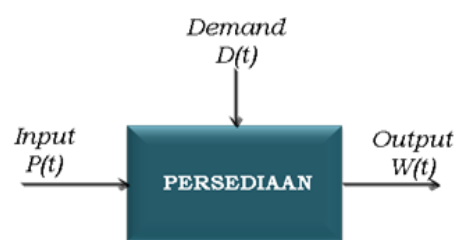
dalam gudang persediaan dan metoda yang digunakan adalah *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS). Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sistem pendukung keputusan pengendalian menentukan status persediaan sehingga manager dalam mengambil tindakan agar ketersediaan suku cadang modul elektronik pada gudang persediaan, selalu dalam kondisi persediaan aman (*safety stock*).

2. Kerangka Teori

2.1 Model persediaan melalui perbaikan (*repair*)

Pemilihan model pengendalian persediaan untuk setiap suku cadang yang diberikan adalah kegiatan proses dalam manajemen persediaan dengan beberapa item sebagai parameternya. Klasifikasi item dinamis sesuai dengan tahap dalam siklus hidup (*life cycle*) untuk membantu pengelola (*manager*) dalam pemilihan dan kalibrasi model untuk setiap item. Dalam konteks ini, model diterapkan tidak hanya untuk prosedur pengendalian persediaan, tetapi juga untuk keputusan atas perintah awal dan perintah pembuangan akhir, termasuk metode peramalan permintaan.

Gambar 1 menunjukkan sistem persediaan yang dipengaruhi oleh proses *input* dan proses *output*. $P(t)$ adalah rata-rata material atau bahan yang masuk kedalam sistem persediaan pada saat t . Sedangkan $W(t)$ adalah rata-rata suatu material atau bahan keluar dari sistem persediaan. *Output* ($W(t)$) dipengaruhi oleh permintaan atau kebutuhan terhadap material atau bahan, dengan rata-rata $D(t)$, yang berasal dari luar perusahaan dan berada diluar kendali perusahaan.

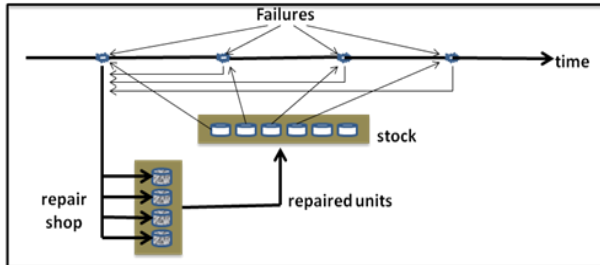


Gambar 1. Sistem persediaan input - output

Proses input merupakan bagian dari sistem persediaan yang dapat di kontrol perusahaan melalui kebijaksanaan kapan dan berapa banyak pemesanan perlu dilakukan. Walaupun demikian, keterlambatan pemenuhan pemesanan dari pemasok bisa saja terjadi, sehingga rata-rata input aktual ($P(t)$), akan berdeviasi atau berbeda dari harapan perusahaan. Bentuk pengembangan sistem persediaan input-output melalui proses perbaikan (*repaired*).

Pada banyak aplikasi, pasokan suku cadang dengan melalui perbaikan (*repair*) menuju ke dalam keadaan operasional dengan cara yaitu, penggantian (*replacement*). Untuk suku cadang melalui perbaikan, setiap kali komponen gagal atau

preventive, akan dihapus dari operasi itu untuk digantikan (*replacement*) dengan suku cadang pengganti, dan komponen yang dihapus dikirim ke sebuah bengkel untuk perbaikan atau rekondisi. Setelah perbaikan selesai, komponen dikembalikan ke dalam persediaan, menunggu sampai dibutuhkan untuk operasi lagi. Representasi suku cadang dengan perbaikan ditunjukkan pada gambar 2.

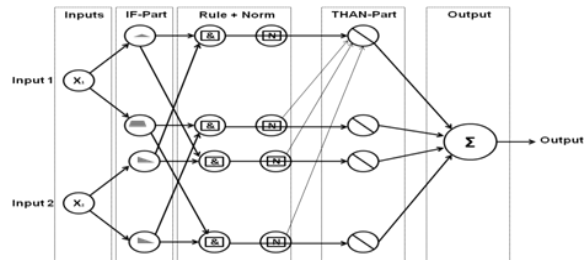


Gambar 2 Representasi persediaan suku cadang dengan perbaikan (Lout, 2005)

2.2 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

Model *fuzzy* dapat digunakan sebagai pengganti dari perceptron dengan banyak lapisan. Sistem ini dibagi menjadi 2 (dua) grup, yaitu grup berupa jaringan syaraf dengan bobot-bobot *fuzzy* dan fungsi aktivasi *fuzzy*, dan grup lainnya berupa jaringan syaraf dengan input yang difuzzikan pada lapisan pertama atau kedua, namun bobot-bobot pada jaringan syaraf tersebut tidak difuzzikan. *Neuro-Fuzzy* termasuk kelompok yang kedua (Osowski, 2004). Dalam pengontrol ANFIS jaringan saraf yang mampu belajar adalah (*Single Input - Single Output - SISO*). Struktur ANFIS *Controller*.

ANFIS (*Adaptive Network-based Fuzzy Inference System*) adalah arsitektur yang secara fungsional sama dengan *fuzzy rule base* model Sugeno. Arsitektur ANFIS juga sama dengan jaringan syaraf dengan fungsi radial dengan sedikit batasan tertentu. ANFIS adalah suatu metoda yang sama dalam melakukan pengaturan menggunakan algoritma pembelajaran data. Pada ANFIS juga memungkinkan aturan-aturan untuk beradaptasi. Jaringan ANFIS ditunjukkan gambar 2 terdiri dari lapisan-lapisan (Jang, 1997). Tiap-tiap *neuron* 1 pada lapisan pertama adaptif terhadap parameter fungsi aktivasi. Masing-masing *neuron* pada lapisan kedua berupa *neuron* tetap yang outputnya adalah hasil dari masukan. Dan tiap-tiap *neuron* pada lapisan ketiga berupa node tetap yang merupakan hasil perhitungan rasio dari predikat (w), dari aturan ke- I terhadap jumlah dari keseluruhan predikat, setiap *neuron* pada lapisan keempat merupakan node adaptif terhadap suatu *output*, dan juga masing-masing *neuron* pada lapisan kelima adalah *node* tetap yang merupakan jumlahan dari semua masukan. Gambar 3 menunjukkan Arsitektur Jaringan ANFIS.



Gambar 3. Arsitektur Jaringan ANFIS (Jang, 1997)

3. Metodologi

3.1. Bahan Penelitian

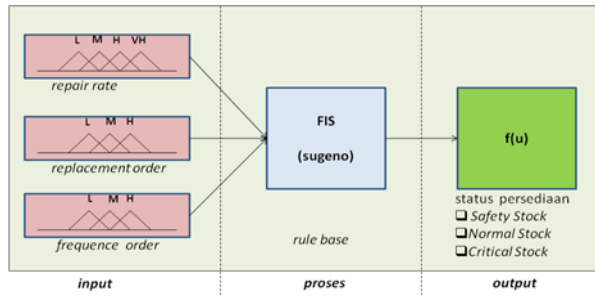
Bahan dan sumber penelitian menggunakan data sistem aplikasi berisi bahan-bahan yang digunakan untuk melakukan observasi penelitian dengan mempertimbangkan studi *literature* pada peneliti-peneliti sebelumnya dalam bentuk jurnal. Sampling data yang diambil berupa besaran jumlah order yang masuk, jumlah pengguna, jumlah transaksi yang terjadi, jumlah permintaan dan jumlah penerimaan modul, jumlah modul rusak dan baik. Sampling data tersebut selanjutnya diolah dalam suatu Sistem Pendukung Keputusan menggunakan *Metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*.

Prediksi status persediaan suku cadang tergantung kepada keahlian seorang pakar. Keadaan ini membangkitkan pemikiran bila keahlian itu dapat dialihkan dengan pelatihan ke dalam sistem pakar, maka sistem yang telah dilatih mempunyai kemampuan menyerupai keahlian pakar tersebut sehingga pemakai yang belum berpengalaman memprediksi status ketersediaan suku cadang akan mampu melakukan pekerjaan keahlian tersebut dengan bantuan sistem pakar yang telah dilatih tersebut. Dari studi kepustakaan diperoleh identifikasi tentang pengendalian persediaan suku cadang dan sistem pakar. Selanjutnya berdasarkan alur proses dikembangkan ke dalam blok diagram sistem.

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) akan dikembangkan untuk pengembangan model sistem. Sampel data diperoleh dari Sistem Informasi Manajemen *Maintenance* dan *Repair* pada sebuah perusahaan telekomunikasi. Data yang diperoleh terdiri dari data *training* dan data *testing*. Pelatihan model sistem menggunakan data *training*, sedangkan uji coba model sistem menggunakan data *testing*.

Rancang bangun struktur data menggunakan himpunan *fuzzy*. Data dibedakan atas kriteria dan parameter. Kriteria merupakan faktor yang mempengaruhi keadaan status persediaan suku cadang pola *replacement*. Masing-masing kriteria mempunyai parameter yang mencerminkan keanggotaan pada himpunan *fuzzy*. Dalam sistem *fuzzy* keanggotaan ini direpresentasikan dalam *membership function (mf)*. Nilai fungsi keanggotaan masing-masing faktor yang mempengaruhi *input*,

diperoleh berdasarkan pendapat dengan pakar. *Membership Function* ANFIS Ketersediaan Suku Cadang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. *Membership Function* ANFIS Ketersediaan Suku Cadang

Laju perbaikan (*repair rate*) terdiri 4 parameter yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Penilaian tingkat *repair rate* ditetapkan atas pengukuran jumlah waktu minimum dan maksimum hasil perbaikan dalam kurun waktu satu bulan. Pengukuran kecepatan berkisar antara 1 sampai dengan 420 unit modul per bulan. Laju repair dikatakan sangat tinggi bila mencapai 270 sampai dengan 420 unit modul per bulan. Nilai *fuzzy* kecepatan repair berdasarkan pengukuran jumlah unit modul rata-rata per bulan laju kecepatan repair (*repair rate*). Klasifikasi Nilai Data *Fuzzy* Laju Kecepatan Perbaikan (*Repair Rate*) ditunjukkan pada table 1.

Tabel 1. Klasifikasi nilai data *fuzzy* laju kecepatan perbaikan (*repair rate*)

No	Parameter	Selang Nilai	Pengukuran
1	Rendah	$1 \leq N \leq 150$	Rerata 1-150
2	Sedang	$90 < N \leq 240$	Rerata 90-240
3	Tinggi	$180 < N \leq 270$	Rerata 180-330
4	Sangat Tinggi	$270 < N \leq 420$	Rerata 270-420

Volume permintaan (*replacement order*) terdiri 3 parameter yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Penilaian tingkat *replacement order* ditetapkan atas pengukuran jumlah waktu minimum dan maksimum hasil perbaikan dalam kurun waktu satu bulan. Pengukuran *replacement order* berkisar antara jumlah 1 sampai dengan 360 unit unit modul. Volume *replacement order* dikatakan rendah bila mencapai dibawah 180 unit modul per bulan. Nilai *fuzzy* volume *replacement order* berdasarkan pengukuran volume yang dicapai dalam satu bulan pengukuran. Nilai Data *Fuzzy* Volume Permintaan *Replacement* ditunjukkan pada table 2.

Tabel 2. Klasifikasi nilai data *fuzzy* volume permintaan *replacement*

No	Parameter	Selang Nilai	Pengukuran
1	Sedikit	$1 \leq N \leq 180$	Rerata 1-180
2	Sedang	$90 < N \leq 270$	Rerata 90-270
4	Banyak	$270 < N \leq 360$	Rerata 270-360

Frequency Order Replacement terdiri 3 parameter yaitu jarang, sedang, dan sering. Penilaian tingkat *frequency order* ditetapkan atas pengukuran jumlah selang waktu antar *order* pada unit modul yang sama hasil perbaikan dalam kurun waktu satu bulan. Pengukuran *frequency order replacement* berkisar antara jumlah 1 sampai dengan 360 kali dalam satu bulan. *Frequency order replacement* dikatakan jarang bila dibawah 180 kali, sedang antara 1 sampai dengan 180 kali dan sering bila mencapai diatas 180 kali per bulan. Nilai *fuzzy frequency order* berdasarkan pengukuran *frekuensi order* yang dicapai dalam satu bulan pengukuran. Klasifikasi Nilai Data *Fuzzy Frequency Order* (FO) ditunjukkan pada table 3.

Tabel 3. Klasifikasi nilai data *fuzzy frequency order* (FO).

No	Parameter	Selang Nilai	Pengukuran
1	Jarang	$1 \leq N \leq 180$	Rerata 1-180
2	Sedang	$90 < N \leq 270$	Rerata 90-270
3	Sering	$180 < N \leq 360$	Rerata 180-360

3.2. Basis Aturan (Rule Base)

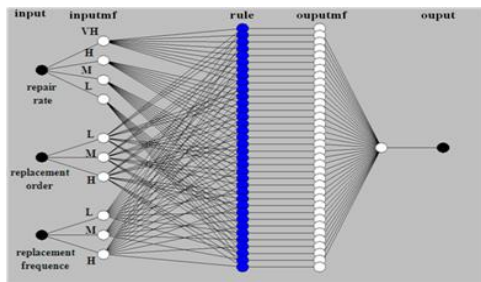
Pada perhitungan data *fuzzy* dengan ANFIS digunakan kaidah aturan IF THEN. Aturan dibuat berdasarkan pendapat pakar. Jumlah aturan sesuai dengan jumlah kriteria dan parameternya. Pada penelitian ini ada 3 kriteria yaitu, Laju kecepatan perbaikan (*repair rate*), volume permintaan penggantian (*replacement order*), dan Jumlah selang waktu pesanan penggantian (*frequency order*). Kriteria *repair rate* mempunyai 4 parameter sedangkan *replace order* dan *frequency order* masing-masing 3 parameter. Sehingga jumlah aturan sebanyak $4 \times 3 \times 3 = 36$ aturan.

3.3. Disain Struktur Model

Disain arsitektur menggunakan ANFIS. Sistem inferensia *fuzzy* yang digunakan adalah tipe Takagi-Sugeno orde 1, sedangkan untuk fungsi keanggotaan menggunakan *prismf*. Proses pembelajaran yang dilakukan menggunakan algoritma *Hybrid* dan proses defuzzifikasi menggunakan metoda *Weighted Average*.

Arsitektur ANFIS ditentukan oleh jumlah kriteria dan parameter. Ada 3 kriteria input yaitu *repair rate*, *replace order* dan *frequency order*. Dengan komposisi 4 parameter *input* pertama dan masing-masing 3 parameter untuk *input* kedua dan ketiga.

Struktur ANFIS ketersediaan suku cadang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Struktur ANFIS Ketersediaan Suku Cadang

3.4. Disain Keluaran (output)

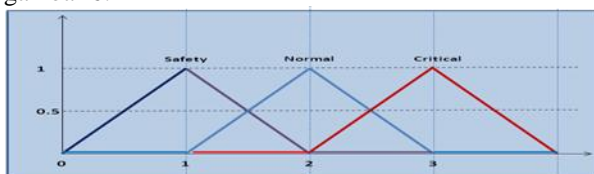
Proses *output* adalah suatu proses yang dilakukan untuk menampilkan nilai keluaran yang dihasilkan oleh proses prediksi. Metode ANFIS yang digunakan pada pengolahan data input dan output menggunakan kaidah aturan *if-then* yang disusun dalam suatu rule. Contoh kaidah *if-then* dalam system prediksi ketersediaan suku cadang adalah *If repair rate* suku cadang *is* rendah *and replace order* is banyak *and frequency order* is sering *then* ketersediaan suku cadang *is* *critical*. Jumlah input 3 buah dengan fungsi keanggotaan masing-masing input pertama 4 *membership function (mf)*, input kedua dengan 3 *membership function (mf)* dan input ketiga dengan 3 *membership function (mf)*. Sehingga jumlah aturan yang terdapat dalam sistem ini ada 36 *rule*.

Kesimpulan ANFIS diinterpretasikan dalam 3 kategori. Data kategori diperoleh dengan cara membuat fungsi keanggotaan *output* data *training*. Jumlah fungsi keanggotaan sebanyak 3 buah dan jenisnya *triangular*. pengelompokan kategori ditetapkan berdasarkan nilai keanggotaan yang terbesar. Dari data *training* diperoleh jumlah nilai minimal dan maksimal *output*. Nilai minimum dan maksimum *output* data *training* ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai minimum dan maksimum *output* data *training*.

Kategori	Parameter	Status
Value 1	1	Safety Stock
Value 2	2	Normal Stock
Value 3	3	Critical Stock

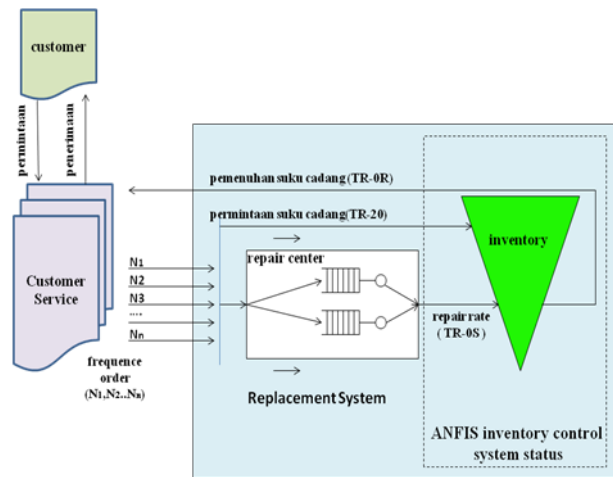
Mengenai fungsi keanggotaan dalam pembagian pengelompokan *output* data *training* ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Fungsi keanggotaan data kategori *output*

3.5. Disain Model Persediaan ANFIS

Penelitian ini menyajikan sebuah sistem pengendalian persediaan yang didasarkan pada logika *Neuro-Fuzzy*. Metode yang disajikan untuk dapat menentukan pengendalian persediaan yang optimal. Metode ini pada dasarnya merupakan sistem pendukung keputusan (*Decision Support System*) dan mampu menyediakan status parameter pesanan barang pada tingkat operasional. Sistem Pengendalian Persediaan Suku Cadang Pola Replacement ANFIS ditunjukkan gambar 7.

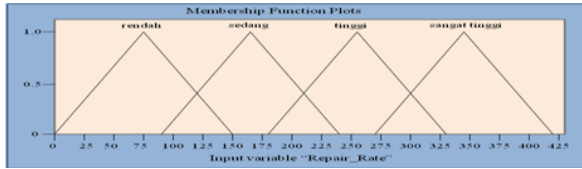


Gambar 7. Sistem Pengendalian Persediaan Replacement ANFIS

3.6. Proses Inferensi dan Komputasi

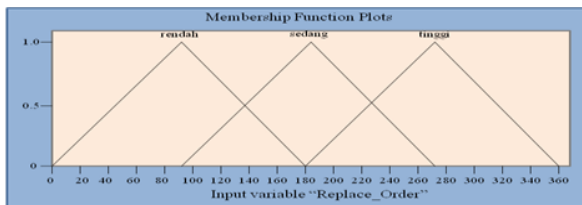
Pembangunan sistem menggunakan program langkah pertama dibuat data *training* (*training.dat*). Data *training* menu *matlab command* dilakukan pembangunan *Fuzzy Inference System (FIS)*. FIS yang digunakan tipe Takagi-Sugeno orde 1. *Membership function* laju kecepatan perbaikan (*repair rate*), volume permintaan penggantian (*replace order*) dan jumlah selang waktu permintaan replacement (*frequence order*). Proses defuzzifikasi menggunakan metoda *Weighted Average*.

Laju perbaikan (*repair rate*) terdiri 4 parameter yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Penilaian tingkat *repair rate* ditetapkan atas pengukuran jumlah waktu minimum dan maksimum hasil perbaikan dalam kurun waktu satu bulan. Pengukuran kecepatan berkisar antara 1 sampai dengan 420 unit modul per bulan. Laju *repair* dikatakan sangat tinggi bila mencapai 270 sampai dengan 420 unit modul per bulan, tinggi jika mencapai 180 sampai dengan 330 unit, sedang jika 90 sampai dengan 240 unit dan rendah jika antara 1 sampai dengan 250 unit. Nilai *fuzzy* volume *repair rate* berdasarkan pengukuran laju yang dicapai dalam satu bulan pengukuran ditunjukkan gambar 8.



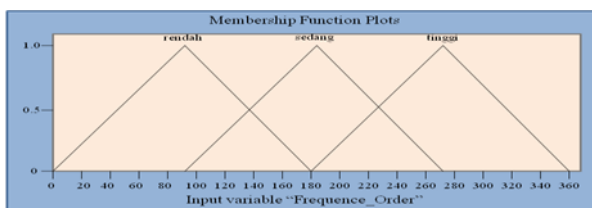
Gambar 8. Membership function repair rate

Volume permintaan penggantian (*replacement order*) terdiri 3 parameter yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Penilaian tingkat *replacement order* ditetapkan atas pengukuran jumlah waktu minimum dan maksimum hasil perbaikan dalam kurun waktu satu bulan. Pengukuran *replacement order* berkisar antara jumlah 1 sampai dengan 360 unit unit modul. Volume *replacement order* dikatakan sedikit bila mencapai antara 1 sampai dengan 180 unit modul per bulan, sedang jika mencapai antara 90 sampai dengan 270 unit dan tinggi jika mencapai antara 180 sampai dengan 360. Nilai fuzzy *volume replacement order* berdasarkan pengukuran volume yang dicapai dalam satu bulan pengukuran ditunjukkan gambar 9.



Gambar 9. Membership function replace order.

Frequence Order Replacement terdiri 3 parameter yaitu jarang, sedang, dan sering. Penilaian tingkat *frequence order* ditetapkan atas pengukuran jumlah selang waktu antar order pada unit modul yang sama hasil perbaikan dalam kurun waktu satu bulan. Pengukuran *frequence order replacement* berkisar antara jumlah 1 sampai dengan 360 kali dalam satu bulan. *Frequence order replacement* dikatakan jarang bila dibawah mencapai antara 1 sampai dengan 180 kali, sedang antara 90 sampai dengan 270 kali dan sering bila mencapai antara 270 sampai dengan 360 kali per bulan. Nilai fuzzy *order frquence* berdasarkan pengukuran *frekuensi order* yang dicapai dalam satu bulan pengukuran ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Membership function frequency order.

Konfigurasi sistem fuzzy pengembangan sistem prediksi ini dapat dilihat pada Tabel 5. Sedangkan struktur Jaringan Saraf Tiruan yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 5. Konfigurasi fuzzy pengembangan sistem prediksi

Karakteristik	Spesifikasi
Sistem Fuzzy	Takagi-Sugeno Ordo-1
Metoda “AND”	Prod
Metoda “OR”	Probor
Metoda “IMPLIKASI”	Nilai Minimum
Metoda “DEFUZZIFIKASI”	Weigthed Average
Algoritma Pembelajaran	Hybrid
Fungsi Keanggotaan	Trimf

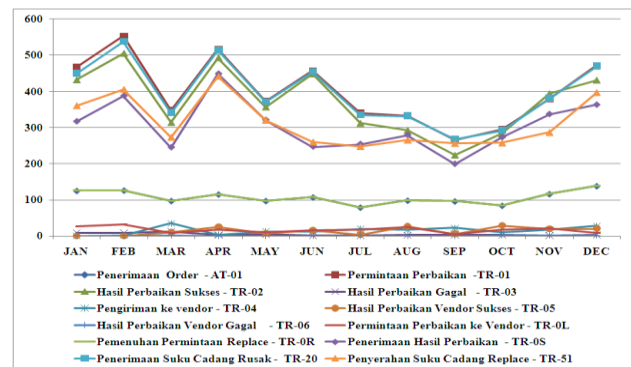
Tabel 6. Konfigurasi fuzzy dalam sistem prediksi status

Karakteristik	Spesifikasi
Arsitektur	1 lapisan tersembunyi
Neuron lapisan input	10
Neuron lapisan output	36
Toleransi (mse)	0.01
Jumlah Epoch	1000

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengumpulan Data

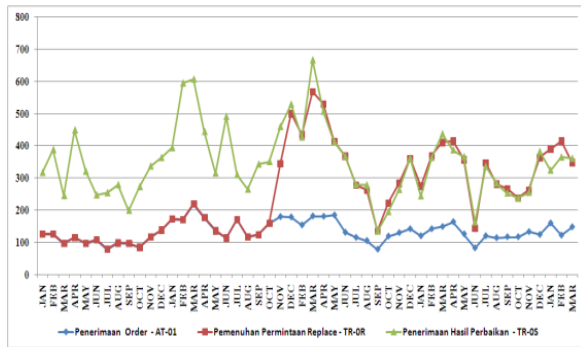
Ketersediaan suku cadang dalam gudang persediaan merupakan salah satu indikator status persediaan. Cadangan atau *stock* suku cadang yang berada di gudang persediaan meliputi kegiatan barang masuk (pasokan) dan barang keluar (permintaan) serta selang waktu permintaan. Gambar 11 menunjukkan parameter pendukung dalam proses sistem informasi maintenance yang sebagian datanya digunakan dalam program pengendalian persediaan. Contoh data ini digunakan sebagai *input training* dan *testing* dalam sistem prediksi pengendalian persediaan suku cadang.



Gambar 11. Data sistem informasi maintenance

Parameter pendukung dalam proses sistem informasi *maintenance* yang digunakan dalam program pengendalian persediaan, yang digunakan sebagai input berjumlah 3 yaitu laju kecepatan perbaikan (*repair rate*), volume jumlah penggantian suku cadang (*replace order*) dan jumlah selang waktu permintaan penggantian suku cadang (*frequency order*). Gambar 12 merupakan grafik data perbandingan dalam sistem prediksi pengendalian

persediaan suku cadang. Data ini digunakan sebagai data *training* dan *testing*.



Gambar 12. Grafik Data Perbandingan Parameter Pengendalian Persediaan

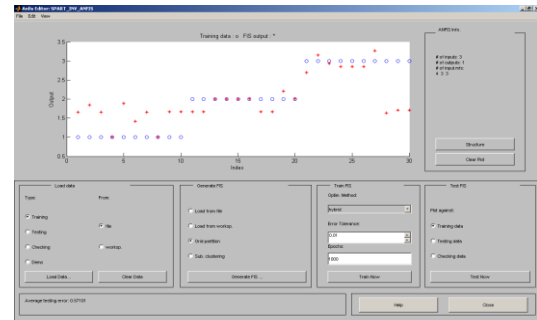
Jumlah selang waktu permintaan penggantian (*frequence order*) tidak akan melebihi data *replace order* dan *repair rate*. Hal ini disebabkan dalam 1 permintaan penggantian (*replace order*) dapat digabungkan menjadi satu *order*, yang berisi beberapa jenis suku cadang. Sehingga parameter ini selalu sama atau kurang dari *replace order*. Besaran *frequence order* bervariasi namun mempunyai batasan maksimum sama dengan *replace order*. Hal ini disebabkan oleh permintaan penggantian memuat lebih dari satu suku cadang berbagai jenis, tipe dan merk, dalam notasi ditunjukkan ($frequence\ order \leq replace\ order \leq repair\ rate$).

Volume jumlah suku cadang penggantian (*replace order*) yang dipesan tidak tergantung dari parameter lainnya. Parameter ini benar-benar independen tidak dipengaruhi parameter yang lain, hanya dipengaruhi oleh kemauan dari peminta *order*, namun mempunyai batasan bahwa *replace order* tidak akan lebih kecil dari *frequence order* atau ($replace\ order \geq frequence\ order$).

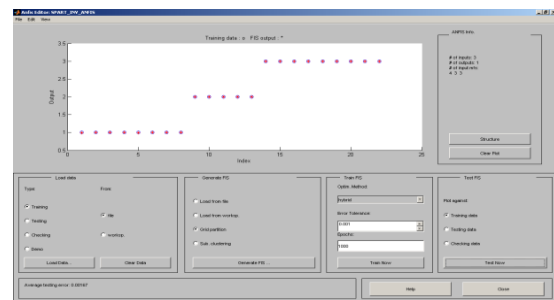
Laju kecepatan perbaikan suku cadang (*repair rate*), besarnya tergantung dari parameter *replace order* dan *frequence order* yang terjadi sebelumnya. Parameter ini dapat lebih tinggi dari volume penggantian, hal ini disebabkan karena dalam kurun waktu 1 bulan berjalan dapat mengerjakan perbaikan suku cadang yang terjadi pada saat tunda di bulan berjalan. Sehingga pada bulan yang lalu menjadi lebih kecil sedangkan di bulan berjalan menjadi lebih besar.

4.2. Pengujian dan Pembahasan

Pengujian dilakukan terhadap model ANFIS yang dibangun dengan tujuan untuk menemukan model yang ideal. Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu dilakukan pelatihan terhadap model. Pelatihan model menggunakan data *training* adapun pengujian model menggunakan data *testing*. Hasil testing 30 data *training* sebelum validasi ditunjukkan gambar 13. Sedangkan hasil testing 21 data *training* ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 13. Hasil testing 30 data *training* sebelum validasi



Gambar 14. Hasil testing 21 data *training* setelah validasi

Data *training* dan data *testing* memuat informasi tentang data *input* berupa *repair rate*, *replace order*, *frequence order* dan data *output* berupa status *Safety*, *Normal* dan *Critical*. Model yang sudah di *training* diberi masukan sesuai *input* data *testing*.

Hasil pengujian yang merupakan *output* model dibandingkan dengan keputusan pada data *testing*. Semakin sama perbandingan *output* model dengan formulasi berarti model semakin akurat. Hasil input dan output pengujian sebelum validasi ditunjukkan tabel 7. Sedangkan kesimpulan model sistem setelah validasi ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 7 Input dan output pengujian sebelum validasi

No	Input			Output		
	RR	RO	FO	status	model	error
1	171	171	171	1	1.020	-0.020
2	195	169	169	1	0.970	0.030
3	161	176	176	1	0.994	0.006
4	153	160	160	1	0.966	0.034
5	199	180	180	1	1.030	-0.030
6	220	179	179	1	1.000	0.000
7	162	128	120	1	0.702	0.298
8	138	168	166	2	2.000	0.000
9	122	168	170	2	1.970	0.030
10	146	169	169	2	1.620	0.380
11	113	146	128	2	2.000	0.000
12	125	126	126	2	2.000	0.000
13	125	163	140	2	2.060	-0.060
14	123	164	137	2	2.000	0.000
15	99	276	102	3	3.000	0.000
16	91	256	95	3	3.000	0.000
17	98	273	97	3	3.000	0.000
18	88	274	95	3	3.000	0.000
19	89	269	94	3	3.000	0.000
20	94	271	96	3	3.010	-0.010
21	88	136	92	3	3.340	-0.340

Tabel 8. Akurasi kesimpulan model setelah validasi

Status	Catatan Status	Kesimpulan Sistem	Tingkat Akurasi (%)
Safety	7	6	85.71
Normal	7	6	85.71
Critical	7	6	85.71
Total	21	18	85.71

Pengujian dilakukan terhadap beberapa model. Kelompok model pertama dilakukan pengujian terhadap validitas data, keputusan dapat ditetapkan bila terdapat *repair rate*, *replace order* dan *frequency order*. Pada data *training* dan data *testing* ditemukan beberapa data yang tidak sesuai pendapat pakar tersebut. Maka akan diuji pengaruh data sebelum dan setelah validasi data.

Kelompok model kedua adalah pengujian dengan berbagai jumlah *membership function repair rate*, sedang jumlah *membership function* dan parameter lainnya tetap yaitu 4 variasi. Dipilihnya parameter *repair rate* dikarenakan karakteristik data yang ada sangat bervariasi (1 sampai dengan 420 unit modul per bulan) dibandingkan parameter lain yang hanya terdiri dari 3 variasi. Dengan membagi *repair rate* dikelompokkan menjadi ada 4 yaitu rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Pengujian bersifat sekuensial artinya data terbaik dari pengujian kelompok pertama digunakan pada pengujian kelompok kedua. Hasil uji berbagai tipe *membership function* ditunjukkan tabel 9.

Tabel 9. Hasil uji berbagai tipe membership function

No	S T	Tipe Membership Function							
		ga us	err	trap	err	Bel ls	err	tri	err
1	1	1.01	-0.01	1.01	-0.01	1.01	-0.01	1.05	-0.05
2	1	1.00	0.00	1.23	-0.23	1.01	-0.01	1.01	0.01
3	1	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
4	1	0.96	0.04	1.10	-0.10	0.92	0.09	0.86	0.14
5	1	0.89	0.11	1.02	-0.02	0.99	0.01	0.92	0.08
6	1	1.26	-0.26	1.39	-0.39	1.30	-0.30	1.22	0.22
7	1	1.31	-0.31	1.68	-0.68	0.99	0.01	1.18	0.18
8	1	1.01	-0.01	0.92	0.08	1.01	-0.01	0.88	0.12
9	1	1.01	-0.01	0.97	0.03	0.96	-0.04	0.99	0.01
10	1	0.99	0.01	0.98	0.02	1.03	-0.03	0.97	0.04
11	2	2.00	0.00	2.09	-0.09	2.00	0.00	2.00	0.00
12	2	1.99	0.01	1.95	0.05	1.97	0.03	1.99	0.01
13	2	2.01	0.01	1.87	0.13	2.02	-0.02	2.01	0.01
14	2	2.10	0.10	1.46	0.34	2.03	-0.03	2.01	0.01
15	2	1.94	0.06	2.00	0.00	2.03	-0.03	1.99	0.01
16	2	2.02	0.02	2.00	0.00	1.99	0.01	2.05	0.05
17	2	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	1.99	0.01
18	2	1.96	0.04	1.84	0.16	2.01	0.01	1.88	0.12
19	2	1.53	0.47	1.49	0.51	1.71	0.29	1.81	0.19
20	2	2.02	-0.02	2.00	0.00	2.00	0.00	2.03	0.03
21	3	2.97	0.03	3.00	0.00	3.00	0.00	2.92	0.08
22	3	3.02	-0.02	3.00	0.00	3.00	0.00	3.06	0.06
23	3	3.00	0.00	3.00	0.00	3.01	-0.01	3.05	0.05
24	3	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00
25	3	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	2.91	0.09
26	3	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	3.03	0.03
27	3	3.02	-0.02	3.00	0.00	3.00	0.00	3.06	0.06

No	S T	Tipe Membership Function							
		ga us	err	trap	err	Bel ls	err	tri	err
28	3	2.98	0.02	3.00	0.00	2.99	0.01	3.06	0.06
29	3	2.95	0.05	3.00	0.00	2.99	0.01	2.91	0.09
30	3	3.05	-0.05	3.00	0.00	3.03	-0.03	3.01	0.01
mean		0.06		0.10		0.03		0.06	
Aku rasi (%)	86 .7		76.7		93.3		83.3		

4.3. Aplikasi Status Persediaan Suku Cadang ANFIS

Program aplikasi prediksi status persediaan suku cadang pola replacement dengan metoda *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) ini dibangun menggunakan program komputasi MATLAB versi.7.10 tipe *Graphical User Interface* (GUI).

Aplikasi ini dimaksudkan untuk menjadi antar muka (*interface*) antara pemakai (*user*) dengan sistem inferensi dan komputasi. Dengan didisain sebagai penampil (*display*) keluaran status ketersediaan terhadap dengan cara memasukan parameter yang disyaratkan. Program aplikasi ini bekerja melalui sebuah *training* sebagai pembentuk pola agar sistem dapat menyesuaikan sesuai dengan mesin inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System*).

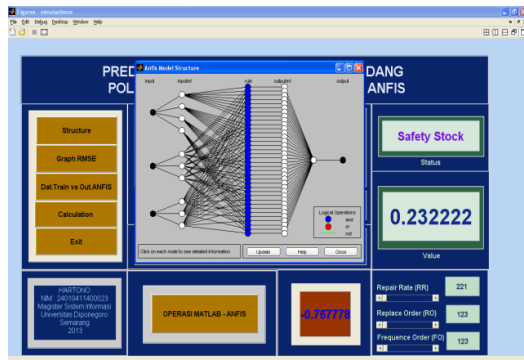
Selanjutnya sistem akan membentuk pola sendiri, sehingga dapat menampilkan bobot status ketersediaan pada kolom yang tersedia yaitu angka 1 didefinisikan sebagai persediaan aman (*safety stock*), angka 2 sebagai persediaan normal (*normal stock*) dan angka 3 sebagai kondisi ketersediaan kritis (*critical stock*). Tampilan utama aplikasi status pengendalian persediaan ANFIS ditunjukkan gambar 15.



Gambar 15. Aplikasi status inventory control ANFIS

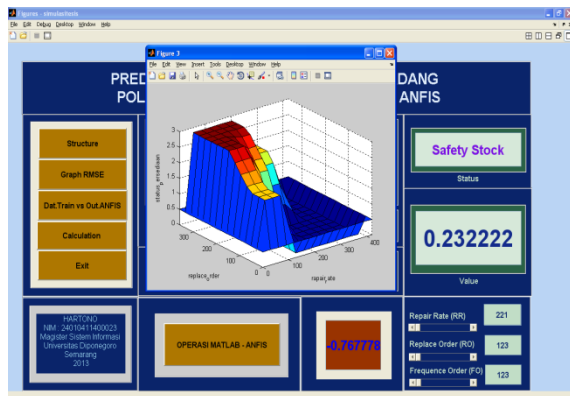
Pada Gambar 15, selain itu aplikasi juga menampilkan fungsi training, testing MATLAB, struktur ANFIS. Tujuan menampilkan fungsi-fungsi MATLAB dimaksudkan untuk selalu dapat divalidasi sesuai dengan perkembangan dalam proses training dan testing sesuai dengan kebutuhan. Oleh karena itu diberikan juga fitur untuk data training dan testing.

Untuk memperjelas kondisi visual fluktuasi dari input yang dimasukkan maka pada aplikasi ini juga ditampilkan dalam bentuk visual struktur, seperti yang ditunjukkan pada gambar 16.



Gambar 16. Aplikasi fungsi struktur ANFIS

Selain menampilkan fungsi MATLAB dalam operasi training, testing dan checking, juga ditampilkan view surface input status persediaan suku cadang, seperti yang ditunjukkan pada gambar 17.



Gambar 17. Aplikasi fungsi MATLAB view surface input

5. Kesimpulan

ANFIS dapat digunakan secara selektif untuk menentukan status persediaan suku cadang dan dapat digunakan dengan baik apabila terpenuhi kondisi tertentu sesuai aturan yang sudah diketahui. Dalam penelitian ini kondisi minimal tersebut adalah ditemukannya kecepatan *repair* yang tinggi akan mempengaruhi tingkat persediaan yang lebih aman (*safety stock*).

Jaringan syaraf tiruan dan logika *fuzzy* yang dibangun dapat memudahkan tingkat persediaan suku cadang. Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian yaitu sistem yang dikembangkan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan dan logika *fuzzy* dengan rata-rata *error* hasil pengujian data sebesar 0,0327 maka sistem ini bias dikatakan cukup valid

dan unggul. Hasil prediksi menggunakan ANFIS menunjukkan tingkat keakuratan sebesar 93.33% dengan tingkat kesalahan sebesar 0,00167, jadi dapat dikatakan tingkat keakuratan dalam prediksi ketersediaan sangat tinggi.

Pengujian tipe *membership function* menggunakan tipe *Gaussian* mendapatkan akurasi sebesar 86.67% dengan koreksi *error* 0.0561, tipe *Trapezoid* 76.67% dengan koreksi *error* 0.0949, tipe *Bells* 93.33% koreksi *error* 0.0327 dan tipe *Triangular* 83.33% koreksi *error* 0.0604. Sehingga sangat tepat untuk digunakan sebagai sistem pengendali status persediaan suku cadang.

Daftar Pustaka

Ashayeri, J. and Jansen, A., 2012. Inventory Management of Repairable Service Parts for Personal Computers: A Case Study, Tilburg University Department of Econometrics P.O.Box 90153, 5000LE Tilburg The Netherlands.

Assauri, 1998. Manajemen Produksi dan Operasi. Jakarta, Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.

Darko, Louit and Rodrigo, P., 2005. Optimization Models For Critical Spare Parts Inventories: A Realiability Approach, Centro de Minería Pontificia Universidad Católica de Chile.

Fleischmann, M., 1997. Quantitative models for reserve logistic: A Review: *European Journal of Operational Research*, 103(1997) : 1-17.

Indrajit, R.E., 2005. Dari MRP Materials Requirement Planning Menuju ERP Enterprise Resource Planning, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Jang, R., 1993. ANFIS Adaptive-Network Based Fuzzy Inference System, *IEEE Transaction on System Mans and Cibernetics*.

Jang, R. and Mizutani, 2002. *Neuro Fuzzy and Soft Computing*, Prentice-Hall.

Krisztian, Bona and Cimer, Monika., 2005. Neuro-Fuzzy based inventory control system, BME, Dept. of Transport Technology, BudapestBertalan, Hungary.

Mirzahosseini, H. and Piplani, R., 2011. A Study of Repairable Parts Inventory System Operating Under Performance-Base Contract. *European Journal of Operational Research*, 214: 256-261.

Osowski, S., 2004. Optimization of Neuro-Fuzzy Structures in Technical Diagnostics Systems. Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Telecommunications University of Zielona Góra

Papachristos, S. and Katsaros, A., 2008. A Periodic-Review Inventory Model in a Fluctuating Environment. Department of Business Administration of Food and Agricultural Products, University ofIoannina, 45110, Greece.

