

✍️

APLIKASI NEURAL NETWORKS UNTUK PREDIKSI KERUSAKAN MESIN (Studi kasus pada traktor roda dua)

Mohd. Arskadius Abdullah
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
arskadius@plasa.com

abstrak

Peningkatan kebutuhan pangan dan produk pertanian lainnya akan terus meningkat, tidak terbatas pada kuantitasnya saja tetapi juga dalam hal kualitas. Untuk memenuhi permintaan tersebut digunakan alat pengolah lahan pertanian yang cepat dan memudahkan para petani. Salah satu cara pengolahan lahan yang cepat dengan menggunakan traktor roda dua sebagai tenaga penggerak. Disamping keuntungan, traktor roda dua juga memiliki kelemahan. Hal ini akibat komponen rangka maupun mesin traktor mengalami keausan sesuai dengan jam operasional ataupun akibat kurangnya perawatan dari pemilik. Akibat kerusakan komponen, sehingga dapat menimbulkan getaran pada mesin yang dapat merambat sampai pada operator melalui rangka seluruh komponen traktor. Untuk menduga kerusakan yang terjadi pada traktor dengan ini dilakukan pendugaan atau prediksi kerusakan yang dianalisa melalui besarnya getaran yang ditimbulkan dengan menggunakan artificial neural network (ANN). Untuk memprediksi gangguan pada mesin dapat dibaca lewat grafik scatter dari hasil testing.

Kata kunci : getaran, prediksi, Artificial Neural Network (ANN)

PENDAHULUAN

Pengolahan lahan pertanian sudah menggunakan mekanisasi yang moderen yaitu dengan menggunakan traktor, baik yang roda empat maupun roda dua atau lebih dikenal dengan sebutan traktor tangan. Sebagai tenaga penggerak, traktor roda dua menggunakan mesin diesel. Kelemahan dari mesin diesel adalah besarnya getaran yang ditimbulkannya. Sedangkan keunggulan yang menonjol dari mesin diesel terhadap mesin bensin, apabila diterapkan pada traktor roda dua akan memudahkan dalam perawatan. Akan tetapi dibalik keuntungan yang diperoleh, sering terlihat bahwa perhatian terhadap efek samping yang mungkin timbul pada manusia dari interaksi dengan peralatan yang dipergunakan masih sangat kurang yaitu akibat getaran yang bersumber dari tenaga mekanis, yaitu dari mesin diesel [3].

Dalam beberapa hal telah pernah dikembangkan mengenai pendugaan kerusakan mekanisasi pada mesin mobil, mesin sepeda motor dan beberapa mekanisme lainnya dengan menggunakan artificial neural network (ANN). Hal ini dikarenakan ANN

merupakan sebuah model sistem komputasi yang bekerja seperti syaraf biologis pada saat berhubungan dengan dunia luar. ANN terdiri dari neuron elemen penghitung dalam jumlah banyak dan saling terhubung serta mempunyai kemampuan untuk merespon input atau masukan dan belajar beradaptasi dengan lingkungannya [2]. Selain itu ANN mempunyai sifat nonlinier. Beberapa keuntungan menggunakan ANN diungkapkan oleh Stergiou (1996) dengan alasan sebagai berikut:

- Mempunyai kemampuan untuk mempelajari bagaimana basis data yang diberikan untuk pelatihan (*adaptive learning*).
- ANN dapat mengorganisasi secara mandiri dan menampilkan informasi yang diterima selama waktu pembelajaran (*self organisation*).
- Toleransi kesalahan disampaikan melalui kode informasi.

Dengan memodelkan peredam getaran pada traktor roda dua dengan metode artificial neural network (ANN), akan didapat model yang terbaik untuk memprediksi kerusakan pada mesin.

TEORI DASAR

Model pembelajaran ANN yang digunakan adalah backpropagation neural network dengan struktur multilayer. Terdiri 3 layer yaitu input layer, hidden layer dan output layer. Input layer mempunyai n node. Hidden layer mempunyai h node dan output layer mempunyai m node. Algoritma pembelajaran ANN Backpropagation dijelaskan sebagai berikut [1,2]:

1. Inisialisasi pembobot

Pembobot awal pada ANN diberi nilai secara acak. Nilai acak ini biasanya berkisar $-1 \sim 1$ atau $0 \sim 1$.

2. Perhitungan nilai aktivasi

Perhitungan feedforward dimulai dengan menjumlahkan hasil perkalian input x_i dengan pembobot v_{ji} . Dan menghasilkan H_j yang merupakan nilai input ke fungsi aktivasi hidden layer. Kemudian output y_j pada hidden layer unit j merupakan hasil fungsi aktivasi f dengan masukan H_j . Hal ini telah diformulasikan dalam persamaan 1 dan 2.

$$H_j = \sum_i v_{ji} x_i \quad (1)$$

$$y_j = f(H_j) \quad (2)$$

Nilai output pada hidden layer kemudian dikalikan dengan pembobot w_{kj} dan menghasilkan nilai I_k yang merupakan nilai input fungsi aktivasi output layer. Nilai output z_k pada output layer dihitung dengan menggunakan fungsi aktivasi f dengan masukan I_k . Hal ini telah diformulasikan dalam persamaan 3 dan 4.

$$I_k = \sum_j w_{kj} y_j \quad (3)$$

$$z_k = f(I) \quad (4)$$

dengan fungsi aktivasi berupa fungsi sigmoid sebagai mana berikut ini:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\beta x}} \quad (5)$$

dimana β adalah gain atau slope fungsi sigmoid (konstanta).

3. Pelatihan (pengkoreksian) nilai pembobot

Pelatihan nilai pembobot pada ANN ini dilakukan dengan mengurangi/menurunkan total error system

untuk semua data melalui koreksi (adjustment) pembobot dengan *Gradient Descent Method*. Koreksi pembobot dapat ditulis sebagai persamaan berikut:

$$\Delta w(s+1) = \eta \partial E^p / \partial W(s) \quad (6)$$

dimana η adalah laju pembelajaran (konstanta yang nilainya $0 < \eta < 1$).

Secara ringkas pengkoreksi pembobot antara output layer dan hidden layer adalah sebagai berikut:

$$-\eta \frac{\partial E}{\partial w_{kj}} = \Delta w_{kj} = \eta (t_k - t_z) f^1(I_k) y_j \quad (7)$$

dan pengkoreksi pembobot antara hidden layer dan input layer adalah sebagai berikut:

$$-\eta \frac{\partial E}{\partial v_{ji}} = \Delta v_{kj} = \eta x_i f^1(H_j) \sum \delta_k w_{jz} \quad (8)$$

dimana :

$$\delta_k = (t_k - t_z) f^1(I_k) \quad (9)$$

Untuk mempercepat konvergen, ditambahkan inersia atau momentum, yaitu dengan menambahkan pengkoreksi pembobot sebelumnya ke pengkoreksi pembobot sekarang. Sehingga pengkoreksi pembobot antara output layer dan hidden layer dan antara hidden layer dan input layer berturut-turut ditulis seperti berikut ini:

$$\Delta w_{kj}(t-1) = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{kj}} + \alpha \Delta w_{kj}(t) \quad (10)$$

$$\Delta v_{kj}(t-1) = -\eta \frac{\partial E}{\partial v_{ji}} + \alpha \Delta v_{kj}(t) \quad (11)$$

dimana α adalah momentum (konstanta $0 < \alpha < 1$).

Proses perhitungan pembobot antara output layer dan hidden layer dilakukan dengan persamaan berikut:

$$w_{kj}^{error} = w_{kj}^{old} + \Delta w_{kj}(t+1) \quad (12)$$

dan pembobot antara hidden layer dan input layer dilakukan dengan persamaan berikut:

$$v_{kj}^{error} = v_{kj}^{old} + \Delta v_{kj}(t+1) \quad (13)$$

4. Pengulangan

Keseluruhan proses ini dilakukan pada setiap contoh dan setiap iterasi. Proses pemberian contoh atau pasangan input-output, perhitungan nilai aktifasi dan pembelajaran dengan mengkoreksi pembobot dilakukan terus menerus sampai didapatkan nilai pembobot dengan nilai total error sistem mencapai minimum global.

5. Validasi artificial neural network (ANN)

Parameter statistik yang digunakan untuk mengukur ketelitian model yang dibuat, antara lain : *standard error prediction* (SEP), *bias* (\bar{d}), dan *coefficient of variation* (CV) dari keluaran model terhadap keadaan yang sesungguhnya. Bentuk persamaan dari parameter statistik tersebut dituliskan sebagai berikut :

- *Standard Error Prediction (SEP)*.

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_a - Z_p)^2}{n-1}} \quad (14)$$

disini :

Z_a = data ukur

Z_p = data hasil ANN

- *bias* (\bar{d})

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n (Z_a - Z_p)}{n} \quad (15)$$

- *Coefficien of Variation (CV)*,

$$CV = \frac{SEP}{Z_a} \times 100 \% \quad (16)$$

Untuk mengetahui suatu mode. yang dirancang dapat menggambarkan keadaan yang sesungguhnya, maka dilakukan suatu pemeriksaan terhadap model yang dirancang tersebut, yaitu dengan cara membandingkan antara pembobot hasil pada saat pembelajaran dengan model yang digunakan.

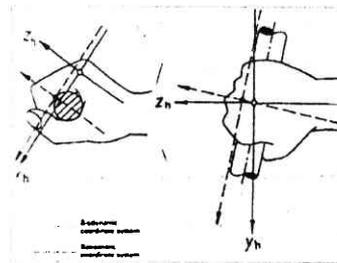
METODE PENELITIAN

Data penelitian ini diambil tahun 2006 pada tiga unit traktor roda dua, yaitu merek A tahun pemakaian 2003, frekuensi pemakaian sampai tahun 2006 = 960 jam/ 3 tahun. Merek B pemakaian tahun 2000, frekuensi pemakaian sampai tahun 2006 =

1440 jam/6 tahun. Merek C pemakaian tahun 1995, frekuensi pemakaian sampai tahun 2006 = 12960 jam/11 tahun. Satu set *Portable Vibrationmeter* merek Rion Model VM-61 dengan *sensor piezoelectric*, *tachometer* digital tipe DT-205B, *strain gauge*. Satu set *Handy Strain UCAM I A* dan *Loadseal* serta peralatan perbengkelan. Karet *mounting* yang digunakan dilakukan pengujian tingkat kekerasan pada Laboratorium Balai Penelitian Teknologi Karet Jln. Salak no. 1 Bogor dengan menggunakan standar ASTM D2240-97. Disain karet *mounting* berdiameter 40 mm yang terdiri dari karet alam dan karet sintetis dengan tiga kekerasan (*Shore-A*) yaitu karet alam Mx78 (lunak), karet alam My80 (keras), karet sintetis Mz80 (keras) serta tiga ukuran ketebalan masing-masing karet *mounting* yaitu 15 mm, 20 mm dan 25 mm.

Pemasangan Sensor

Sensor yang digunakan jenis *Piezoelectric*. Pemasangan sensor berdasarkan standar sistem koordinat tangan (ISO 5349 – 1986 (E)) pada tiga sumbu seperti terlihat pada Gambar 1, yaitu arah x, y dan z. Cara pemasangan yang baik adalah mengusahakan agar sensor dalam keadaan tidak berubah pada kedudukannya.



Gambar 1 Standar sistem koordinat tangan (ISO 5349 – 1986 (E))

Pengukuran Getaran

Pengukuran dilakukan pada saat enjin penggerak beroperasi atau menyala, dengan kecepatan putaran yang bervariasi. Pengukuran dilakukan pada stang kemudi yang merupakan titik kontak langsung antara operator dengan traktor roda dua.

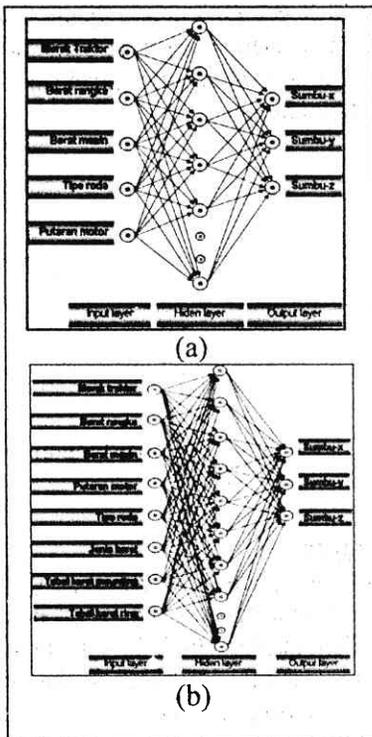
Model artificial neural networks (ANN)

Untuk melihat pengaruh sebelum dan sesudah memakai karet peredam (*mounting*), maka disini digunakan dua model. **Model I** dilakukan dengan tidak memasang karet peredam (*mounting*) dan traktor dalam keadaan normal, layak pakai di lahan kering dan lahan basah. Semua komponen masih

tersedia dan ada beberapa komponen yang tidak berfungsi dengan baik. Pada **model II** dilakukan pemasangan karet peredam pada tempat dan posisi setiap sambungan komponen traktor, yaitu karet peredam (*mounting*) dipasang antara enjin penggerak dan rangka utama. Karet ring peredam (karet ring), dipasang antara sambungan rangka depan dengan kotak transmisi, antara sambungan kotak transmisi dengan batang stang kemudi dan antara sambungan batang stang kemudi dengan stang kemudi.

Struktur artificial neural networks (ANN)

Pemilihan data untuk training dan untuk testing tidak boleh sama antara satu dengan yang lainnya. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi tumpang tindih data selama proses pembelajaran. Data yang digunakan untuk pembelajaran data training dan testing dari tiga unit traktor dilakukan secara bersamaan. Jumlah struktur lapisan (*layer*) ada 3 lapisan masukan. Berikut gambar struktur dua model yang dikembangkan.



Gambar 2 (a) Arsitektur ANN model I dan (b) Arsitektur ANN model II

Parameter artificial neural networks (ANN) yang digunakan selama pembelajaran untuk data training dan data testing digunakan learning rate 0.1,

momentum 0.1 dan gain 0.9. Iterasi data training dan data testing pada artificial neural networks (ANN) dihentikan apabila perubahan *Mean Square Error* (MSE) dimana $MSE_{testing\ i} > MSE_{testing\ i-1}$ atau iterasi dihentikan karena perubahan MSE sangat kecil atau lebih kecil dari 10^{-9} . Iterasi pada penelitian ini dihentikan pada iterasi ke-300000. *Software* ANN yang digunakan adalah Backpro2N yang ditulis dalam bahasa pemrograman computer Borland Delphi 5.

1. Model I

Pemodelan ANN pada Model I (5 – 15 – 3) yaitu Merek traktor, Berat rangka, Berat mesin, Tipe roda dan Putaran motor, Gambar [2a]. Digunakan sebanyak 50 data ukur. Untuk data training sejumlah 34 data ukur atau 68 % dan data testing digunakan sejumlah 16 data ukur atau 32 % dari data ukur Model I.

2. Model II

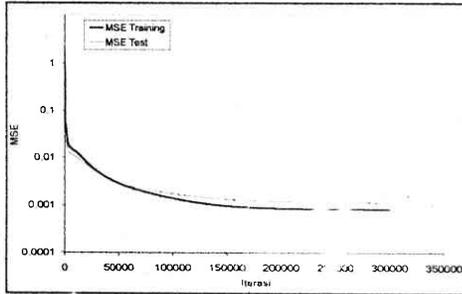
Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan Model II (8 – 15 – 3) yaitu Merek traktor, Berat rangka, Berat mesin, Tipe roda, Putaran motor, Jenis karet, Tebal karet mounting dan Tebal karet ring Gambar [2b]. Digunakan data sebanyak 450 data ukur. Perlakuan pada data model II sama seperti pada model I. Data ukur untuk training sejumlah 312 data ukur atau 69.3 % dan data testing digunakan sejumlah 138 data ukur atau 30.7 % dari data ukur model II.

PEMBAHASAN

Dari dua model yang dibangun, maka hasil yang diperoleh adalah seperti tergambar pada dua model berikut ini:

Model I

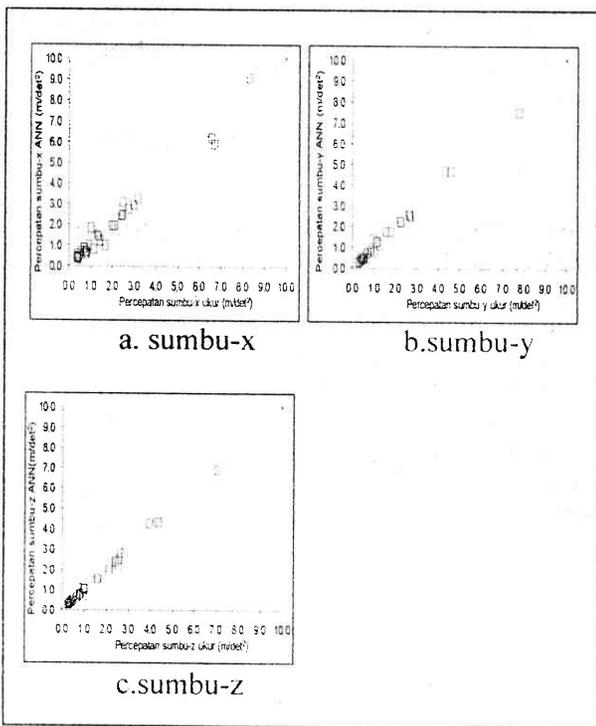
1. Hasil training data ukur tiga unit traktor untuk model I.



Gambar 3 Mean Square Error model I

Iterasi dihentikan pada iterasi ke 300000 karena nilainya semakin kecil. Pada Gambar [3] menunjukkan nilai berada dibawah nilai 0,001 MSE.

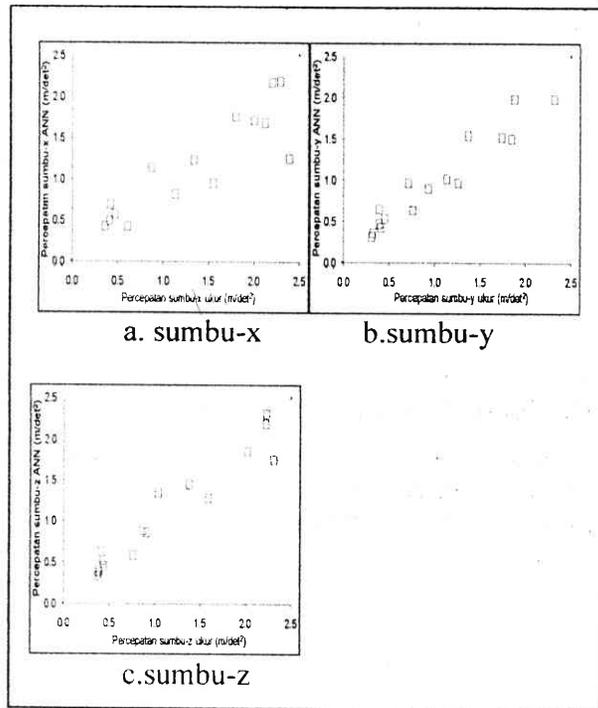
Pada Gambar (4) menunjukkan hasil training data ukur percepatan getaran dengan hasil pemodelan yang menggunakan ANN untuk tiga unit traktor.



Gambar 4 Hasil training data ukur dan ANN tiga unit traktor, a, b dan c.

2. Hasil testing data ukur tiga unit traktor untuk model I.

Pada Gambar (5) menunjukkan hasil testing data ukur percepatan getaran dengan hasil pemodelan menggunakan ANN untuk tiga unit traktor. Umumnya antara ketiga sumbu yang ada pada gambar memperlihatkan data yang sama dan tidak akan diperbaiki lagi dengan penyeimbangan antara nilai training Gambar (4) dan nilai testing sekalipun diadakan iterasi yang lebih banyak. Pada tiga sumbu untuk percepatan sumbu data ukur dan percepatan sumbu data ANN nilai terendah pada tiga sumbu relatif banyak pada nilai 0.4 m/det^2 dan nilai tertinggi untuk kedua data ukur tersebut dibawah 2.5 m/det^2 . Dengan demikian disini dikategorikan memiliki nilai yang tinggi untuk kenyamanan seorang operator untuk mengoperasikan mesin seperti traktor roda dua.



Gambar 5 Hasil testing data ukur dan ANN tiga unit traktor, a, b dan c.

3. Validasi model I

Hasil Validasi Model I dapat dilihat pada tabel (1) yang merupakan sebagai nilai Model yang akan dibanding dengan Model II untuk masing-masing sumbu.

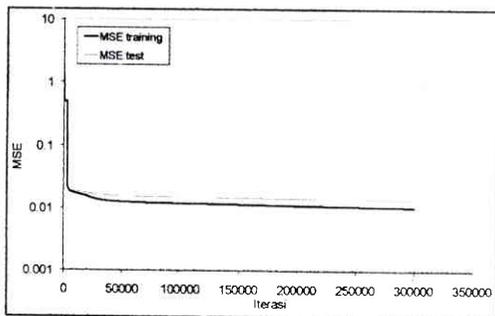
Tabel 1 Validasi model I ANN untuk tiga unit traktor

Model I ANN		Training	Testing	
Arah sumbu	x	Mean	1.752	1.273
		SEP	0.318	0.389
		CV	18.147	30.528
	y	Mean	1.471	1.014
		SEP	0.154	0.199
		CV	10.444	19.588
	z	Mean	1.507	1.109
		SEP	0.121	0.205
		CV	8.009	18.474

Model II

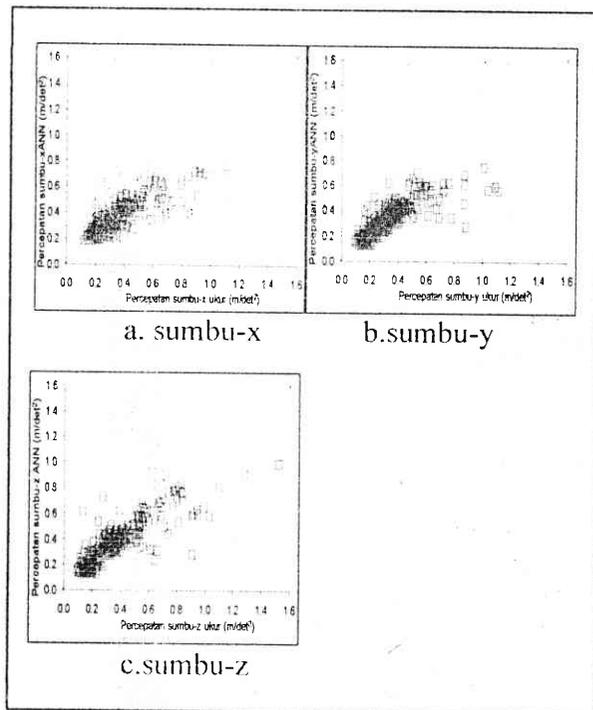
1. Hasil training data ukur tiga unit traktor untuk model II

Iterasi dihentikan pada iterasi ke 300000 karena nilainya semakin kecil. Pada Gambar (6) menunjukkan nilai sudah dibawah 0,01 MSE.



Gambar 6 Mean Square Error model II

Pada Gambar (7) menunjukkan hasil training data ukur percepatan getaran dengan hasil pemodelan menggunakan ANN untuk tiga unit traktor.

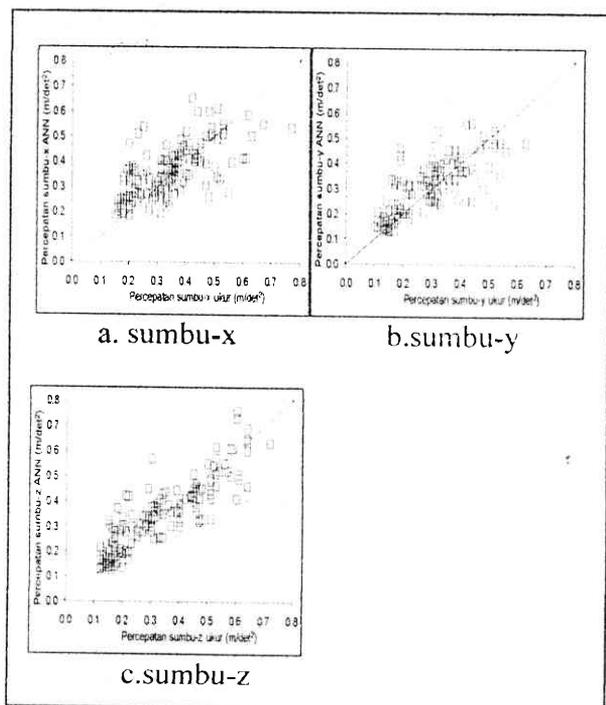


Gambar 7 Hasil training data ukur dan ANN tiga unit traktor, a, b dan c.

Hal ini menunjukkan adanya sebaran data yang relatif sama pada tiga percepatan sumbu ANN dan percepatan sumbu data ukur. Nilai yang ada pada training merupakan nilai pembandingan selama proses iterasi berlangsung untuk model II.

2. Hasil testing data ukur tiga unit traktor untuk model II

Pada Gambar (8) menunjukkan hasil testing data ukur percepatan getaran dengan hasil pemodelan menggunakan ANN untuk data tiga unit traktor. Umumnya pada Model II antara data percepatan sumbu ANN dan data percepatan sumbu data ukur dibawah 0.8 m/det². Dari penyebaran data pada Gambar [8] untuk sumbu x, y, z adanya perubahan yang relatif baik bila dibandingkan dengan hasil testing pada Model I.



Gambar 8 Hasil testing data ukur dan ANN tiga unit traktor, a, b dan c.

Antara sumbu x dan sumbu y hasil testing memperlihatkan adanya keseragaman yang relatif sama setelah adanya penambahan karet peredam pada traktor roda dua. Hal ini terlihat pada percepatan sumbu data ukur dan percepatan sumbu ANN yaitu rata-rata relatif lebih kecil dari 0.6 m/det^2 dan pada percepatan data ukur rata-rata dibawah 0.7 m/det^2 . Akan tetapi pada sumbu x adanya data yang diatas 0.75 m/det^2 untuk data percepatan sumbu x ukur. Hal ini diprediksikan adanya fluktuasi nilai percepatan data ukur pada salah satu traktor yang diakibatkan oleh gaya gerak piston. Sedangkan pada sumbu z yang arahnya tegak lurus dengan permukaan bumi, memiliki nilai percepatan sumbu z data ukur dan percepatan sumbu z ANN cenderung berpencair ataupun berbeda dengan sumbu x dan sumbu y. Seperti terlihat pada Gambar (8c) adanya beberapa nilai percepatan diatas 0.6 m/det^2 . Penyebab dari masalah ini dapat diprediksi kemungkinan adanya pengaruh dari gaya yang ditimbulkan pada data ukur akibat tumbukan roda traktor dengan lantai.

3. Validasi model II

Hasil Validasi Model II dapat dilihat pada tabel (2) yang merupakan sebagai model hasil pembelajaran

dengan ANN. *Standard Error Prediction* (SEP) untuk tiga sumbu menunjukkan hasil yang baik. Hal ini dapat dibandingkan antara *Standard Error Prediction* (SEP) model I dengan model II.

Tabel 2 Validasi model II ANN untuk tiga unit traktor

Model II ANN		Training	Testing	
Arah sumbu	x	Mean	0.382	0.339
		SEP	0.118	0.099
		CV	30.831	29.313
	y	Mean	0.330	0.291
		SEP	0.105	0.085
		CV	31.863	29.189
	z	Mean	0.368	0.334
		SEP	0.117	0.080
		CV	31.810	23.818

KESIMPULAN

Kedua Model ANN yang dibangun telah mampu dengan baik memprediksi kerusakan pada traktor roda dua. Dari kedua model yang dikembangkan, model II (8 – 15 – 3) memberikan hasil yang terbaik dengan nilai *Standard Error Prediction* (SEP) untuk data testing pada sumbu x=0.099, pada sumbu y=0.085 dan pada sumbu z=0.080.

DAFTAR PUSTAKA

1. Daywin, F.J., M. Djojomartono., R.G.Sitompul. *Motor Bakar Internal dan Tenaga di Bidang Pertanian*. Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Indonesia.1991.
2. D. W. Patterson, *Artificial Neural Networks Theory and Application*, Printice Hall, New York, 1996
3. Griffin M.J, *Vibration and Motion dalam Salvendy, G (editor). Hand Book of Human Factors and Ergonomics*. John Wiley and Sons, Inc. 590-608. 2006.
4. L. Fu, *Neural Networks In Computer Intelligence*, McGraw-Hill, Inc, Singapore,1994.
5. Purnomo, M.H dan Kurniawan, A. *Supervised Neural Networks dan Aplikasinya*. Graha Ilmu, Yogyakarta.2006.



6. Yang CC, Lacroix R, Prasher SO. *The Use of Back-Propagation Neural Network for The Simulation and Analyses of Time Series Data in Subsurface Drainage System*. Transactions of the ASAE. 41(4) : 1181-1187.1998.