

STUDI ANTHROPOMETRY TRAKTOR TANGAN UNTUK OPERATOR DI LAHAN SAWAH

The Study Of Anthropometry Of Hand Tractors For Operators In Paddy Field

Arief RM Akbar¹, Sam Herodian², Suriani Ali³

ABSTRACT

This study was aimed to get ergonomic factors which influence working productivity and workload of operators in primary tillage operation according to specific land condition, environmental condition and local culture in South Kalimantan area. Artificial neural network models (ann) was used to formulate the non linear relationship among ergonomic factors of hand tractors. The ergonomic factors were anthropometry (height and width of hand tractor steer, age and weight of operators). The field measurement to determine working productivity of primary tillage used moldboard plow as hand tractors implement. Results of ann showed that working productivity in a range of 453 m²/h and 1284 m²/h and workload in a range of 106 p/m and 169 p/m. The younger operator have the best productivity. The model have accuracy of 89% for output model of working productivity and 96% for output model of workload in soil tillage. The Optimum result for height of steer in a range of 104 cm and 112 cm.

Keywords: *ergonomic factors, productivity, artificial neural network, soil tillage, workload*

Diterima: 2 Mei 2007; Disetujui: 17 Mei 2007

PENDAHULUAN

Kualitas, kuantitas dan kontinuitas produksi adalah tiga kunci utama agar dunia petanian dapat berperan aktif dalam persaingan pasar global, khususnya untuk komoditas pangan. Mekanisasi pertanian yang direncanakan, dikaji dan diimplementasikan secara benar dan baik telah terbukti dapat meningkatkan kuantitas, kualitas dan kontinuitas

produksi pertanian yang pada akhirnya berhasil meningkatkan ketahanan pangan dan kesejahteraan kaum tani di banyak negara di dunia (Syuaib 2003).

Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk di tanah air yang masih pada level 1.3 – 1,6 % per tahun, peningkatan produksi pangan secara strategis merupakan satu hal yang tidak bisa ditawar. Ironisnya, persentase relatif tenaga kerja di sektor pertanian

¹ Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km.36 Banjarbaru 17714, ariefrma@yahoo.com

² Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, s_herodian@ipb.ac.id

³ Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km.36 Banjarbaru 17714, suriani_ali@yahoo.com

cenderung menurun dari tahun ke tahun, dan industrialisasi yang tak terelakkan di wilayah-wilayah pertanian potensial secara signifikan telah mengakibatkan konversi lahan pertanian menjadi areal pemukiman dan industri.

Perkembangan jumlah traktor tangan di Indonesia dalam kurun waktu 5 tahun mengalami pertumbuhan sekitar 80,13% atau 13,36% pertahun. Walaupun mekanisasi pertanian telah diintroduksi secara intensif sejak lebih dari 3 dekade yang lalu, efektifitas dan perkembangannya masih dirasa sangat lambat. Dibanding dengan sebagian besar negara Asia lainnya, perkembangan mekanisasi pertanian di tanah air harus kita akui masih relatif tertinggal (Syuaib 2003). Pada kondisi di mana sumber tenaga manusia di sektor pertanian semakin berkurang dan tenaga hewan sangat terbatas, peranan tenaga mekanis (traktor) dalam pengolahan tanah sangat membantu dalam meningkatkan produktivitas lahan serta pola penanaman sesuai dengan jadwal tanam dapat terpenuhi (Akbar *et al* 2004).

Dengan semakin mengecilnya peruntukan lahan untuk pertanian khususnya padi di pulau Jawa, maka orientasi untuk meningkatkan produktivitas padi diluar Jawa menjadi alternatif yang tidak terelakkan, walaupun di luar Jawa alih fungsi lahan pertanian tetap saja terjadi terutama pada daerah-daerah yang mengalami perkembangan menjadi perkotaan kecil. Kendala yang ada di lahan-lahan produktif untuk padi sawah di di luar Jawa khususnya di Kalimantan Selatan adalah sedikitnya tenaga kerja terutama tenaga pengolah tanah, sehingga aplikasi pengolahan tanah mekanis dengan traktor tangan menjadi suatu hal yang utama dalam budidaya padi. Akan tetapi dari hasil penelitian menunjukkan bahwa efektifitas dan produktivitas pengoperasian traktor tersebut masih dirasa kurang. Lebih dari itu, bukti-bukti empirik menunjukkan

bahwa faktor ketidak-sesuaian desain traktor terhadap operator dan kondisi lahannya telah menimbulkan banyak masalah yang berkaitan dengan kenyamanan, keamanan dan kesehatan kerja. Ketidak-sesuaian desain tersebut mengakibatkan timbulnya kelelahan fisik dan juga kelelahan mental (*psychophysiological stress*) yang tidak semestinya terjadi sehingga pada akhirnya mengakibatkan penurunan efektifitas dan produktivitas kerja. Akumulasi kelelahan tersebut dalam jangka panjang akan mengakibatkan pula gangguan-gangguan kesehatan yang tidak semestinya terjadi (Kastaman 1999; Jafry 2000 dan Syuaib 2003).

Desain traktor komersial yang beredar di Indonesia secara umum merupakan hasil adopsi desain-desain traktor dari negara-negara produsen. Sekalipun ada beberapa desain traktor dalam negeri, aspek-aspek teknis dan ekonomis merupakan pertimbangan dan indikator utamanya. Sedangkan faktor-faktor ergonomi (*human factors*) yang spesifik untuk karakteristik Indonesia belumlah secara obyektif diperhitungkan. Oleh karena itulah, banyak masalah dan keluhan tentang kelelahan, gangguan kesehatan dan efektifitas kerja yang dirasakan oleh para operator pengguna yang sebenarnya merupakan akibat dari ketidak-sesuaian desain dan dimensi traktor terhadap karakteristik spesifik operator dan lahan di Indonesia. Dari hasil kajian diperoleh suatu kondisi bahwa ketidak-sesuaian tinggi dan lebar kemudi traktor tangan dengan operator akan meningkatkan beban kerja yang diterima operator yang mengakibatkan penurunan produktivitas kerja pengolahan tanah (Akbar dan Herodian 2004)

Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dalam penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu model untuk membangun prototipe traktor tangan yang secara ergonomis sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik operator,

pola usaha tani dan lahan persawahan setempat (Kalimantan Selatan). Dengan latar belakang fakta dan pemikiran bahwa desain dan konstruksi traktor tangan yang beredar di pasaran Indonesia merupakan adopsi dari negara produsen di luar negeri, hasil penelitian ini sangatlah penting dengan target utama untuk menciptakan prototipe traktor tangan yang secara spesifik sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik operator, kondisi lahan dan pola tanam setempat.

BAHAN DAN METODE

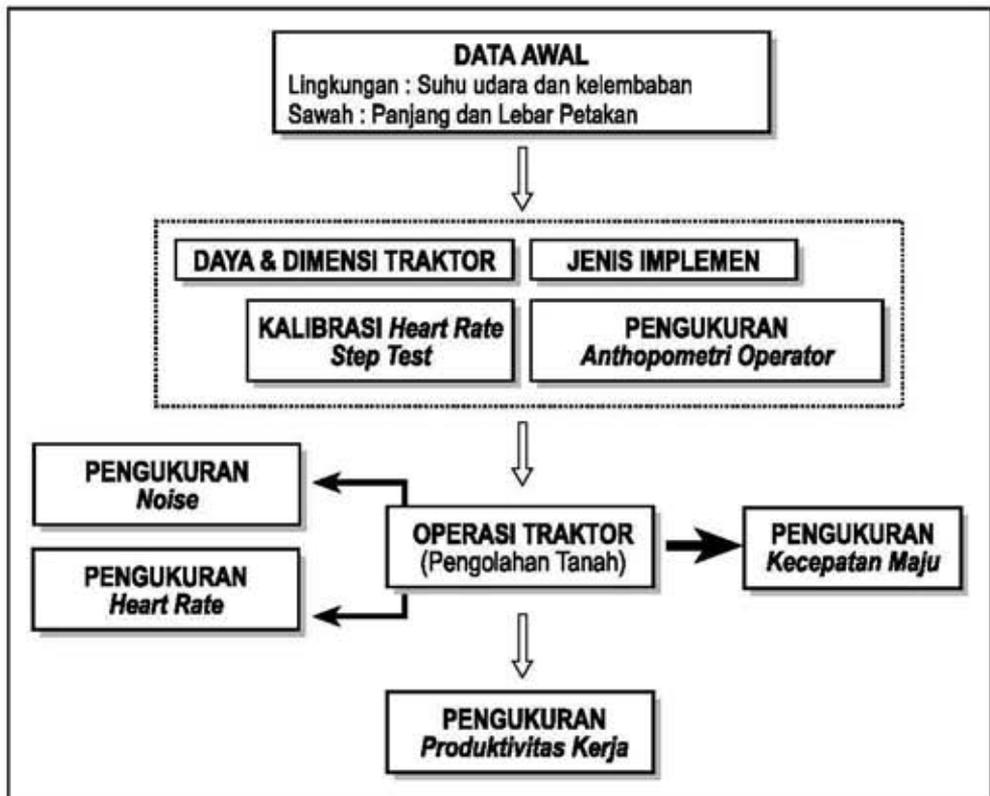
Untuk mencapai tujuan dan target dari penelitian ini, metode penelitian yang akan dilaksanakan adalah analisis terhadap indikator-indikator ergonomis khususnya anthropometry untuk

mendesain traktor yang secara optimal sesuai dengan karakteristik operator dan lahan sawah di Indonesia dengan menggunakan pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan (JST).

Analisis Ergonomis Terhadap Traktor Tangan Komersial

Penelitian ini dititik beratkan pada analisis kesesuaian ergonomis terhadap traktor tangan komersial yang digunakan para petani saat ini. Model Jaringan syaraf tiruan yang digunakan menggunakan metode training (pembelajaran) *back propagation* (Patterson, 1996). Data dan analisis yang digunakan pada model ditampilkan pada Gambar 1.

Pengambilan data dilakukan pada penggunaan implemen pengolahan tanah yaitu bajak singkal yang dibagi menjadi beberapa aspek berikut :



Gambar 1. Skema kerja pengambilan data di lapangan

• **Aspek Anthropometri**

Pengambilan data anthropometri operator dilakukan juga dengan pengukuran dimensi traktor yang digunakan. Data anthropometri yang diukur terdiri : *dimensi traktor tangan* (jarak poros roda dengan ujung stang kemudi (cm), jarak kemudi kiri dan kanan atau lebar kemudi (cm), tinggi kemudi dari permukaan tanah datar (cm), kedalaman roda besi pada tanah sawah (cm)) dan *anthropometri operator* (panjang pangkal lengan (upper arm) (cm), panjang lengan bagian bawah (*forearm*) (cm), lebar bahu (cm), tinggi bahu (cm), tinggi siku (cm), kedalaman kaki dalam tanah sawah (cm)). Analisis aspek anthropometri meliputi penentuan posisi optimum operator dalam mengoperasikan traktor tangan, penentuan lebar optimum jangkauan kemudi dan penentuan tinggi kemudi traktor tangan. Sumber : Akbar *et al*,2004

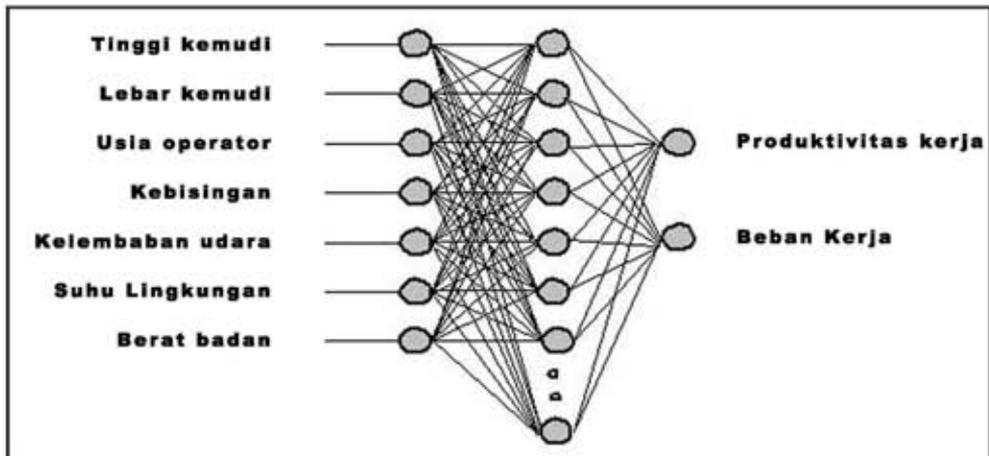
• **Aspek Denyut Jantung**

Pengukuran denyut jantung operator dilakukan dengan menggunakan *heart rate monitor*, dengan kalibrasi sebagai tahapan awal sebelum pengukuran terhadap operator pada saat

pengolahan tanah dilakukan dengan metode *step test* yaitu dengan cara melakukan aktivitas naik turun bangku dengan ketinggian 30 cm dengan frekwensi 20, 25, 30, 35 dan 40 siklus per menit. Pengukuran denyut jantung operator dilakukan pada saat pengolahan tanah. Pengukuran laju denyut jantung digunakan untuk melihat beban kerja yang diterima oleh operator traktor dalam pengolahan tanah, dengan menggunakan hubungan tingkat kerja dengan kebutuhan energi dan denyut jantung (Sanders dan Cormick 1987).

Pemodelan

Pengembangan model dilakukan dengan menggunakan sampel data sebanyak 75, di mana masing-masing sampel data terdiri dari 7 parameter input dan 2 parameter output. Untuk melihat pengaruh dan perilaku dari setiap parameter terhadap tingkat produktivitas kerja pengolahan tanah menggunakan model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang ditampilkan pada Gambar 2. Model JST yang dikembangkan berdasarkan implemen yang digunakan (bajak singkal) menggunakan multi layer yang terdiri dari tiga lapisan :



Gambar 2. Model JST yang dikembangkan pada traktor tangan

1. Lapisan input dengan parameter; lebar kemudi, tinggi kemudi, usia operator, berat badan, kebisingan, kelembaban udara, dan suhu lingkungan.
2. Lapisan tersembunyi, sebagai lapisan pemrosesan atau pembanding antara lapisan input dan lapisan output yang menghasilkan nilai pembobot diantara lapisan-lapisan tersebut.
3. Lapisan output terdiri dari 2 unit keluaran yaitu produktivitas kerja pengolahan tanah dan tingkat beban fisik berdasarkan nilai laju denyut jantung.

• **Proses pembelajaran model JST**

Data sampel hasil pengukuran digunakan sebagai bahan pada proses pembelajaran (training), dengan menggunakan metode *back propagation* (Patterson 1996). Mekanisme pembelajaran dilakukan melalui ilustrasi Gambar 3 serta tahapan dan persamaan-persamaan berikut :

- Input pada lapisan masukan merupakan input bagi lapisan tersembunyi

$$H_j = \sum_i V_{ij} x_i \quad j = 1, 2, \dots, h$$

dan (1)

$$I_k = \sum_j W_{kj} y_j \quad k = 1, 2, \dots, m$$

Di mana :

H_j = input lapisan tersembunyi node j

J_{ik} = input lapisan keluaran node k

h = jumlah node lapisan tersembunyi

m = jumlah node lapisan keluaran

- Perhitungan nilai output node j pada lapisan tersembunyi dan output node k pada lapisan keluaran dengan persamaan berikut :

$$y_j = f(H_j) \quad j = 1, 2, \dots, k$$

dan (2)

$$z_k = f(I_k) \quad k = 1, 2, \dots, m$$

Sehingga persamaan keseluruhan output pada lapisan keluaran ke k dengan masukan nilai input x adalah:

$$\begin{aligned} Z_k &= f(I_k) = f(\sum_j W_{kj} y_j) \\ &= f(\sum_j W_{kj} f(H_j)) \\ &= f(\sum_j W_{kj} f(\sum_i H_{ji} x_i)) \end{aligned} \quad (3)$$

Fungsi (f) yang digunakan pada proses pembelajaran merupakan fungsi aktivasi **log-sigmoid**:

$$f(H_j) = \frac{1}{1 + e^{-\beta(H_j)}} \quad (4)$$

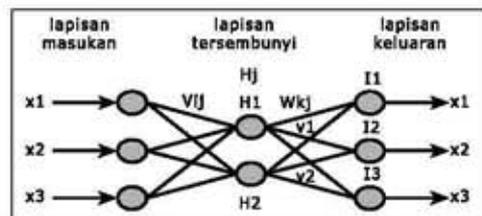
$$f(I_k) = \frac{1}{1 + e^{-\beta(I_k)}}$$

di mana : β = konst. Fungsi sigmoid

- Prinsip backpropagation adalah mengoptimalkan nilai fungsi dengan memperkecil nilai galat (error) hingga mencapai minimum global, melalui perbaikan nilai pembobot dengan membandingkan nilai output jaringan dengan nilai target yang diberikan dengan menggunakan persamaan *jumlah kuadrat galat* :

$$E = \frac{1}{2} \sum (t_k^p - z_k^p)^2 \quad (5)$$

di mana : t = target dan z = keluaran JST



Gambar 3. Ilustrasi pembelajaran backpropagation

- Perbaikan nilai pembobot dilakukan untuk memperkecil nilai galat dengan menggunakan metode *delta rule* :

$$\Delta W_{kj} = \eta \delta_k y_j$$

dan (6)

$$\Delta V_{ji} = \eta \delta_j x_i$$

Di mana :

- η = konst. Laju pembelajaran
- ΔW_{kj} = perubahan nilai pembobot W_{kj}
- δ_k = galat output ke k
- y_j = fungsi log-sigmoid

Dari persamaan-persamaan di atas maka nilai pembobot dapat dirumuskan melalui persamaan berikut :

$$W_{kj}^{baru} = W_{kj}^{lama} + \Delta W_{kj} \quad (7)$$

$$= W_{kj}^{lama} + \eta y_j (t_k - z_k) f'(I_k)$$

$$V_{ji}^{baru} = V_{ji}^{lama} + \Delta V_{ji} \quad (8)$$

$$= V_{ji}^{lama} + \eta x_i f'(H_j) \sum_k \delta_k W_{kj}$$

- Semua proses di atas dilakukan secara berulang-ulang melalui pemberian nilai input-output, proses aktivasi dan perubahan nilai pembobot. Kinerja jaringan dievaluasi melalui nilai **Root Mean Square Error (RMSE)**, hal ini untuk melihat tingkat ketelitian model yang telah dibangun.

$$RMSE_{error} = \sqrt{\frac{\sum (Y_k - T_k)^2}{n}} \quad (9)$$

Di mana :

- Y_k = nilai prediksi jaringan
- T_k = nilai target yang diberikan
- n = jumlah contoh data

- **Pola data masukan (input) model JST**

Untuk melihat pola sebaran data yang digunakan dalam JST dilakukan dengan menggunakan **metode Box Plot** yang dikembangkan oleh J.W. Tukey (Koopmans 1987). Metode ini memungkinkan untuk mendapatkan informasi diskriptif dan analisis mengenai sampel data dalam bentuk tampilan diagram.

- **Kalibrasi dan Validasi model JST**
Kalibrasi model dilakukan untuk melihat hasil ketelitian pada proses pembelajaran (training) JST, sedangkan validasi model dilakukan sebagai pengujian ketepatan (akurasi) prediksi model JST.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi anthropometry traktor tangan untuk operator di lahan padi sawah dibangun dengan menggunakan model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan batasan model sebagai berikut :

- Pengolahan tanah dilakukan di areal persawahan dengan kedalaman olah seragam dan kondisi tanah basah tergenang (jenuh).
- Implemen yang digunakan adalah bajak singkal.
- Cara operator mengoperasikan traktor dengan berjalan di sawah selama mengolah tanah.
- Pengolahan tanah yang dilakukan oleh operator traktor tangan mengikuti pola sirkulasi (dimulai dari pinggir memutar dan berakhir di tengah petakan).

Proses pengambilan data untuk analisis ergonomi dan fisiologi kerja atas operasi pengolahan tanah dengan menggunakan traktor tangan komersial dilakukan di areal persawahan teknis Suangai Rangas, Kec. Martapura Kab. Banjar Kalimantan Selatan. Pengukuran

parameter ergonomi setiap operator yang melakukan pengolahan tanah dilakukan selama operasi pengolahan tanah berlangsung pada setiap petakan lahan dari jam 07.00 – 17.00 Wita, meliputi produktivitas kerja pengolahan tanah, beban kerja pengolahan tanah, aspek antropometri (tinggi dan lebar kemudi), usia dan berat badan operator, aspek lingkungan (suhu dan kelembaban) dan kebisingan. Proses pengambilan data beban kerja yang diterima selama melakukan pengolahan tanah di rekam dalam heart rate monitor seperti pada Gambar 4.

Sebaran Data

Aplikasi model dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) sangat dipengaruhi oleh pola sebaran data yang digunakan dalam proses training (pembelajaran), aplikasi model JST tidak akan memberikan hasil yang baik jika fenomena yang diamati berada di luar sebaran data yang digunakan pada proses training (Yang *et al.* 1998). Ada tujuh parameter yang dijadikan sebagai data input pada model JST dengan sebaran data sebagai berikut :

1. Data usia operator menyebar pada selang 20 – 50 tahun.
2. Data berat badan operator menyebar pada selang 46 – 75 kg.
3. Data lebar jangkauan kemudi

- menyebar pada selang 60 – 76 cm.
4. Data tinggi kemudi menyebar pada selang 88 – 118 cm.
5. Data suhu lingkungan menyebar pada selang 24° – 34° C.
6. Data kelembaban menyebar pada selang 67 – 91%.
7. Data kebisingan menyebar pada selang 72 – 85,5 db.

Disamping data input yang digunakan pada proses training (pembelajaran) model JST, digunakan juga data output yang meliputi dua parameter yaitu :

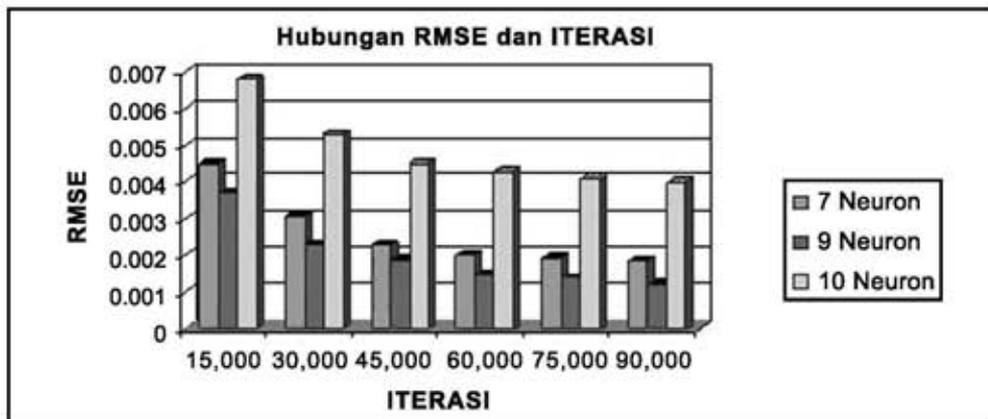
1. Data denyut jantung operator (*heart rate*) yang digunakan sebagai indikator beban kerja pengolahan tanah dengan sebaran data pada selang 106 - 179 denyut/menit.
2. Data produktivitas kerja operator menyebar pada selang 450 – 1150 m²/jam.

Pemodelan JST

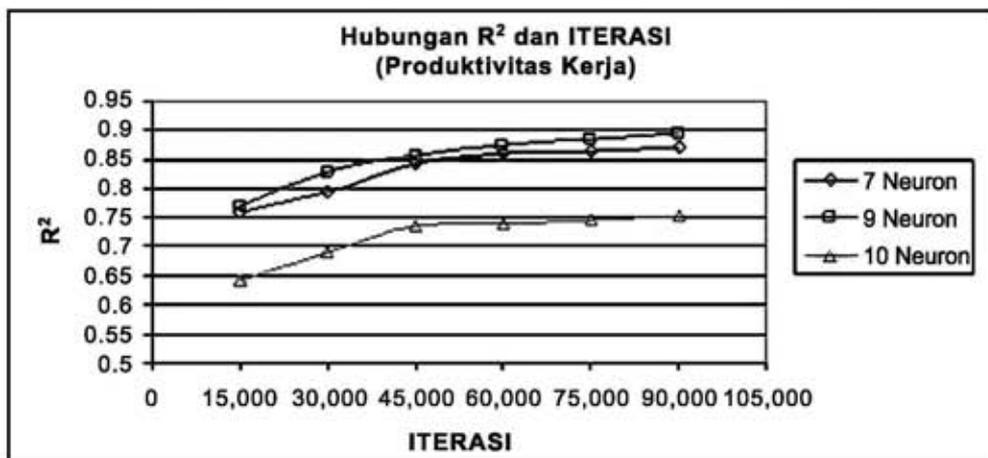
Pemodelan dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dimulai dengan proses pembelajaran (training) untuk menemukan konvergensi data yang akan digunakan dalam proses analisis dalam perancangan desain traktor yang akan dibuat. Proses training dilakukan pada beberapa interval iterasi dari 15.000 iterasi sampai dengan 90.000 iterasi serta pada 3 variasi jumlah neuron pada lapisan hidden dalam struktur JST.



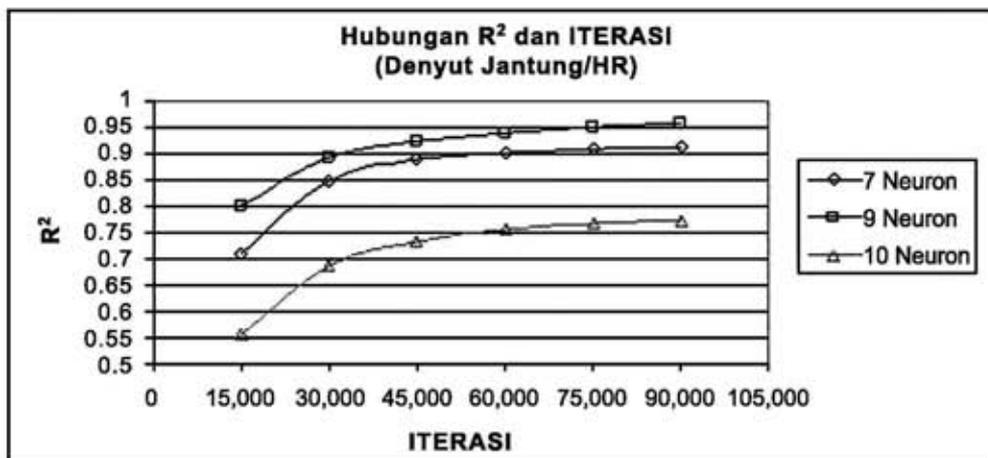
Gambar 4. Pemasangan HR monitor sebelum dan saat pengolahan tanah



Gambar 5. Nilai RMSE terhadap jumlah iterasi pada proses training JST



Gambar 6. Nilai r^2 parameter produktivitas kerja pada kalibrasi model



Gambar 7. Nilai r^2 parameter denyut jantung (hr) pada kalibrasi model

Semakin banyak jumlah node pada lapisan tersembunyi akan menyebabkan semakin kecil nilai *error*, yang mencerminkan tingkat ketelitian model (Gambar 5). Hal ini disebabkan jumlah bobot yang digunakan pada jaringan semakin banyak dengan bertambahnya jumlah neuron (*node*). Pola yang sama terlihat juga dengan banyaknya iterasi, semakin banyak iterasi yang dilakukan pada saat proses training (pembelajaran) maka nilai *error*nya akan semakin kecil. Nilai *error* dihitung dengan menggunakan *root mean square error* (RMSE). Dari hasil training data JST terlihat bahwa nilai RMSE terkecil diperoleh pada iterasi ke 90.000 dengan lapisan hidden terdiri dari 9 neuron.

Kalibrasi model dilakukan untuk melihat kesesuaian antara data output yang digunakan pada proses training dengan data output yang dihasilkan dari keluaran model. Nilai r^2 pada kalibrasi model berkorelasi dengan nilai *error* model, di mana semakin kecil nilai *error* model maka kalibrasi model akan semakin baik, hal ini dikarenakan nilai *error* model merupakan selisih dari nilai output dugaan (model) dengan output yang diberikan sebagai data training. Hasil kalibrasi model pada parameter produktivitas kerja dan beban kerja berdasarkan nilai denyut jantung ditampilkan pada Gambar 6 dan 7. Pada kedua grafik terlihat bahwa nilai r^2 semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah iterasi. Hasil terbaik diperoleh pada iterasi ke 90.000 pada struktur model JST dengan 9 neuron pada lapisan hidden. Berdasarkan hasil ini maka model JST dengan 9 neuron pada lapisan hidden yang akan digunakan dalam analisis ergonomi serta perancangan traktor tangan ergonomis.

Prediksi Model

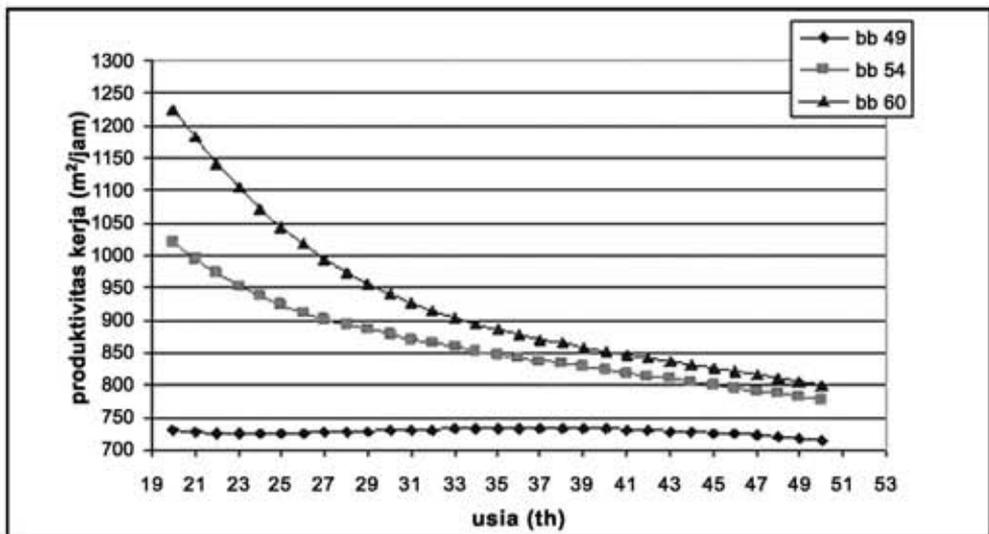
Model jaringan syaraf tiruan (JST) dibangun untuk menduga pengaruh masing-masing parameter input (faktor

ergonomi) terhadap output (produktivitas kerja dan laju denyut jantung) pada pengolahan tanah dengan menggunakan implemen bajak singkal. Pengaruh parameter-parameter input terhadap parameter output dianalisis dengan cara memasukkan nilai parameter input yang bervariasi ke dalam JST dan kemudian mengamati kecenderungan nilai parameter output. Untuk mempelajari pengaruh suatu parameter input, beberapa tingkatan nilai parameter tersebut dimasukkan ke dalam JST sementara nilai parameter-parameter input yang lain di anggap tetap (*ceteris paribus*). Nilai input yang digunakan pada prediksi model adalah ; usia operator 30 th, berat badan operator 54 kg, suhu lingkungan 29 °C, kelembaban udara 80%, lebar kemudi 70 cm, tinggi kemudi 106 cm dan tingkat kebisingan 77,9 dB. Nilai-nilai tersebut merupakan nilai tengah dari sebaran data yang digunakan di dalam JST di mana data-data yang lain mengumpul (*analisis box plot*). Hasil keluaran model ditampilkan dalam bentuk grafik sedangkan interaksi atau keterkaitan antar komponen input-output dalam sistem pengolahan tanah digambarkan dalam bentuk diagram sebab-akibat (*causal loop*).

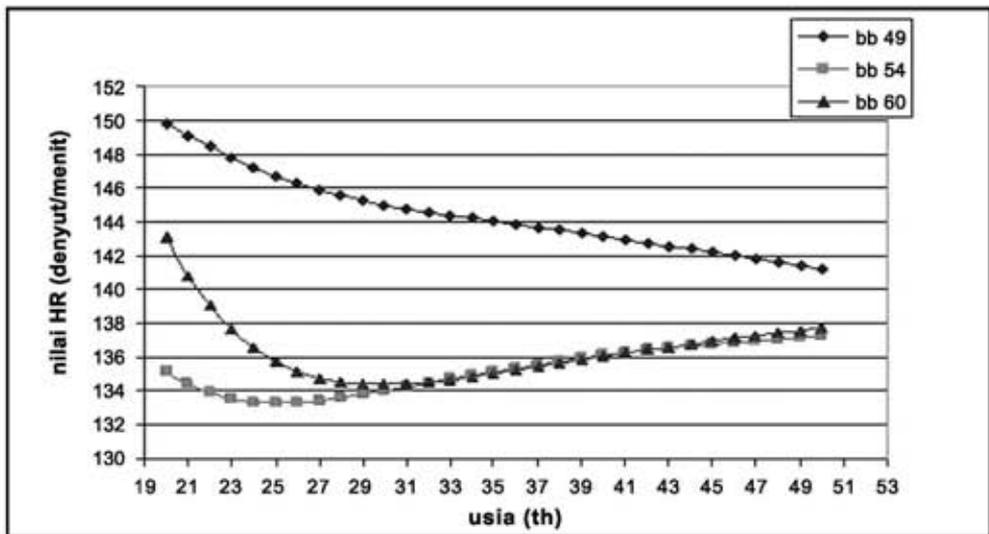
Prediksi model terhadap pengaruh usia dan berat badan operator dilakukan pada selang usia antara 20-50 tahun serta pada tiga kondisi berat badan yang berbeda (49 kg, 54 kg, dan 60 kg) dengan nilai variabel input lainnya tetap. Dari grafik pada Gambar 8 dan 9 terlihat kecenderungan produktivitas kerja yang menurun dengan bertambahnya usia operator. Penurunan produktivitas kerja ini memiliki pola yang sama pada dua tingkatan berat badan operator sedangkan pada berat badan paling kecil terlihat pola yang menurun yang agak mendatar. Hasil prediksi model menunjukkan bahwa kenaikan berat badan operator berpengaruh terhadap produktivitas kerja pengolahan tanah

dengan menggunakan bajak singkal. Operator dengan berat badan lebih berat lebih mampu menahan posisi kemudi traktor untuk menenggelamkan bajak sambil berjalan di sawah dibandingkan operator yang memiliki berat badan lebih ringan. Hal ini memberikan dampak produktivitas kerja yang lebih baik daripada operator yang mempunyai berat badan lebih ringan. Semakin besar berat badan operator pada tingkat usia yang

sama akan memberikan pengaruh pencapaian produktivitas kerja yang lebih baik dan beban kerja yang diterima juga lebih ringan terlihat dari laju denyut jantung yang lebih rendah. Secara umum produktivitas yang lebih tinggi memberikan pengaruh beban kerja yang lebih tinggi karena operator harus berjalan lebih cepat sambil mengemudikan traktornya.



Gambar 8. Pengaruh usia dan berat badan operator terhadap produktivitas kerja

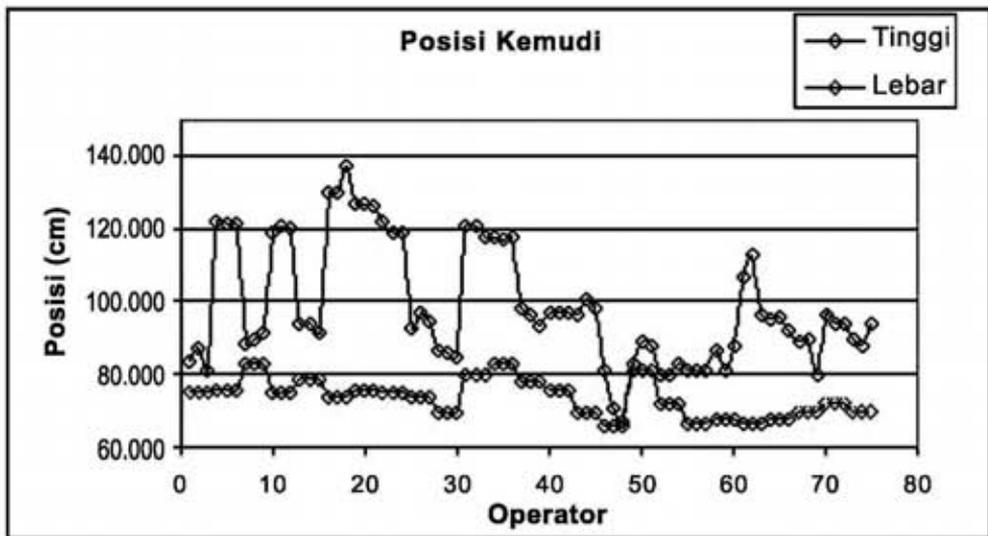


Gambar 9. Pengaruh usia dan berat badan operator terhadap laju denyut jantung

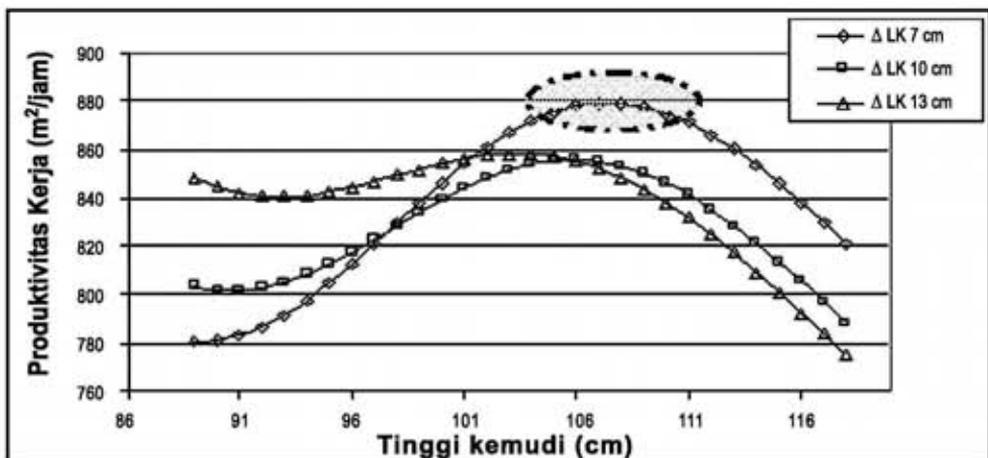
Optimasi Model

Optimasi model dilakukan untuk mendapatkan bentuk rancangan yang optimum dan pengoperasian traktor tangan yang sesuai dengan kondisi (karakteristik) operator di lapangan. Berdasarkan parameter input yang digunakan dalam JST, optimasi rancangan dilakukan untuk mendapatkan nilai tinggi dan lebar kemudi yang

optimum bagi operator, yang akan memberikan kenyamanan bagi operator dalam mengoperasikan traktor yang berdampak pada peningkatan produktivitas kerja pengolahan tanah. Kondisi tinggi kemudi traktor tangan bersifat dinamis selama kerja pengolahan tanah dilakukan, seperti terlihat dalam grafik pada Gambar 10.



Gambar 10. Posisi dinamis tinggi dan lebar kemudi traktor tangan di lapangan selama pengolahan tanah



Gambar 11. Hasil optimum tinggi dan lebar kemudi traktor pada pengolahan tanah dengan bajak singkal

Metode optimasi yang dipakai adalah *random search*, yaitu dengan memasukkan parameter input tinggi dan lebar kemudi yang bervariasi ke dalam JST dan kemudian memilih nilai output terbaik dari variasi input tersebut. Untuk mendapatkan nilai tinggi dan lebar kemudi optimum, parameter input yang lain di dalam JST dianggap tetap (*ceteris paribus*) yaitu usia operator 30 th, berat badan 54 kg, suhu lingkungan 29°C, RH 80% dan kebisingan traktor 79,9db.

Hasil optimasi yang ditunjukkan ada Gambar 11, tinggi kemudi optimum berada pada selang 104 cm – 112 cm dengan lebar kemudi traktor berjarak 7 cm dari jangkauan lebar kemudi operator maksimum. Hasil tersebut berdasarkan nilai laju denyut jantung yang relatif lebih rendah pada nilai produktivitas kerja tertinggi (gambar 12).

Tinggi dan lebar kemudi traktor berhubungan dengan kesesuaiannya terhadap posisi optimum, semakin sesuai tinggi dan lebar kemudi terhadap operator akan memberikan kenyamanan bagi operator dalam mengoperasikan traktor tangan. Prediksi model untuk mengetahui pengaruh tinggi kemudi dilakukan pada

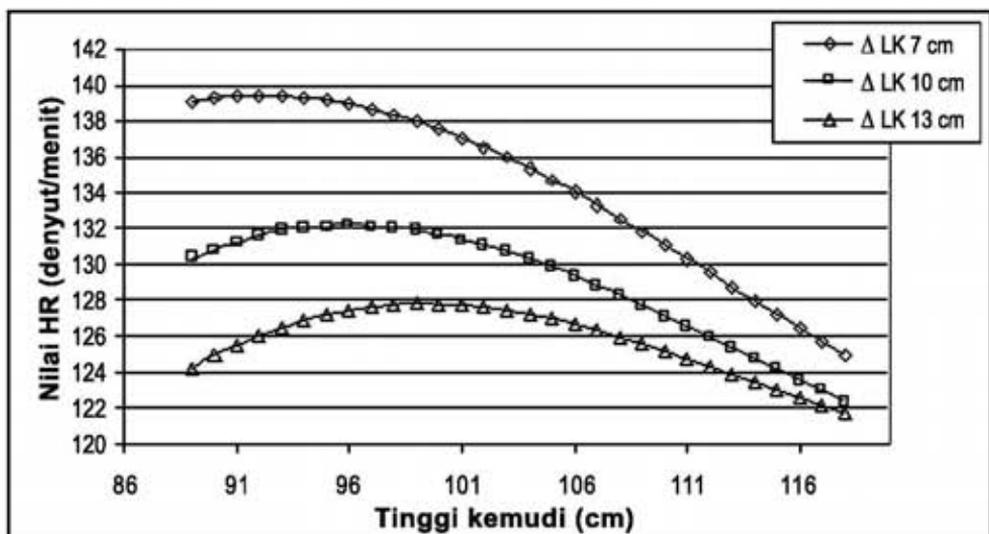
beberapa nilai lebar kemudi yang merupakan selisih antara lebar jangkauan kemudi maksimum bagi operator dengan lebar kemudi traktor yang dipakai di lapangan (LK). Ilustrasi lebar jangkauan kemudi ditunjukkan pada Gambar 13.

Pada diagram sebab-akibat (Gambar 14) terlihat bahwa kenyamanan kerja operator yang disebabkan oleh kesesuaian tinggi kemudi mempengaruhi kecepatan berjalan yang dapat dilakukan sehingga akan meningkatkan produktivitas kerja pengolahan tanah. Sebaliknya ketidaknyamanan akibat ketidaksesuaian posisi kemudi terhadap operator akan meningkatkan laju denyut jantung operator karena beban kerja yang diterima semakin besar.

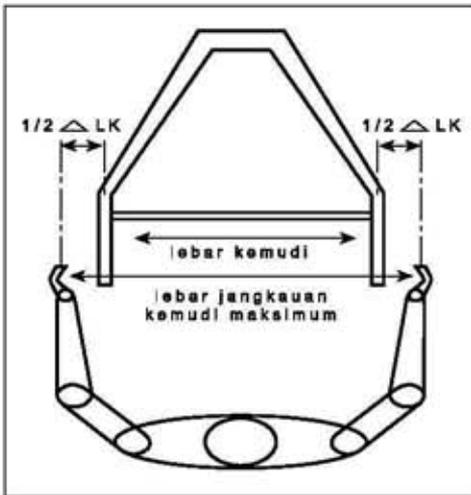
KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Dari model jaringan syaraf tiruan yang dikembangkan, akurasi model dinyatakan melalui r^2 dengan nilai 0,89 dan 0,96 masing-masing untuk parameter kapasitas kerja dan denyut jantung.

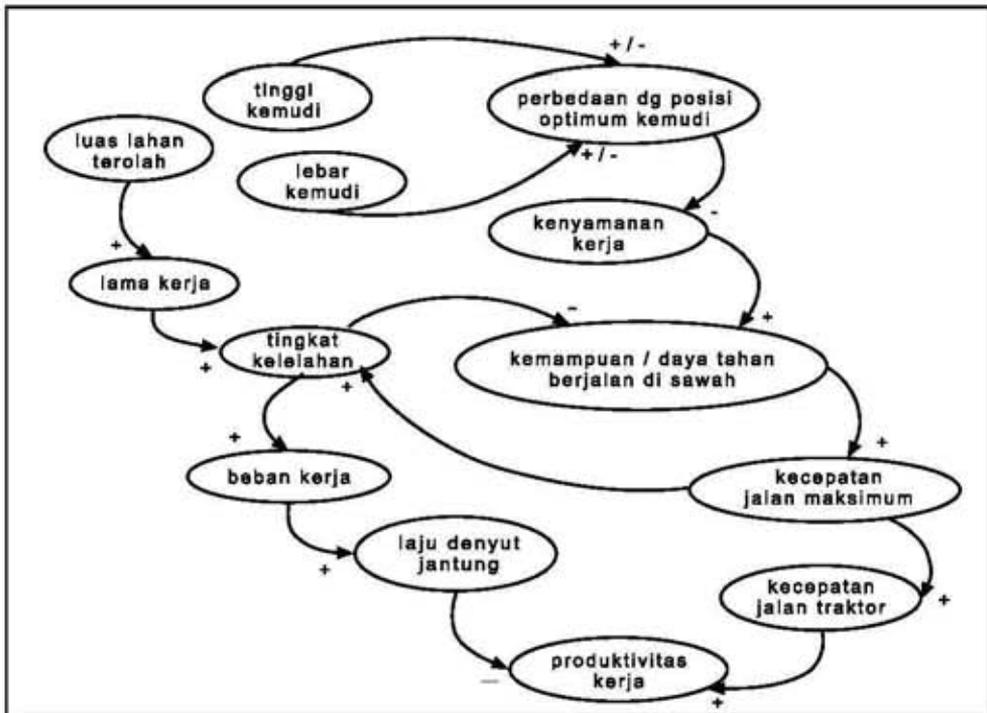


Gambar 12. Pengaruh tinggi dan lebar kemudi optimum terhadap laju denyut jantung operator



Gambar 13. Posisi lebar jangkauan kemudi maksimum operator terhadap lebar kemudi traktor tangan

2. Semakin tinggi usia operator akan menyebabkan penurunan produktivitas kerja dan peningkatan beban kerja pengolahan tanah, pada tingkatan usia yang sama, berat badan yang lebih besar akan meingkatkan produktivitas kerja pengolahan tanah.
3. Tinggi dan lebar kemudi traktor tangan dipengaruhi oleh posisi optimum bagi operator, semakin kecil perbedaan terhadap posisi optimum akan meningkatkan produktivitas kerja dan menurunkan beban kerja yang diterima oleh operator berdasarkan parameter laju denyut jantung operator.
4. Posisi optimum tinggi kemudi traktor tangan berada pada selang 104 cm – 112 cm dengan lebar kemudi berjarak 7 cm dari lebar maksimum jangkauan kemudi operator.



Gambar 14. Diagram sebab-akibat posisi tinggi dan lebar kemudi terhadap produktivitas kerja dan laju denyut jantung

Saran

Desain traktor tangan yang ada saat ini (di lokasi penelitian) perlu dimodifikasi pada tinggi kemudi karena tinggi kemudi traktor yang dipakai di lapangan berada pada posisi lebih tinggi dari posisi optimum.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar ARM, dan Herodian S. 2004. *Model of Relation of Height dan Width of Hand Tractor Steer on The Work Load in Primary Tillage of Paddy Field. Di dalam: International Seminar on Advanced Agricultural Engineering and Work Operation. Proceedings of International Seminar on Advanced Agricultural Engineering and Work Operation; Bogor, 25-26 August 2004. Bogor: Creaa-IPB. 10p.*

Akbar ARM, Pramudya B, Herodian S, Astika IW. 2004. *Pemodelan Faktor Ergonomi Terhadap Produktivitas Kerja Pada Pengolahan Tanah Pertama Areal Padi Sawah. Jurnal Keteknikan Pertanian. Vol.18 No.3 : 178-190. Bogor.*

[Deptan] Departemen Pertanian, Pusat Data dan Informasi. 2003. *Statistik Pertanian (Agricultural Statistics). Jakarta : Deptan.*

Jafry, T., and D.H. O'Neill. 2000. *The Application of Ergonomics in Rural Development: a review, Applied Ergonomics, 31(3):263-268.*

Kastaman, R. 1999. *Pengembangan Metodologi Rekayasa Nilai (Value Engineering) Kasus Pemilihan dan Evaluasi Rancangan Traktor Tangan. Disertasi (tidak dipublikasikan). Program Pasca Sarjana, IPB. Bogor.*

Koopmans, L.H. 1987, *Introduction to Contemporary Statistical Methods. Second Edition. University of New Mexico. Duxbury Press. Boston.*

Patterson, D.W. 1996. *Artificial Neural Networks-Theory and Applications. Prentice hall. Singapore.*

Sanders, M.S. and Cormick,E.J. 1987. *Human Factors in Engineering and Design. Sixth Edition. McGraw-Hill,Inc. New York.*

Syuaib, M.F. 2003. *Ergonomic Study on the Process of Mastering Tractor Operation. Doctoral Dissertation. The United Graduate School of Agricultural Science. Tokyo University of Agriculture and Technology. Japan.*