

## Prediksi Penyebab dan Solusi Ketidaknyamanan Kerja dengan Aplikasi Sistem Pakar

Chairul Saleh, Ade Trisna P.

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri,  
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

### Abstract

*Lack of attention to ergonomic factors such as attitude factor, job position, and job density causes incidence uncomfortable job feeling. Hereinafter can cause accident and generate disease. Home industry like streets vendor process the product with special skill and carefulness so that yield accuracy, beauty, good at measure, and according to order of customer. This paper will present expert system application to detect and give solution to uncomfortable job causes because of eyes strain, repetition and posture. To recognize pattern part of body along with grade of pain, cause, and solution used by artificial neural network method (Back-Propagation) with trainbpx and Learning Vector Quantization. Result training of network obtained that to recognize cause pattern of feel pain, performance efficacy training of trained network 99%, to recognize solution pattern of repetition cause obtained 80%, hereinafter to recognize solution pattern of posture cause obtained 99%. The network which have been trained can be used to predict solution and cause of uncomfortableness at differing case with the same variable.*

**Keywords:** *expert system, neural network, back-propagation, learning vector quantization, ergonomic.*

### 1. Pendahuluan

Pada umumnya industri kecil hanya menitikberatkan perhatian dalam upaya mengatasi masalah manajemen dan pemasaran. Sedangkan masalah kondisi kenyamanan dan lingkungan kerja seperti faktor ergonomi: sikap, posisi kerja, dan kepadatan kerja, kurang diperhatikan. Kondisi ini dapat mengakibatkan timbulnya rasa tidaknyaman dalam bekerja, yang dapat menyebabkan kecelakaan serta penyakit akibat kerja.

Menurut Nurmianto (1996) Ergonomi berkenaan pula dengan optimis, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia ditempat kerja, di rumah dan tempat rekreasi. Didalam ergonomi dibutuhkan studi tentang sistem dimana manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya. Dengan memanfaatkan ergonomi ditempat kerja, akan mengurangi potensi penyebab kecelakaan, menurunkan rasa sakit akibat kerja, dan meningkatkan penampilan serta produktivitas. Tempat kerja yang sangat rentan dan kurang diperhatikan dari segi ergonomi adalah industri rumah tangga, industri kecil dan industri kerajinan.

Ergonomi berhubungan dengan ekonomi gerakan. Menurut Barnes (1980), bahwa pembahasan prinsip-prinsip ekonomi gerakan akan berhubungan dengan tubuh manusia dan gerakannya, pengaturan tata letak tempat kerja, dan perancangan peralatan. Disamping itu ergonomi memperhatikan lingkungan kerja. Kondisi lingkungan kerja yakni kondisi lingkungan fisik dari ruangan dan fasilitas-fasilitas dimana manusia bekerja. Hal ini meliputi perancangan penerangan, suara, warna, temperatur, kelembaban, bau-bauan dan getaran pada

suatu fasilitas kerja. Lingkungan kerja yang optimal sangat tergantung dengan kondisi dari aktivitas kerja yang dilakukan. Dengan demikian maka ergonomi juga berhubungan dengan antropometri yaitu pengetahuan yang menyangkut pengukuran tubuh manusia khususnya dimensi tubuh.

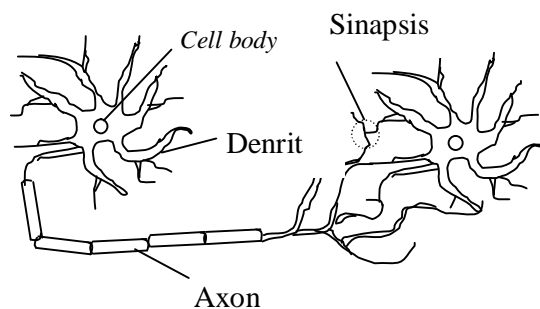
Salah satu industri rumah tangga adalah pekerja kaki lima. Industri mempunyai tempat kerja sangat rentan dan kurang mendapatkan perhatian dari segi ergonomi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penyebab dan solusi ketidaknyamanan kerja bagi para pekerja kaki lima. Untuk dapat mengidentifikasi faktor-faktor penyebab dan solusi ketidaknyamanan kerja sangat sukar dilakukan dengan baik dan cepat. Namun dengan perkembangan teknologi informasi saat ini indentifikasi faktor-faktor tersebut dengan mudah dapat dilaksanakan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk kepentingan tersebut adalah dengan sistem pakar melalui metode sitem Jaringan Saraf Tiruan (JST). Metode ini pernah digunakan oleh Melawati (2003) untuk identifikasi faktor ketidaknyamanan kerja pada pengrajin patung primitif. Sedangkan Asmoro, *et.al.*, (2003), menggunakan JST untuk memprediksi temperatur, kebisingan dan pencahayaan pada produksi resistor. Peneliti pertama, menggunakan sistem pakar metode JST dengan metode pelatihan *Trainbp* (metode pelatihan sederhana), sedangkan peneliti menggunakan JST untuk memprediksi jumlah output resistor.

Pada makalah ini akan mempresentasikan hasil penelitian penggunaan JST-BP dengan metode pelatihan *Trainbpx* (*adaptif learning rate*) untuk mencari penyebab keluhan dan *Learning Vector Quantization* untuk memprediksi solusi ketidaknyamanan kerja. Metode *Trainbpx* memberikan perubahan kecepatan belajar dan penambahan momentum sehingga tercapai konvergensi yang lebih cepat.

## 2. Kajian Literatur

### 2.1 Sistem Jaringan Saraf Tiruan (JST)

JST adalah merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan saraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran.

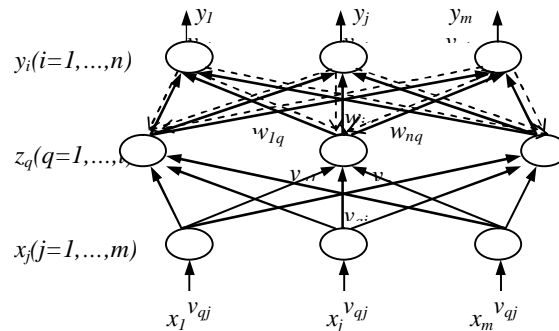


**Gambar 1.** Jaringan saraf manusia

Neuron-neuron buatan tersebut bekerja dengan cara yang sama pula dengan neuron-neuron biologis. Informasi (disebut dengan input) akan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Input ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Apabila input tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron tersebut diaktifkan, tapi kalau tidak, maka neuron tersebut akan mengirim output melalui bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya. Gambar 1 adalah model jaringan saraf manusia.

## 2.2 Model JST *Backpropagation*

JST *backpropagation* terdiri atas tiga lapisan atau lebih unit pengolah dengan fungsi aktivasi yang kontinyu. Diberikan sepasang input dan output  $\{(x^{(k)}, d^{(k)})\}$ ,  $k = 1, 2, \dots, p$ . algoritma rambat mundur terdiri atas dua fase arus data. Pertama, masukan dengan pola  $x^{(k)}$  dirambatkan maju dari lapisan input sampai dengan lapisan output yang menghasilkan output  $y^{(k)}$ . kemudian galat dihitung dengan mengurangkan nilai  $d^{(k)}$  dan  $y^{(k)}$ , apabila galat yang dihasilkan lebih besar dari galat yang ditentukan maka jaringan saraf melakukan rambat mundur dari lapisan output sampai ke lapisan input dengan memperbaharui nilai bobot masing-masing. Pada gambar 2, adalah model JST (Demuth, 1994, Fauzet, 1994).



Gambar 2. Rambat mundur jaringan saraf dengan tiga lapisan

## 2.3 Model Jaringan Saraf *Learning Vektor Quantizatin* (LVQ)

*Learning Vektor Quantization* (LVQ) adalah suatu metode untuk melakukan pembelajaran pada lapisan kompetitif yang terawasi. Suatu lapisan kompetitif secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor-vektor input. Kelas yang didapatkan sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini hanya tergantung pada jarak antara vektor-vektor input. Jika 2 vektor input mendekati sama, maka lapisan kompetitif akan meletakkan kedua vektor input tersebut kedalam kelas yang sama (Demuth, 1994, Fauzet, 1994).

## 3. Experimen

### 3.1 Data Bagian Tubuh Pekerja dan Tingkat Rasa Sakit yang Diderita

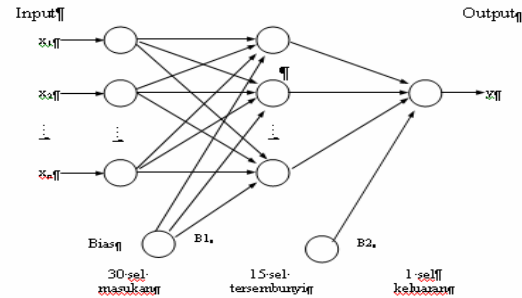
Objek dalam penelitian ini adalah para penjahit tradisional. Data primer yang diperoleh berupa data hasil wawancara secara langsung yaitu data bagian tubuh yang mengalami sakit akibat aktivitas bekerja dan data antropometri sebagai dasar perancangan kerja. Jumlah penjahit adalah 71 orang dengan data hasil identifikasi 30 titik-titik bagian tubuh. Sehingga diperoleh data bentuk matrik 71 pola dengan 30 variabel bagian tubuh

Terhadap data yang diperoleh dilakukan pengkelasan dan diberi notasi. Kelas **B** adalah penyebab pengulangan aktivitas kerja, diberi notasi **0**. Kelas **C**, adalah penyebab postur kerja, diberi notasi **1**. Kelas **D** adalah penyebab pengulangan aktivitas kerja dan postur kerja, diberi notasi **0.5**. Sedangkan kelas **A** adalah penyebab akibat ketegangan mata, sifat monoton, dan tidak diberi notasi. Dalam hal ini yang termasuk kelas **A** adalah sakit yang diderita karena pekerjaan monoton, tingkat ketelitian pekerjaan, jarak mata terhadap benda kerja, bidang visual yang melebihi interval  $(38^\circ \pm 6.3^\circ)$  dengan solusi pasti. Gambar 3, adalah struktur *Arsitektur JST Back-Propagation* yang digunakan untuk memperkirakan penyebab rasa sakit.

Data antropometri pekerja yang diperlukan antara lain adalah lebar pinggul (Lp), lebar bahu (Lb), tinggi popliteal (Tpo), pantat popliteal (Ppo), tebal paha (Tp), tinggi bahu duduk (Tbd), jarak dari garis A ke garis C, yang berurutan untuk perancangan lebar kursi, lebar

sandaran, tinggi kursi, panjang alas kursi, ketinggian meja, ketinggian sandaran, ketebalan alas kursi.

Data tingkat rasa sakit, penyebab, dan solusi dikonversi menjadi notasi angka, misalnya “Tidak Sakit” diberi notasi **0**; “Agak Sakit” diberi notasi **0.3**; “Sakit” diberi notasi **0,7**; dan rasa “Sakit Sekali” diberi notasi **1**.



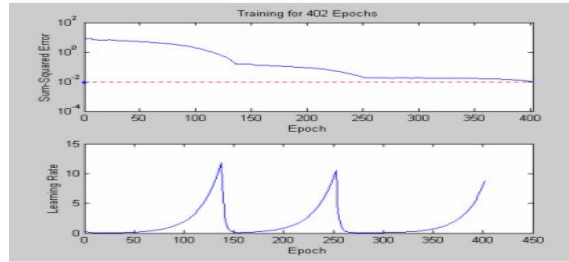
**Gambar 3.** Arsitektur JST *Back-Propagation*

Sedangkan untuk solusi penyebab dibagi menjadi tiga berdasarkan penyebab. Kelas **B**, diberi solusi **B<sub>1</sub>**, **B<sub>2</sub>**, **B<sub>3</sub>**. Solusi **B<sub>1</sub>** adalah yang harus dihindari yaitu posisi fleksi lengan yang terus-menerus baik kedepan, kesamping (menyebabkan kelelahan dan mengurangi ketepatan), redesain alat-alat atau handel alat-alat tangan. Sehingga diharapkan gerakan tangan menjadi alamiah dan menurunkan pengerahan tenaga otot. Selain itu memperbanyak istirahat pendek, variasi tugas-tugas dalam satu siklus agar tidak monoton. Solusi **B<sub>2</sub>** adalah sebaiknya para pekerja dapat memanfaatkan momentum gerak badan untuk mengawali gerakan (menggerakkan pedal dengan bantuan kekuatan kaki secara keseluruhan) dan gerakan balistik dapat dimanfaatkan (memanfaatkan pergerakan pedal sehingga tidak perlu menggunakan tenaga yang banyak). Sehingga berkurangnya kerja otot, pekerjaan menjahit lebih cepat dan menyenangkan, selain itu penggunaan dinamo pada mesin jahit akan sangat membantu. Solusi **B<sub>3</sub>** adalah perbaikan yang meliputi solusi **B<sub>1</sub>** dan **B<sub>2</sub>**. Begitu juga untuk penyebab sakit dikarenakan Postur kerja (**kelas C**), dengan solusi **C<sub>1</sub>** dan **C<sub>2</sub>**. Solusi **C<sub>1</sub>** adalah perancangan kursi kerja yang ergonomis dan solusi **C<sub>2</sub>** adalah perancangan kursi dan meja kerja yang ergonomis. **Kelas D adalah** untuk sakit yang disebabkan oleh pengulangan aktivitas yang dilakukan dan postur kerja. Solusinya adalah perbaikan keseluruhan yang meliputi solusi **B<sub>3</sub>** dan **C<sub>2</sub>**.

### 3.2 Pelatihan JST *Back-Propagation*

Dari 71 data yang layak diolah, 55 data yang akan dilatih dengan konfigurasi jumlah lapisan input 30 buah, jumlah lapisan tersembunyi 15 buah dan jumlah sel lapisan output adalah 1 buah. Galat yang dipakai adalah = 0.01 dengan *Learning rate* awal = 0.5. Kenaikan laju belajar = 1.05, dengan penurunan laju belajar 0.7. Selanjutnya digunakan maksimum epoch = 20000, dengan momentum = 0.95, *error ratio* = 1.04 dengan fungsi aktivasi *logsig*.

Pelatihan bertujuan untuk melihat galat jaringan dan seberapa besar ketepatan jaringan pada periode pelatihan (*epoch*) tertentu, dan ketepatan jaringan dinyatakan dalam jumlah peramalan penyebab keluhan yang tepat seperti pada gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik penurunan SSE dan *Adaptif Learning rate*

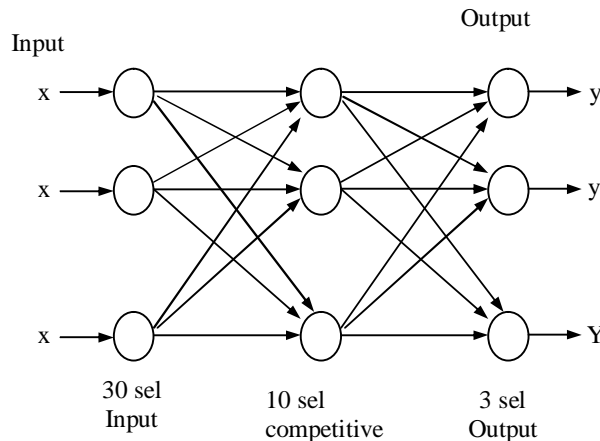
### 3.3 Pengolahan dengan Menggunakan JST *Learning Vector Quatization*

Pengolahan data dibagi menjadi 2 bagian yakni pengolahan untuk penyebab kelas **B** dengan kelas solusi **B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>**, dan kelas **C** dengan solusi **C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>**. Kedua penyebab ini diolah dengan metode *JST Learning Vector Quatization* (LVQ). Sedangkan kelas **D** tidak diolah dengan LVQ karena hanya mempunyai 1 solusi yaitu **D**. Hanya 17 dari 71 data diolah dengan perincian 12 data sebagai data pelatihan dan 5 data sebagai data pengujian.

### 3.4 Arsitektur Jaringan untuk Memprediksi Solusi

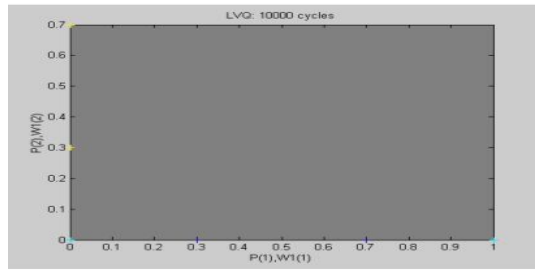
Arsitektur JST LVQ berbeda dengan jaringan saraf tiruan *Back-propagation*, jaringan ini menggunakan *competitive layer* sebagai pengganti *hidden layer*. Jaringan ini memiliki 30 sel input, 10 sel kompetitif, dan 3 sel output. Pada Gambar 5, adalah arsitektur JST LVQ-B yang digunakan untuk memprediksi solusi dari penyebab rasa sakit yang diderita pekerja.

Terdapat 12 data yang akan dilatih dengan konfigurasi sel pada lapisan input = 30 buah dan sel pada lapisan kompetitif = 10 buah, dan sel pada lapisan output = 3 buah serta *learning rate* = 0.01.

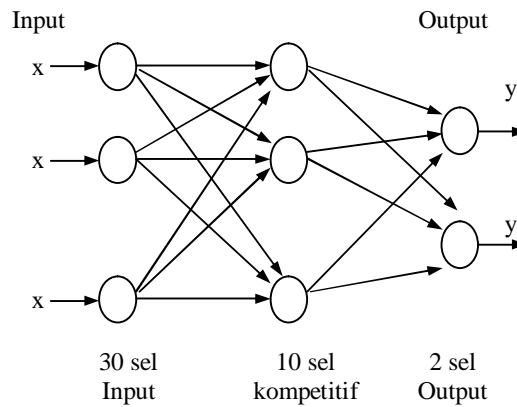


**Gambar 5.** Arsitektur JST LVQ-B

Gambar 7 adalah arsitektur JST LVQ-C yang akan digunakan untuk memprediksi solusi dari penyebab rasa sakit yang diderita pekerja. Berbeda dengan jaringan saraf tiruan *Back-propagation*, jaringan ini menggunakan *competitive layer* sebagai pengganti *hidden layer*. Jaringan ini memiliki 30 sel input, 10 sel kompetitif, dan 2 sel output.

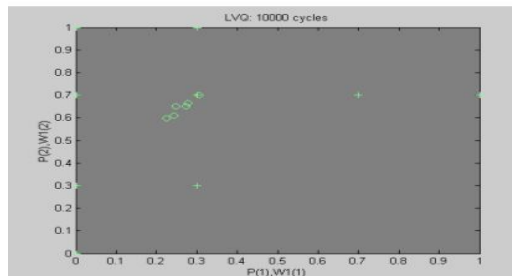


**Gambar 6.** Grafik pengelompokan solusi LVQ-B



**Gambar 7.** Arsitektur JST LVQ-C

Pelatihan jaringan yang dilakukan untuk kelas C dengan 22 data dan konfigurasiya adalah lapisan input = 30 buah dan sel pada lapisan kompetitif= 10 buah, dan sel pada lapisan keluaran= 2 buah serta *learning rate*= 0.01, sebelum dilatih ditentukan nilai bobot awal yakni jarak terkecil dari data.



**Gambar 8.** Grafik Pengelompokan Solusi LVQ-C

### 3.5 Analisa Ergonomi

Terdapat empat penyebab utama dari keluhan para pekerja yaitu (1) Mata yang selalu tegang/monoton, (2) Pengulangan aktivitas kerja, (3) Postur kerja, (4) Pengulangan dan postur kerja, sehingga pekerja mengalami rasa sakit yang terus menerus. Dari keempat penyebab itu akan dicari solusinya sehingga pekerja dapat bekerja tanpa ada keluhan rasa sakit.

Untuk mengatasi penyebab *pertama* dapat dilakukan antara lain: a). Penerangan yang baik seperti sinar/cahaya yang cukup, tidak menyilaukan, tidak terdapat kontras yang tajam, distribusi cahaya yang merata, pemasangan lampu kecil pada mesin jahit. b). Mengedipkan mata secara berkala, tatapan mata usahakan santai tidak tegang, dan sesekali melepaskan pandangan. c) serta pengaturan tinggi meja mesin jahit. Penyebab *kedua* berhubungan dengan aktivitas yang umumnya dilakukan oleh pekerja adalah bekerja dengan posisi kerja statis dan

cenderung menggunakan gerak badan yang berlebih. Untuk itu perlu adanya solusi dari aktivitas kerja yang dilakukan supaya pekerja dapat merasa nyaman dalam bekerja walaupun bekerja dalam jangka waktu yang lama. Berdasarkan prinsip ekonomi gerakan, solusi yang diperoleh bagi penanggulangan akibat pengulangan aktivitas kerja adalah solusi **B<sub>1</sub>** dan **B<sub>2</sub>**

Penyebab *ketiga* dan *keempat* adalah sikap tubuh dalam bekerja berhubungan dengan tempat duduk, meja kerja dan luas pandangan. Para pekerja bekerja dengan kondisi badan yang membungkuk, menunduk. Akibatnya posisi tubuh membungkuk, menunduk sehingga menimbulkan rasa sakit pada mata, leher, punggung, pinggang. Sedangkan pada pantat dan bokong, akibat duduk di kursi yang tidak dilapisi busa mengakibatkan pantat dan bokong nyeri/panas. Dua solusi yang diperoleh untuk memperbaiki postur kerja sehingga dapat mengurangi dan menghilangkan rasa sakit yang diderita yaitu memperbaiki dimensi meja dan kursi kerja karena terdapat ketidaksesuaian antara meja dan kursi kerja dengan antropometri pekerja. Untuk merencanakan meja dan kursi kerja ini diperlukan ukuran-ukuran tubuh yang menjamin sikap tubuh yang paling alamiah, sehingga tidak menimbulkan keluhan. Ukuran meja dan kursi kerja seperti berikut:

### 3.5.1 Meja Kerja

Tinggi meja kerja menggunakan dimensi T<sub>Po</sub> ditambah dimensi tebal paha, yaitu persentil 50 untuk tinggi popliteal dan persentil 95 dengan *allowance* 2 cm. Ukuran tinggi meja kerja adalah 52,7133 cm. Lebar meja kerja menggunakan dimensi lebar pinggul (L<sub>p</sub>) dengan persentil 95. Ukuran lebar meja kerja adalah 41,5704 cm dengan sudut pedal yang optimal adalah 25-30° (Grandjean, 1986).

### 3.5.2 Kursi Kerja

Tinggi kursi menggunakan (T<sub>po</sub>) dengan persentil 50 dan ditambah *allowance* sebesar 2 cm. Ukuran tinggi kursi adalah 37,1173 cm diukur dari lantai sampai ke tinggi alas tempat duduk. Tebal alas tempat duduk menggunakan ukuran dari garis A ke garis C dengan persentil 95. Ukuran ketebalan alas tempat duduk adalah 8,117 cm. Panjang kursi (P<sub>po</sub>) dengan persentil 5. Ukuran panjang kursi adalah 37,1173 cm. Lebar kursi (L<sub>p</sub>) dengan persentil 95 dan ukuran lebar kursi adalah 41,5704 cm. Tinggi sandaran kursi (T<sub>bd</sub>) dengan persentil 50, Ukuran sandaran adalah 58,8225 cm dengan kemiringan sandaran kursi optimal 100° s/d 110°. Lebar sandaran kursi (L<sub>b</sub>) dengan persentil 95, dengan ukuran lebar sandaran adalah 48,159 cm.

## 4. Analisa JST Back-Propagation (BP) dan Learning Vector Quantization (LVQ)

Konvergensi yang dicapai metode pelatihan *trainbpx* memerlukan iterasi sebanyak 402, tidak terdapat kesalahan dalam memprediksi penyebab keluhan yang diderita pekerja sedangkan *trainbp* memerlukan iterasi sebanyak 1858 dan terdapat 3 kesalahan dalam memprediksi penyebab keluhan yang diderita pekerja dan didapat pola dari 3 kelas yaitu kelas **A**, kelas **B**, dan kelas **C**.

Dari data 71 pola, maka 17 pola dinyatakan termasuk pada kelas **B**, dengan solusi **B<sub>1</sub>**, **B<sub>2</sub>** dan **B<sub>3</sub>**, dengan perbaikan yang meliputi solusi **B<sub>1</sub>** dan **B<sub>2</sub>**. Terhadap kedua data dilakukan pengujian. Pada data pelatihan setelah dilakukan pengujian kembali antara hasil pengujian dengan target ternyata data tepat. Sedangkan pada data uji antara hasil pengujian dengan target, terdapat data yang salah. Artinya jaringan 80% akurat, dan bila diujikan dengan pola baru maka keakuratan output sebesar 80%.

Dari 71 pola yang ada, 32 pola dinyatakan termasuk pada kelas **C**, yakni postur kerja, kemudian solusi dibagi menjadi dua, yakni **C<sub>1</sub>** adalah perancangan kursi kerja yang ergonomis

C<sub>2</sub> adalah perancangan kursi kerja dan meja kerja yang ergonomis. Dari kedua data yang diuji, pada data pelatihan dan data uji, setelah diuji kembali antara hasil pengujian dengan target semua data output tepat. Artinya jaringan 99% akurat, dan bila diberikan pola baru untuk diuji, maka tingkat keakuratan 99%.

## 5. Kesimpulan

- a. Diperoleh 30 bagian tubuh sebagai parameter penyebab ketidaknyamanan kerja dengan 4 penyebab utama dari rasa sakit yaitu mata yang selalu tegang, pengulangan aktivitas kerja, postur kerja dan pengulangan dan postur kerja.
- b. Metode pelatihan *trainbpx* lebih cepat dibanding metode pelatihan *trainbp*, dan hasil pengujian dengan metode pelatihan *trainbpx* tidak terdapat kesalahan dalam memprediksi penyebab keluhan yang diderita pekerja.
- c. JST *Back-Propagation* dengan metode pelatihan *trainbpx* yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab dari ketidaknyamanan, jaringan berhasil belajar sebesar 99%.
- d. Pada JST *Learning Vector Quantization* yang digunakan untuk mengidentifikasi solusi dari faktor penyebab ketidaknyamanan akibat pengulangan aktivitas kerja, ternyata jaringan berhasil belajar sebesar 80%, sedangkan pada JST *Learning Vector Quantization* yang digunakan untuk mengidentifikasi solusi dari faktor penyebab ketidaknyamanan akibat postur kerja, ternyata jaringan berhasil belajar sebesar 99%.

## 6. Saran

Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan metode lain seperti *Train-LM* untuk mempercepat konvergensi atau dengan metode optimasi.

## 7. Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Laboratorium Perancangan Kerja dan Ergonomi Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan bantuan fasilitas penelitian

## Daftar Pustaka

- Asmoro, Eddi, Sri Kusuma Dewi, Hari Purnomo, 2003. Studi Temperatur, Kebisingan dan Pencahayaan untuk Memprediksi Produksi Resistor dengan Jaringan Saraf Tiruan, *Prosiding Seminar, Laboratorium Analisis Perencanaan Kerja dan Ergonomi, FTI-TI, UII*, Jogjakarta.
- Barnes, R. M. , 1980. *Motion Time Study, Design and Measurement of Work*, Edisi ketujuh, University of California, California.
- Demuth, Howard, dkk., 1994. *Neural Network Toolbox*, For Use Matlab, Edisi ketiga, The Math Works, Inc, United States.
- Fauzet, L., 1994. *Fundamentals of Neural Network*, Prentice Hall Inc.
- Grandjean, E., 1986. *Fitting the task to the man*, Taylor and Francis Ltd, 4 John Street, London WC1N 2ET.
- Milawati, H., 2003. Identifikasi Faktor Ketidaknyamanan Pada Pekerja Pengrajin Patung Primitif dengan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan, Tugas Akhir Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri. Jogjakarta, *Unpublish*.
- Nurmianto. E. 1996, *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Edisi Pertama, PT. Guna widya.



## Apendix

**Tabel 1.** Penyebab bagian tubuh penjahit mengalami rasa sakit berdasarkan literatur

No	Bagian Tubuh yang Menderita rasa Sakit	Penyebab
1	Mata	Mata yang monoton, tingkat ketelitian pekerjaan, jarak mata terhadap benda kerja, bidang visual yang melebihi interval ( $38^{\circ} \pm 6.3^{\circ}$ )
2	Leher	<b>Postur kerja yang menunduk, memutar, sudut yang dibentuk terhadap bidang vertikal melebihi <math>20^{\circ}</math></b>
3	Punggung, Bahu kanan, Bahu kiri,	<b>Postur kerja membungkuk, sudut yang dibentuk terhadap bidang vertikal melebihi <math>20^{\circ}</math>.</b>
4	Lengan kanan/kiri	<b>Postur kerja akibat fleksi antara lengan atas dengan bahu melebihi <math>20^{\circ}</math> kearah depan dan belakang</b>
5	Siku kanan/kiri	Repetitive dari aktivitas kerja yang dilakukan
6	Lengan bwh kanan/kiri	Repetitive dari aktivitas kerja yang dilakukan
7	Pergelangan kn/kr	Repetitive dari aktivitas kerja yang dilakukan
8	Telapak tgn kn/kr	Repetitive dari aktivitas kerja yang dilakukan
9	Jari tgn kn/kr	Repetitive dari aktivitas kerja yang dilakukan
10	Pinggang	<b>Postur kerja membungkuk, posisi duduk</b>
11	Pantat/bokong	<b>Postur kerja akibat bentuk, bahan dan ketebalan tempat duduk yang digunakan</b>
12	Paha kn/kr	Repetitive dari aktivitas kerja yang dilakukan
13	Lutut kn	Repetitive dari aktivitas kerja yang dilakukan
14	Betis kn/kr	Repetitive dari aktivitas kerja yang dilakukan
15	Pergelangan kk kn/kr	Repetitive dari aktivitas kerja yang dilakukan
16	Telapak kaki kn/kr	Repetitive dari aktivitas kerja yang dilakukan

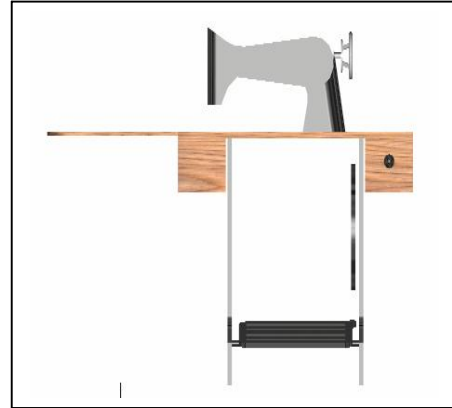
\*\* Ket: jika ada kanan kiri (kn/kr) berarti dua bagian tubuh.

**Tabel 2.** Solusi dari penyebab rasa sakit berdasarkan literatur

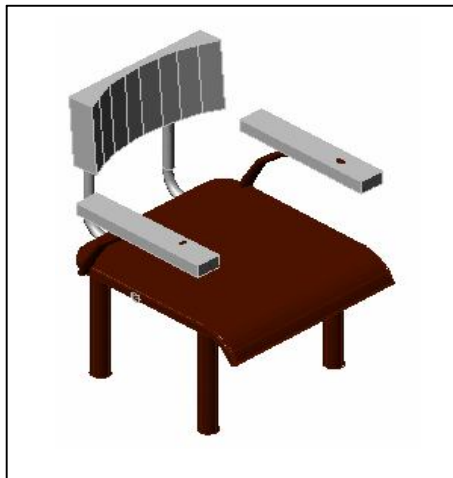
Penyebab	Solusi	Kelas
Mata yang selalu tegang/monoton	Penerangan yang cukup dengan pemasangan lampu kecil pada mesin jahit, mengedipkan mata secara berkala, tatapan mata usahakan santai tidak tegang dan sesekali melepaskan pandangan, serta pengaturan tinggi meja mesin jahit.	A
Repetitive dari aktivitas kerja	1. Posisi fleksi lengan yang terus-menerus baik kedepan, kesamping harus dihindari (menyebabkan kelelahan dan mengurangi ketepatan), redesain alat-alat atau handel alat-alat tangan, sehingga diharapkan gerakan tangan menjadi alamiah dan menurunkan pengerahan tenaga otot, selain itu memperbanyak istirahat pendek, variasi tugas-tugas dalam satu siklus agar tidak monoton.	B1
	1. Sebaiknya para penjahit dapat memanfaatkan momentum gerak badan untuk mengawali gerakan (menggerakan pedal dengan bantuan kekuatan kaki secara keseluruhan) dan gerakan balistik harus dimanfaatkan (memanfaatkan pergerakan pedal sehingga tidak perlu menggunakan tenaga yang banyak) sehingga berkurangnya kerja otot, penjahitan lebih cepat dan menyenangkan, selain itu penggunaan dinamo pada mesin jahit sangat membantu.	B2
	3. Perbaikan yang meliputi kelas B1 dan B2.	B3
Postur kerja	1. Perancangan kursi kerja yang ergonomis 2. Perancangan kursi dan meja mesin jahit yang ergonomis	C1 C2
Repetitive dan postur kerja	Perbaikan secara keseluruhan yang meliputi B3 dan C2	D



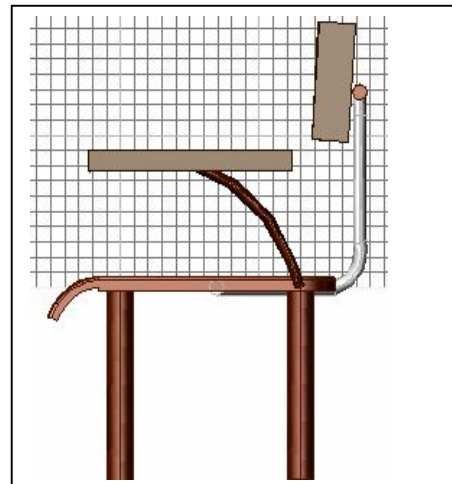
Mesin Jahit Tiga Dimensi  
Tampak Samping



Mesin Jahit Dua Dimensi  
Tampak Samping



Kursi Kerja Tiga Dimensi  
Tampak Samping



Kursi Kerja Dua Dimensi  
Tampak Samping