

## ABSTRAK

### ANALISIS PRODUKTIVITAS DENGAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST) BERDASARKAN PENDEKATAN ERGONOMI (Studi Kasus: UD. NATURAL, Petemon, Surabaya)

Oleh:

**Nasikhuddin**  
**09.04.211.00033**

Pertumbuhan sektor konstruksi mencapai 10,45% pada tahun 2012, adalah potensi pasar yang besar sebagai latar belakang peningkatan produktivitas UD. NATURAL, Petemon, Surabaya. Perusahaan tersebut adalah perusahaan manufaktur pembuatan kaca grafir. Terdapat beberapa tahapan proses dalam pembuatan kaca grafir yang dikelompokkan menjadi 4 departemen, yaitu: *cutting*, *sandblasting*, *assembly* dan *finishing*. Proses produksi tersebut dikerjakan secara manual. Sehingga banyak faktor yang mempengaruhi produktivitas, terutama faktor ergonomi mikro dan makro. Tujuan dari penelitian ini adalah analisis produktivitas berdasarkan pendekatan ergonomi mikro maupun makro dengan metode jaringan syaraf tiruan (JST) MATLAB. Ergonomi mikro yang di analisis adalah beban kerja menggunakan %CVL, postur kerja menggunakan RULA dan lingkungan kerja fisik (kebisingan, pencahayaan, dan suhu) sedangkan ergonomi makro dianalisis menggunakan metode Macroergonomic Analysis and Design (MEAD). Perancangan arsitektur model jaringan syaraf tiruan (JST) diketahui rancangan jaringan syaraf tiruan terbaik untuk mensimulasi model [10 10 3] adalah dengan metode pembelajaran backpropagation sigmoid bipolar (tansig) dan fungsi training adalah trainlm dengan diperoleh MSE sebesar 0,000027356 pada epoch ke-0 dan R bernilai  $0,99306 \approx 1,0$ . Pada tahap kedua dengan model [3 20 1], algoritma training yang terbaik adalah sigmoid bipolar (tansig), fungsi training adalah trainlm, dimana nilai MSE yang ditunjukkan adalah 0,027539 pada epoch ke-8 dengan R bernilai 0,796869. Berdasarkan hasil prediksi diketahui bahwa produktivitas optimum perusahaan tersebut dapat dicapai dengan kombinasi faktor ergonomi: kebisingan 85 dB, pencahayaan antara 350-700 lux, suhu 30°C, beban kerja 25%, postur kerja kategori 2 dengan dengan output penjualan sebesar Rp 3.634.275 – Rp 5.329.800 per bulan. Sedangkan alternatif perbaikan yang diusulkan berdasarkan analisis ergonomi makro adalah perbaikan job description, pelatihan untuk masing-masing pekerja dalam meningkatkan kemampuan/skill dan perbaikan fasilitas (pembuatan display informasi, pemugaran display produk, dan warehouse) maupun perawatan mesin/peralatan. Selain itu postur kerja untuk setiap karyawan terutama pada departemen *finishing* guna meningkatkan produktivitas perusahaan.

Kata kunci: Produktivitas, Ergonomi, MEAD, Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

## **ABSTRACT**

### **PRODUCTIVITY ANALYSIS USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) BASED ON ERGONOMICS APPROACH (Case Study: UD. NATURAL, Petemon, Surabaya)**

Oleh:

**Nasikhuddin**  
**09.04.211.00033**

*The growth of construction sector reached 10,45 % in the year 2012, is a great potential market as a background of the productivity growth at UD. NATURAL, Petemon, Surabaya. This company is a manufacture company of the production of gravere glass. There are some steps in making gravere glass, which is divided into 4 departments; cutting, sandblasting, assembly and finishing. The production processes are done manually. Therefore, there are many factors which influence the productivity, especially in micro ergonomics and macro ergonomics. The aim of this study is to analyze the productivity based micro ergonomics and macro ergonomics approach using Artificial Neural Network (ANN) MATLAB method. Micro ergonomic which is analyzed are work load using %CVL, work posture using RULA, and physical work environment (noisiness, light, and temperature). In contrast to macro ergonomic which analyzed using Macroergonomic Analysis and Design (MEAD) method. Architecture design Artificial Neural Network (ANN) is the best design to simulate model [10 10 3] with learning method backpropagation sigmoid bipolar (tansig) and training function is trainlm obtained MSE as big as 0,000027356 at the level epoh 0 and R valued 0,99306  $\approx$  1,0. Second phase is using model [3 20 1], the best algorithm training is sigmoid bipolar (tansig), training function trainlm, which MSE value shows 0,027539 at the level epoch 8 wirt R valued 0,796869. Based on the prediction, the result shows that optimum productivity of that company could be reached with combine ergonomic factor: noisiness 85dB, lighting between 300-700 lux, temperature 30oC, work load 25%, second category of work posture with output sales Rp 3.634.275 – Rp 5.329.800 per month. Otherwise, alternative reparation which is suggested based on the analysis of macro ergonomic are the reparation of job description, training for workers in enhancing skills and facilities (making information display, restoration of display product, and ware house) as well as machine/tools treatment. In addition, work posture for each worker especially for finishing department for increasing productivity in the company.*

*Keywords: Productivity, Ergonomics, MEAD, Artificial Neural Network (ANN)*

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah segala puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wata'ala, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta berkah yang sungguh luar biasa, Sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW teriring pula do'a untuk keluarga, sahabat, dan seluruh pengikutnya yang selalu setia sampai akhir zaman.

Terselesaikan skripsi ini dengan baik tidak lepas dari bimbingan, bantuan dan dukungan dari semua pihak berupa material, maupun spiritual. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan bangga mengucapkan banyak terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis Bapak Mansur dan Ibu Siti Amenah, dengan penuh kesabaran, keikhlasan, dan kasih sayang telah mengasuh dan mendidik penulis sejak kecil. Berkat doa dan dukungan, penulis sampai dan mampu menyelesaikan pendidikan ini. Tidak banyak hal yang bisa penulis berikan untuk membalas kebaikan itu. Namun, upaya untuk selalu membuat bangga keluarga akan selalu penulis lakukan.
2. Bapak Nachnul Ansori, S.T., M.T., dan Bapak Imron Mustajib, S.T., M.T. yang telah mengorbankan banyak waktu untuk membimbing, mengkritisi dan mengarahkan penulis dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Heri Awalul Ilhamsyah, S.T., M.T., Fitri Agustina, S.T, M.T., serta Bapak Mu'alim, S.T., M.T., selaku dosen penguji pada saat seminar proposal dan sidang skripsi yang telah memberikan masukan dan perbaikan untuk menjadikan karya ini berkualitas.

4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo yang telah memberikan ilmu yang insyaallah akan selalu bermanfaat bagi penulis.
5. Keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan dan doanya untuk penulis selama ini.
6. Bapak Dion dan Ibu Sulia Asmarani selaku pemilik UD. NATURAL yang telah mengizinkan dan memberikan tempat untuk penelitian serta, kepada seluruh pekerja yang bersedia dan membantu dalam penelitian.
7. Muhimmatul Afiyah yang telah membantu, *men-support* dan menemani penulis dari pengambilan data hingga skripsi ini selesai. Satu hal yang ingin penulis katakan “teruslah hidup, maju dan berkembang walaupun tanpa berpegang pada satu tiang yang dibelakang.”
8. Muhamad Ardi Santoso yang telah memberi semangat kepada penulis. Dulu kita sahabat, dan sekarang tidak lagi. Karena sahabat itu telah menjadi saudara bahkan kerabat dekat.
9. M. Taufiqur Rohman yang telah berjuang menyelesaikan skripsi bersama dari bimbingan hingga sidang pun kita bersama.
10. Teman Seperjuangan: Maksum, Khamdani, Khoirul Musfik, Febi, Winda, Didik, Rahman, Ferdi, Bagus, Evi dan teman-teman yang lain yang bersama-sama berjuang menyelesaikan skripsi.
11. Asisten Laboratorium Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja Angkatan 08 sampai 10: Eka, Adit, Andi, Frasi, Anwar, Aam, Rosa, Amal, Wulan, Agus, Fitri, Ekamada, Sunar, Syamsul, Sihin, Halimah, Lusi dan Yuyun atas semangat dan bantuannya selama ini.
12. Teman-teman Teknik Industri angkatan 2009 atas kebersamaan dalam menimba ilmu, serta semangat yang telah teman-teman berikan.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam pelaksanaan skripsi ini.

Mudah-mudahan jasa dan amal baik tersebut mendapatkan balasan yang belipat-lipat dari Allah SWT.

Dalam penulisan Skripsi ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan akibat terbatasnya kemampuan penulis, oleh karena itu penulis berharap adanya kritik dan saran pembaca demi menghasilkan skripsi yang berkualitas.

Akhirnya, hanya milik Allah lah kesempurnaan dan kebenaran dan kita sebagai manusia sangat tidak layak untuk mengakui kesempurnaan itu, begitu pula skripsi ini yang jauh dari kesempurnaan itu. Namun, penulis berharap dengan ketidak sempurnaan itu skripsi ini akan tetap memberikan kebaikan dan manfaat untuk semua. Aamiin,,!!!

Bangkalan, 11 Desember 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                                                 |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>COVER</b> .....                                                                              | <b>i</b>     |
| <b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....                                                                 | <b>ii</b>    |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....                                                                  | <b>iii</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....                                                                  | <b>iv</b>    |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                                                            | <b>v</b>     |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                                                           | <b>vi</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                                                     | <b>vii</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                                                         | <b>x</b>     |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                                                       | <b>xiv</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                                                      | <b>xvi</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                                                    | <b>xviii</b> |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                                                              | <br><b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                                        | 1            |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                                       | 4            |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                                                     | 4            |
| 1.4 Batasan Masalah dan Asumsi .....                                                            | 5            |
| 1.4.1 Batasan Masalah .....                                                                     | 5            |
| 1.4.2 Asumsi Penelitian .....                                                                   | 5            |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                                                                    | 5            |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                                                                 | 6            |
| <br><b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                                                        | <br><b>8</b> |
| 2.1 Ergonomi .....                                                                              | 8            |
| 2.1.1 Ergonomi Mikro .....                                                                      | 9            |
| 2.1.1.1 Analisis Postur Kerja dengan RULA ( <i>Rapid Upper Limb</i><br><i>Assesment</i> ) ..... | 9            |
| 2.1.1.2 Lingkungan Kerja .....                                                                  | 15           |
| 2.1.1.3 Beban Kerja dengan Metode %CVL .....                                                    | 19           |

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.2 Ergonomi Makro .....                         | 20        |
| 2.2 Produktivitas.....                             | 21        |
| 2.3 Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....              | 23        |
| 2.3.1 Sejarah .....                                | 23        |
| 2.3.2 Definisi Jaringan Syaraf Tiruan .....        | 24        |
| 2.3.3 Arsitektur Jaringan .....                    | 25        |
| 2.3.4 Algoritma Belajar atau Pelatihan .....       | 26        |
| 2.3.5 Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation ..... | 27        |
| 2.4 Penelitian Terdahulu.....                      | 29        |
| <br><b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>      | <b>31</b> |
| 3.1 Waktu dan tempat penelitian.....               | 31        |
| 3.2 Objek penelitian.....                          | 31        |
| 3.3 Variabel Penelitian.....                       | 31        |
| 3.4 Instrumen Penelitian .....                     | 33        |
| 3.5 Tahapan Penelitian.....                        | 36        |
| 3.5.1 Studi Pendahuluan .....                      | 38        |
| 3.5.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data .....        | 38        |
| 3.5.2.1 Sistem Kerja di Lingkungan Pabrik.....     | 38        |
| 3.5.2.2 Pengukuran Beban Kerja .....               | 39        |
| 3.5.2.3 Pengukuran Makro Ergonomi .....            | 40        |
| 3.5.3 Permodelan Sistem.....                       | 40        |
| 3.5.4 Verifikasi dan Validasi .....                | 45        |
| 3.5.5 Analisis dan Interpretasi Data.....          | 46        |
| 3.5.6 Kesimpulan .....                             | 46        |
| <br><b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>        | <b>47</b> |
| 4.1 Sistem Produksi.....                           | 47        |
| 4.1.1 Mesin dan Peralatan Produksi.....            | 47        |
| 4.1.2 Proses Produksi.....                         | 49        |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.3 Produktivitas Perusahaan .....                                        | 54  |
| 4.2 Identifikasi Aspek Ergonomi.....                                        | 59  |
| 4.2.1 Ergonomi Mikro.....                                                   | 59  |
| 4.2.1.1 Postur Kerja.....                                                   | 59  |
| 4.2.1.2 Lingkungan Kerja Fisik .....                                        | 83  |
| 4.2.1.2.1 Kebisingan .....                                                  | 84  |
| 4.2.1.2.2 Pencahayaan .....                                                 | 89  |
| 4.2.1.2.3 Suhu .....                                                        | 94  |
| 4.2.1.3 Beban Kerja.....                                                    | 99  |
| 4.2.2 Ergonomi Makro.....                                                   | 103 |
| 4.2.2.1 Pembuatan Diagram Pohon Permasalahan ( <i>Problem Factor Tree</i> ) | 103 |
| 4.2.2.2 Identifikasi Data Varians .....                                     | 105 |
| 4.2.2.3 Penyusunan Matriks Varians .....                                    | 107 |
| 4.2.2.4 Penyusunan Tabel Kontrol Varians dan Analisis Peran.....            | 111 |
| 4.2.2.5 Penyusunan <i>Function Allocation</i> dan <i>Joint Design</i> ..... | 115 |
| 4.2.2.6 Evaluasi Peran dan Persepsi Tanggung Jawab .....                    | 118 |
| 4.2.2.7 Perancangan Ulang Subsistem Pendukung .....                         | 123 |
| 4.2.2.8 Iterasi, Implementasi dan Improvisasi.....                          | 127 |
| 4.3 Simulasi dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....           | 128 |
| 4.3.1 Penentuan Input JST.....                                              | 128 |
| 4.3.2 Penentuan Output JST.....                                             | 129 |
| 4.3.3 Perancangan Arsitektur JST.....                                       | 129 |
| 4.3.4 Proses Pelatihan.....                                                 | 135 |
| 4.3.5 Proses Pengujian.....                                                 | 140 |
| 4.4 Prediksi Model.....                                                     | 141 |
| 4.4.1 Kebisingan.....                                                       | 142 |
| 4.4.2 Pencahayaan.....                                                      | 144 |
| 4.4.3 Suhu.....                                                             | 147 |
| 4.4.4 Beban Kerja.....                                                      | 150 |
| 4.4.5 Postur Kerja.....                                                     | 152 |
| 4.5 Optimasi Rancangan Sistem Kerja.....                                    | 155 |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> | <b>157</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....                     | 157        |
| 5.2 Saran .....                         | 159        |
| <br>DAFTAR PUSTAKA .....                | <br>160    |
| LAMPIRAN.....                           | 161        |

## DAFTAR TABEL

|            |                                                                                      |    |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1  | Penilaian lengan atas ( <i>upper arm</i> ).....                                      | 10 |
| Tabel 2.2  | Penilaian lengan bawah ( <i>lower arm</i> ).....                                     | 10 |
| Tabel 2.3  | Penilaian pergelangan tangan ( <i>wrist</i> ) .....                                  | 11 |
| Tabel 2.4  | Penilaian postur tubuh grup A.....                                                   | 11 |
| Tabel 2.5  | Penilaian leher ( <i>neck</i> ) .....                                                | 12 |
| Tabel 2.6  | Penilaian batang tubuh ( <i>trunk</i> ) .....                                        | 13 |
| Tabel 2.7  | Penilaian kaki ( <i>legs</i> ) .....                                                 | 13 |
| Tabel 2.8  | Penilaian skor aktivitas dan beban .....                                             | 13 |
| Tabel 2.9  | Penilaian total keseluruhan ( <i>grand total score</i> ) .....                       | 14 |
| Tabel 2.10 | Kategori hasil penilaian postur tubuh.....                                           | 14 |
| Tabel 2.11 | Tingkat kebisingan dan efeknya.....                                                  | 15 |
| Tabel 2.12 | Standart nilai ambang batas kebisingan dan lama kerja.....                           | 16 |
| Tabel 2.13 | Jenis pekerjaan berdasarkan tingkat pencahayaan.....                                 | 18 |
| Tabel 2.14 | Klasifikasi beban kerja berdasarkan %CVL.....                                        | 20 |
| Tabel 2.15 | <i>State of The Art</i> .....                                                        | 29 |
| Tabel 4.1  | Peralatan dan mesin produksi kaca grafir.....                                        | 48 |
| Tabel 4.2  | Rata-rata penjualan perbulan UD. NATURAL.....                                        | 55 |
| Tabel 4.3  | Kebutuhan bahan baku atau material perbulan.....                                     | 56 |
| Tabel 4.4  | Hasil skor penilaian postur tubuh group A departemen <i>cutting</i> .....            | 62 |
| Tabel 4.5  | Hasil skor penilaian postur tubuh group B departemen <i>cutting</i> .....            | 64 |
| Tabel 4.6  | Penilaian akhir postur tubuh departemen <i>cutting</i> .....                         | 65 |
| Tabel 4.7  | Alternatif tindakan hasil penilaian postur tubuh departemen<br><i>cutting</i> .....  | 65 |
| Tabel 4.8  | Hasil skor penilaian postur tubuh group A departemen <i>assembly</i> ....            | 68 |
| Tabel 4.9  | Hasil skor penilaian postur tubuh group B departemen <i>assembly</i> ....            | 70 |
| Tabel 4.10 | Penilaian akhir postur tubuh departemen <i>assembly</i> .....                        | 71 |
| Tabel 4.11 | Alternatif tindakan hasil penilaian postur tubuh departemen<br><i>assembly</i> ..... | 71 |
| Tabel 4.12 | Hasil skor penilaian postur tubuh group A departemen <i>sandblast</i> ....           | 74 |

|                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.13 Hasil skor penilaian postur tubuh group B departemen <i>sandblast</i> ....                                          | 76  |
| Tabel 4.14 Penilaian akhir postur tubuh pada departemen <i>sandblasting</i> .....                                              | 77  |
| Tabel 4.15 Alternatif tindakan hasil penilaian postur tubuh departemen<br><i>sandblasting</i> .....                            | 77  |
| Tabel 4.16 Hasil skor penilaian postur tubuh group A departemen <i>finishing</i> ....                                          | 80  |
| Tabel 4.17 Hasil skor penilaian postur tubuh group B departemen <i>finishing</i> ....                                          | 81  |
| Tabel 4.18 Penilaian akhir postur tubuh pada departemen <i>finishing</i> .....                                                 | 82  |
| Tabel 4.19 Alternatif tindakan hasil penilaian postur tubuh departemen<br><i>finishing</i> .....                               | 83  |
| Tabel 4.20 Hasil pengukuran kebisingan pada setiap departemen.....                                                             | 84  |
| Tabel 4.21 Hasil pengukuran pencahayaan pada setiap departemen .....                                                           | 89  |
| Tabel 4.22 Hasil pengukuran suhu pada setiap departemen .....                                                                  | 94  |
| Tabel 4.23 Data waktu yang diperlukan untuk 10 denyut setiap pekerja.....                                                      | 99  |
| Tabel 4.24 Perhitungan denyut nadi masing-masing pekerja.....                                                                  | 101 |
| Tabel 4.25 Rekapitulasi denyut nadi masing-masing pekerja.....                                                                 | 101 |
| Tabel 4.26 Hasil perhitungan %CVL masing-masing pekerja.....                                                                   | 102 |
| Tabel 4.27 Klasifikasi berat ringan beban kerja berdasarkan %CVL .....                                                         | 102 |
| Tabel 4.28 Matriks varians data .....                                                                                          | 108 |
| Tabel 4.29 Tabel kontrol varians dan analisis peran .....                                                                      | 112 |
| Tabel 4.30 Kriteria penilaian bobot alternatif .....                                                                           | 117 |
| Tabel 4.31 Evaluasi skor pembobotan masing-masing alternatif.....                                                              | 119 |
| Tabel 4.32 Data input model jaringan syaraf tiruan.....                                                                        | 128 |
| Tabel 4.33 Alternatif rancangan arsitektur jaringan <i>backpropagation</i> .....                                               | 134 |
| Tabel 4.34 Pemilihan Fungsi Aktivasi dan Algoritma Training pada BP.....                                                       | 136 |
| Tabel 4.35 Pemilihan Nilai Momentum pada Fungsi Aktivasi <i>Purelin</i> dan<br>Algoritma <i>Training Trainlm</i> pada BP ..... | 137 |
| Tabel 4.36 Pemilihan Nilai Toleransi Error pada BP.....                                                                        | 137 |
| Tabel 4.37 Pemilihan Jumlah Neuron dalam 1 <i>Hidden Layer</i> pada BP.....                                                    | 138 |
| Tabel 4.38 Pemilihan Jumlah Neuron dalam 2 <i>Hidden Layer</i> .....                                                           | 139 |
| Tabel 4.39 Rancangan arsitektur JST tahap pertama .....                                                                        | 139 |
| Tabel 4.40 Rancangan arsitektur JST tahap kedua.....                                                                           | 140 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |                                                              |     |
|-------------|--------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 3.1  | <i>Humidity &amp; IR temperatur meter</i> .....              | 34  |
| Gambar 3.2  | <i>Lux &amp; Light Meter</i> .....                           | 34  |
| Gambar 3.3  | <i>Sound Level Meter</i> .....                               | 35  |
| Gambar 3.4  | <i>Stopwatch</i> .....                                       | 35  |
| Gambar 3.5  | <i>Flowchart metode penelitian</i> .....                     | 36  |
| Gambar 3.6  | Model JST ke-1 yang dikembangkan.....                        | 43  |
| Gambar 3.7  | Model JST ke-2 dikembangkan.....                             | 44  |
| Gambar 3.8  | Ilustrasi pembelajaran <i>backpropagation</i> .....          | 45  |
| Gambar 4.1  | OPC pembuatan produk jenis grafir.....                       | 50  |
| Gambar 4.2  | OPC pembuatan produk jenis kuningan.....                     | 51  |
| Gambar 4.3  | OPC pembuatan produk jenis timah.....                        | 52  |
| Gambar 4.4  | OPC pembuatan produk jenis <i>inlay</i> .....                | 53  |
| Gambar 4.5  | Postur kerja pada departemen <i>cutting</i> .....            | 60  |
| Gambar 4.6  | Postur kerja pada departemen <i>Assembly</i> .....           | 66  |
| Gambar 4.7  | Postur kerja pada departemen <i>sandblasting</i> .....       | 72  |
| Gambar 4.8  | Postur kerja pada departemen <i>finishing</i> .....          | 78  |
| Gambar 4.9  | Kontur kebisingan pada departemen <i>assembly</i> .....      | 85  |
| Gambar 4.10 | Kontur kebisingan pada departemen <i>cutting</i> .....       | 86  |
| Gambar 4.11 | Kontur kebisingan pada departemen <i>sandblasting</i> .....  | 87  |
| Gambar 4.12 | Kontur kebisingan pada departemen <i>finishing</i> .....     | 88  |
| Gambar 4.13 | Kontur pencahayaan pada departemen <i>assembly</i> .....     | 90  |
| Gambar 4.14 | Kontur pencahayaan pada departemen <i>cutting</i> .....      | 91  |
| Gambar 4.15 | Kontur pencahayaan pada departemen <i>sandblasting</i> ..... | 92  |
| Gambar 4.16 | Kontur pencahayaan pada departemen <i>finishing</i> .....    | 93  |
| Gambar 4.17 | Kontur suhu pada departemen <i>assembly</i> .....            | 95  |
| Gambar 4.18 | Kontur suhu pada departemen <i>cutting</i> .....             | 96  |
| Gambar 4.19 | Kontur suhu pada departemen <i>sandblasting</i> .....        | 97  |
| Gambar 4.20 | Kontur suhu pada departemen <i>finishing</i> .....           | 98  |
| Gambar 4.21 | Diagram pohon permasalahan yang terjadi di UD. NATURAL.....  | 104 |

|             |                                                               |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.22 | Alternatif penyelesaian permasalahan .....                    | 116 |
| Gambar 4.23 | Pola hubungan faktor kebisingan terhadap kinerja .....        | 142 |
| Gambar 4.24 | Pola hubungan faktor kebisingan terhadap kelelahan.....       | 143 |
| Gambar 4.25 | Pola hubungan faktor kebisingan terhadap kecelakaan.....      | 143 |
| Gambar 4.26 | Pola hubungan faktor kebisingan terhadap produktivitas.....   | 144 |
| Gambar 4.27 | Pola hubungan faktor pencahayaan terhadap kinerja.....        | 145 |
| Gambar 4.28 | Pola hubungan faktor pencahayaan terhadap kelelahan.....      | 145 |
| Gambar 4.29 | Pola hubungan faktor pencahayaan terhadap kecelakaan.....     | 146 |
| Gambar 4.30 | Pola hubungan faktor pencahayaan terhadap produktivitas.....  | 147 |
| Gambar 4.31 | Pola hubungan faktor suhu terhadap kinerja.....               | 148 |
| Gambar 4.32 | Pola hubungan faktor suhu terhadap kelelahan.....             | 148 |
| Gambar 4.33 | Pola hubungan faktor suhu terhadap kecelakaan.....            | 149 |
| Gambar 4.34 | Pola hubungan faktor suhu terhadap produktivitas.....         | 149 |
| Gambar 4.35 | Pola hubungan faktor beban kerja terhadap kinerja.....        | 150 |
| Gambar 4.36 | Pola hubungan faktor beban kerja terhadap kelelahan.....      | 151 |
| Gambar 4.37 | Pola hubungan faktor beban kerja terhadap kecelakaan.....     | 151 |
| Gambar 4.38 | Pola hubungan faktor beban kerja terhadap produktivitas.....  | 152 |
| Gambar 4.39 | Pola hubungan faktor postur kerja terhadap kinerja.....       | 153 |
| Gambar 4.40 | Pola hubungan faktor postur kerja terhadap kelelahan.....     | 153 |
| Gambar 4.41 | Pola hubungan faktor postur kerja terhadap kecelakaan.....    | 154 |
| Gambar 4.42 | Pola hubungan faktor postur kerja terhadap produktivitas..... | 154 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|            |                                                                                              |     |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1 | Kuesioner Persepsi Operator.....                                                             | 163 |
| Lampiran 2 | Checksheet Pengambilan data postur kerja menggunakan metode<br>RULA.....                     | 167 |
| Lampiran 3 | Pembagian area dan titik-titik tempat pengukuran lingkungan kerja<br>fisik.....              | 170 |
| Lampiran 4 | Data ergonomi yang digunakan sebagai input jaringan syaraf tiruan<br>(JST) MATLAB.....       | 171 |
| Lampiran 5 | Input data ergonomi yang digunakan untuk prediksi model jaringan<br>syaraf tiruan (JST)..... | 175 |
| Lampiran 6 | Model JST yang dibangun dengan Toolbox Neural Network<br>MATLAB 7.6.0 R2008a.....            | 180 |
| Lampiran 6 | Data hasil prediksi Jaringan Syaraf Tiruan.....                                              | 174 |