

## MODEL PENGUKURAN KELELAHAN PEKERJA KONSTRUKSI DENGAN JARINGAN SARAF TIRUAN / NEURAL NETWORK

Darmawan Sastra Negara<sup>1</sup>, Mohammad Erfan<sup>2</sup>, Annur Ma'aruf<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> *Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang*  
Email: [darmawansastra9@gmail.com](mailto:darmawansastra9@gmail.com)

### ABSTRACT

In implementing construction projects, it is necessary to pay attention to the implementation of Occupational Safety and Health (K3), which is an effort to prevent work accidents in the work environment. The purpose of K3 is to maintain the health and safety of the work environment and also to protect colleagues, workers' families, consumers, and other people who may also be affected by working conditions. Measurement of worker fatigue will be carried out using the Neural Network approach method. Neural Network is a machine learning algorithm that mimics how the neural networks of living things work. An artificial neural network is a network of many small processing units (called neurons), each of which performs a simple process, which when combined, results in complex behavior. Artificial neural networks can be used as a tool to model complex relationships between input and output in a system to find patterns in data. The test results on the neural network modeling show a high level of accuracy that is equal to 96%. Thus the results of this Neural Network can be trusted, because it has a level of accuracy close to the real / actual situation where the results of the numbers are close to 100% of the actual events .

Keywords: Work Fatigue :neural Nerwork

### ABSTRAK

Didalam pelaksanaan proyek konstruksi perlu diperhatikan dengan seksama penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), yang merupakan salah satu upaya dalam pencegahan kecelakaan kerja di dalam lingkungan kerja. Tujuan dari K3 adalah untuk memelihara kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja dan juga melindungi rekan kerja, keluarga pekerja, konsumen, dan orang lain yang juga mungkin terpengaruh kondisi lingkungan kerja. Pengukuran pada kelelahan pekerja akan dilakukan dengan menggunakan metode pendekatan Neural Network/. Neural Network adalah adalah alat pemodelan data statistik non-linier. JST juga dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara input dan output untuk menemukan pola-pola pada data.. Hasil uji pada pemodelan neural network menunjukkan tingkat ke akurasi yang tinggi yaitu sebesar 96 % . Dengan demikian hasil dari Neural Network ini dapat dipercaya , karena memiliki tingkat keakurasian mendekati real / keadaan sesungguhnya yang mana hasil dari angka mendekati 100% dari kejadian sesungguhnya.

Keywords: Kelelahan Kerja; Pemodelan; Pendekatan Neural Network

### 1. PENDAHULUAN

Pembangunan dari waktu ke waktu mempunyai kecenderungan semakin meningkat dan teknologi lebih banyak diterapkan dalam aneka bentuk proses konstruksi dan produksi. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi perlu diperhatikan dengan seksama dalam penerapan (K3), yang merupakan upaya pencegahan dalam terjadinya sebuah insiden kecelakaan kerja di lingkungan kerja. Tujuan dari K3 adalah untuk menjaga kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja dan juga melindungi rekan kerja, keluarga pekerja, konsumen, dan orang lain yang juga mungkin terpengaruh kondisi lingkungan kerja. Setiap manusia memiliki beban kerja yang

dapat diterima oleh seseorang dengan kapasitas seimbang baik terhadap kemampuan fisik dan beban kerja. Keterbatasan manusia yang menerima beban tersebut, dapat menyebabkan potensi terjadinya kelelahan. Secara garis besar hubungan beban kerja dan kapasitas pekerja dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang sangat kompleks, mulai dari faktor internal maupun juga factor eksternal. Tuntutan para pekerja yang harus dihadapi merupakan tingkat akhir dari segala karakteristik tugas yang dihadapi. Kalau angka tuntutan tugas lebih besar dari akhir yang bisa dimulai oleh adanya ketidak nyamanan, kelelahan, kecelakaan, cedera dan rasa sakit. Dari

permasalahan diatas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kelelahan pada pekerja yang dapat berpotensi kecelakaan kerja melalui kajian kelelahan dengan metode jaringan saraf tiruan atau neural network

## 2. DASAR TEORI

### Jaringan saraf tiruan / Neural Network

Neural Network /Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah jaringan dari populasi pemroses dalam zona kecil yang dibuat menjadi model menjadi tiruan sistem saraf pada manusia. JST juga merupakan sistem yang dapat mengubah struktur untuk memecahkan sebuah masalah berdasarkan data yang telah diperoleh atau. Oleh karena itu, JST juga sering disebut dengan jaringan adaptif. Secara garis besar Neural Network / JST adalah alat pemodelan data statistik non-linier. JST dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara input dan output untuk menemukan pola-pola pada data. Menurut suatu teorema yang disebut "teorema penaksiran universal", JST dengan minimal sebuah lapis tersembunyi dengan fungsi aktivasi non-linear dapat memodelkan seluruh fungsi terukur Boreal apapun dari suatu dimensi ke dimensi lainnya.

### Keselamatan dan kesehatan kerja

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah permasalahan yang banyak menyita perhatian. Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan hal yang wajib diperhatikan oleh semua pihak di dalam suatu perusahaan. Adanya Program ini merupakan upaya dalam melindungi pekerja dari resiko bahaya pekerjaan serta dampak yang ditimbulkan terhadap para Pekerja.

### Definisi kelelahan

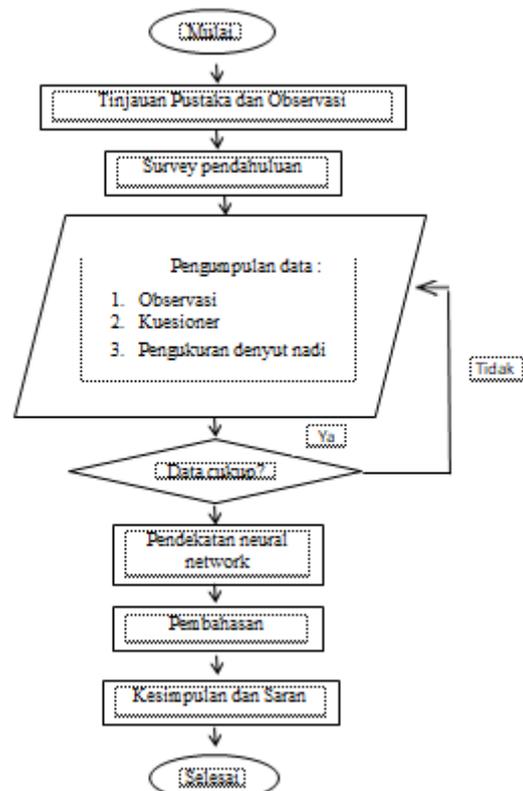
Pengertian kelelahan Secara garis besar merupakan suatu kondisi yang timbul karena aktivitas individu, sehingga individu tersebut tidak mampu lagi mengerjakannya. Dengan kata lain, kelelahan kerja dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kinerja yang berakibat pada peningkatan kesalahan kerja dan berujung pada kecelakaan kerja. Kelelahan itu sendiri adalah salah satu mekanisme tubuh yang menandakan bahwa tubuh membutuhkan istirahat yang cukup untuk memulihkan tenaga kembali Kelelahan dibagi menjadi dua yaitu kelelahan fisik dan kelelahan mental.

### Kecelakaan Kerja

Kecelakaan Kerja adalah peristiwa yang terjadi tanpa ada unsur kesengajaan/ tidak direncanakan. Hal ini dapat terjadi tanpa disangka – sangka dalam sekejap mata, di dalam setiap kejadian, empat faktor bergerak dalam satu kesatuan berantai.

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian merupakan salah satu cara ilmiah untuk memecahkan suatu masalah dan untuk menjawab batas-batas ketidaktahuan pada diri manusia. Kegiatan penelitian dapat dilakukan dengan mengumpulkan dan memproses data yang ada sehingga data tersebut dapat dikomunikasikan oleh peneliti dan hasil-hasilnya dapat dinikmati serta digunakan untuk kepentingan manusia. Jika ditinjau dari metodenya, maka penelitian ini menggunakan metode pendekatan Jaringan saraf tiruan (JST). Jaringan saraf tiruan (JST) adalah jaringan dari sekelompok pemroses kecil yang dibuat menjadi model berdasarkan tiruan sistem saraf pada manusia. Jaringan saraf tiruan Secara umum adalah alat pemodelan data statistik non-linier. JST juga dapat digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks antara input dan output untuk menemukan pola-pola pada data. Jaringan saraf tiruan dapat diaplikasikan sebagai permodelkan hubungan yang kompleks dengan data masukan sebagai (*input*) dan data keluaran sebagai (*input*) pada sebuah sistem untuk menemukan pola-pola pada data



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

## 4. PEMBAHASAN

### Hasil Rekapitulasi Data

Rekapitulasi Data adalah pengumpulan data pada pengamatan yang telah dilakukan. Pada Rekapitulasi Data ini, terdapat 2 pengukuran yaitu pengukuran secara obyektif dan kuisioner yang akan menjadi sebuah output dan input data pada penelitian

Tabel 1 Rekapitulasi data kuisioner

Responen	Pengukuran kuisioner	Pekerjaan yang sedang dilakukan	Pendidikan terakhir	Umur	Tinggi	Berat Badan	Kekhasan Merak	Pengalaman Belajar	Pengalaman Mengajar K3	Tempat Tugask	Jm Kerja	Belm Kerja	karangan Saat Belajar	Alat Keselamatan yang Digunakan	Conggan Teker	Cara
Responden 1	1	SD	41	150	67,09	Jarang	18	YA	Setengah	Normal	Ringan	2	YA	Tidak	Cerah	
	2	Plafon	SD	41	150	67,09	Jarang	18	YA	Setengah	Normal	Ringan	2	YA	Tidak	Cerah
	3		SD	41	150	67,09	Jarang	18	YA	Setengah	Normal	Ringan	2	YA	Tidak	Cerah
Responden 2	1	SMP	23	165	54,4	Jarang	3	Tidak	Luar	Normal	Ringan	5	YA	Tidak	Cerah	
	2	Plafon	SMP	23	165	54,4	Jarang	3	Tidak	Luar	Normal	Ringan	5	YA	Tidak	Cerah
	3		SMP	23	165	54,4	Jarang	3	Tidak	Luar	Normal	Ringan	5	YA	Tidak	Cerah
Responden 3	1	SMP	44	174	78	YA	20	YA	Luar	Normal	Ringan	20	YA	Tidak	Cerah	
	2	Bapa	SMP	44	174	78	YA	20	YA	Luar	Normal	Ringan	20	YA	Tidak	Cerah
	3		SMP	44	174	78	YA	20	YA	Luar	Normal	Ringan	20	YA	Tidak	Cerah
Responden 4	1	SD	31	163	51,2	YA	10	YA	Setengah	Normal	Ringan	4	YA	Tidak	Cerah	
	2	Plafon	SD	31	163	51,2	YA	10	YA	Setengah	Normal	Ringan	4	YA	Tidak	Cerah
	3		SD	31	163	51,2	YA	10	YA	Setengah	Normal	Ringan	4	YA	Tidak	Cerah
Responden 5	1	SMA	24	159	67	YA	4	Tidak	Setengah	Normal	Ringan	24	YA	Tidak	Cerah	
	2	Bapa	SMA	24	159	67	YA	4	Tidak	Setengah	Normal	Ringan	24	YA	Tidak	Cerah
	3		SMA	24	159	67	YA	4	Tidak	Setengah	Normal	Ringan	24	YA	Tidak	Cerah

**Pengolahan Data**

Pada tahap pengolahan data ini, data yang telah di skoring dengan data kuisioner sebagai input data dan data obyektif sebagai output data akan dirposes/ diolah menjadi JST (jaringan saraf tiruan) dengan pendekatan NN (neural network) melalui MATLAB. Dari 15 data yang di peroleh, 13 data akan digunakan untuk menyusun model pada aplikasi Matlab, sedangkan 2 data yang lain akan digunakan untuk memvalidasi data yang telah dibuat.

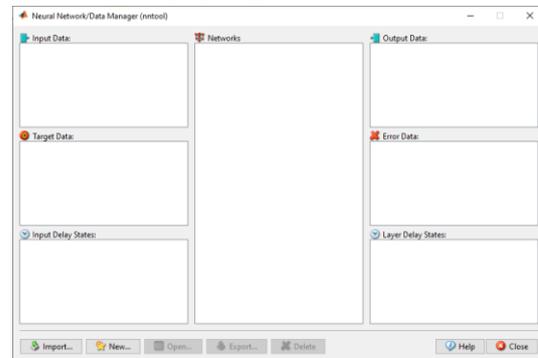
Berdasarkan hasil pengukuran secara obyektif pada para pekerja, diambil nilai rata – rata dan digunakan sebagai target output dalam proses pemodelan dengan neural network yang akan di tampilkan pada **Gambar 2**

Gambar 2 output data

Hasil pengolahan data kuisioner pekerja akan digunakan sebagai data input dalam proses pemodelan dengan menggunakan neural network yang akan di tampilkan pada **Gambar 3**

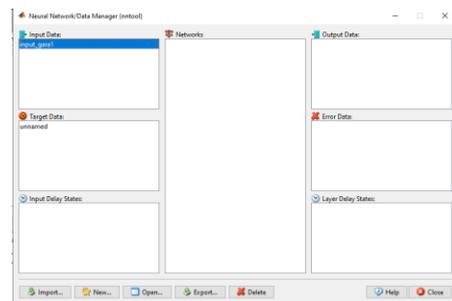
Gambar 3 Input Data

Setelah mengisi data input dan output, langkah selanjutnya adalah mengetik nntool pada coment window yang bertujuan untuk menginputkan data pada MATLAB. Pada menu toolbox dibedakan menjadi input data dan target data. Input data merupakan data kuisioner para responden yang telah di konversi menjadi sebuah skor dan target data merupakan data obyektif responden yaitu denyut nadi responden yang telah di rata- rata. Coment nntool akan di tampilkan pada **Gambar 4**



Gambar 4 menu nntool

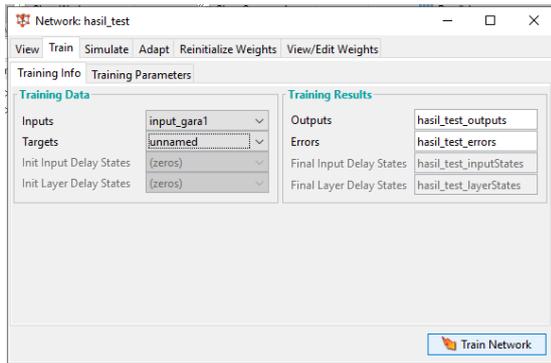
Setelah menentukan input data dan target data, langkah selanjutnya adalah membuat jaringan network pada tampilan nntool seperti **Gambar 5**



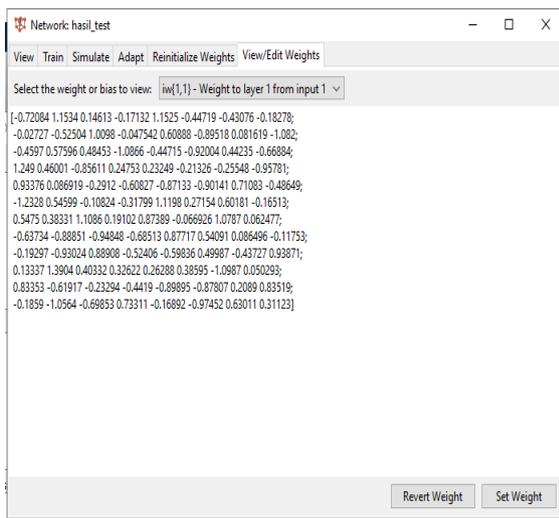
Gambar 5 create data

Setelah membuat create data network, langkah selanjutnya adalah melakukan training pada network data yang telah dibuat untuk mengukur dan mengetahui pemodelan pada aplikasi Matlab, maka

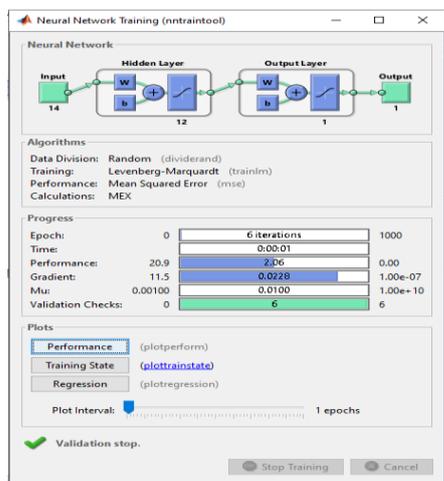
diperoleh hasil learning aplikasi. Setelah proses data ,dapat kita lihat bobot – bobot yang ada pada layer yang akan di tampilkan pada **Gambar 6**



**Gambar 6** menu train



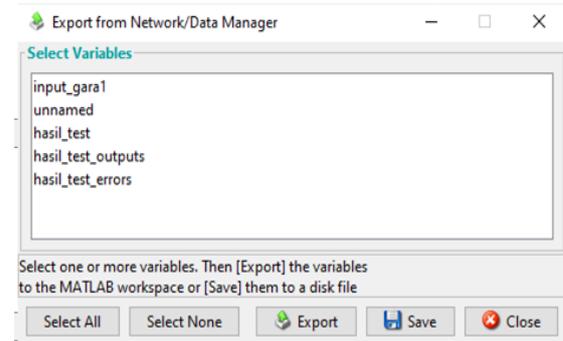
**Gambar 7** View wight



**Gambar 8** performance network Uji Validasi Data

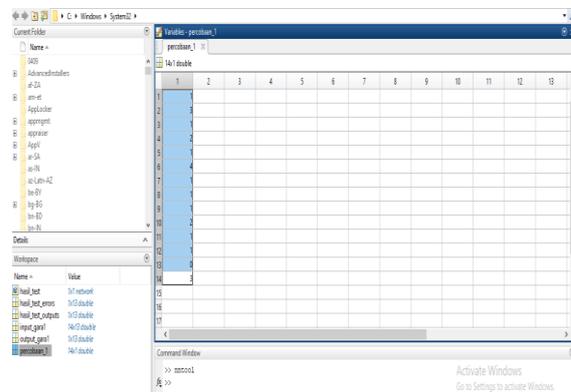
Pada tahap validasi hasil data ini, data yang telah di training akan di export pada workspace dan dilakukan pengujian hasil data yang telah dibuat

bertujuan untuk menentukan akurasi data, dengan cara memasukan data input dan output data yang telah di sediakan seperti pada **Gambar 9**



**Gambar 9** Export from Network / Data Manager

Setelah data training di export, maka langkah selanjutnya adalah membuat data input untuk percobaan pertama dalam menguji akurasi data/ memvalidasi data yang telah dibuat seperti **Gambar 10**



**Gambar 10** input data percobaan 1

Setelah menginput data percobaan 1, tahap selanjutnya adalah memasukkan data dengan rumus **result=hasil\_test(percobaan\_1)** pada comand window yang akan ditampilkan pada **Gambar 11**



**Gambar 11** hasil perhitungan percobaan data

Hasil dari percobaan 1 pada Gambar 11 menunjukkan satuan denyut nadi sebesar 78 bpm, sedangkan sampel sesuai hasil pengamatan pertama adalah 72 bpm, sehingga hasil JST mendekati dengan kondisi real pada Hasil pengamatan.

$$\begin{aligned} & \frac{(\text{hasil JST} - \text{data pengamatan})}{100\%} \times \text{data pengamatan} \\ &= \frac{(78,6724 - 72)}{100} \times 72 = 4,8 \\ &= 100\% - 4,8 \\ &= 95,2\% \end{aligned}$$

Dari hasil percobaan 1 yang dilakukan seperti pada Gambar 4.13 yang memiliki keakurasian 95 %, akan dilakukan percobaan 2 untuk dapat lebih mengetahui tingkat keakurasian data yang dimiliki.

### **Pembahasan**

Dalam studi khusus ini terdapat 15 data yang diperoleh berdasarkan hasil pengamatan studi lapangan pada proyek Villa Batu. Didalam 15 data tersebut terdiri dari rata - rata data obyektif (denyut nadi ) dan kuisioner yang telah dikumpulkan berdasarkan studi lapangan. Dari 15 data yang diperoleh, 13 data akan digunakan untuk menyusun model dan 2 data digunakan untuk memvalidasi. Dalam penyusunan model neural network, data obyektif yang telah di rata - rata akan dijadikan sebagai data output pada pendekatan neural network dan kuisioner akan dijadikan sebagai data input pada pendekatan neural network.

Sesuai dengan input dan output yang telah didapat, maka model kelelahan pekerja dapat dibentuk dalam pendekatan neural network dengan acuan data kuisioner sebagai input data dan data obyektif sebagai target / output data. Dalam penelitian ini didapatkan hasil dengan keakurasian mencapai 96,7 % sehingga data ini dapat dipercaya karena menghasilkan keakuratan mendekati kondisi yang sesungguhnya.

Indikator – indikator kelelahan pekerja dapat di ketahui dalam beberapa hal. Oleh karena itu, indikator digolongkan menjadi 3 macam :

#### a. Over time

Over time adalah tambahan waktu dalam bekerja, akan mengakibatkan resiko terjadinya kecelakaan. Hal ini dikarenakan daya tahan tubuh manusia yang terbatas yang mengakibatkan kelelahan dan munculnya resiko kecelakaan kerja. Dalam studi lapangan ini, munculnya indikator over time dapat dinyatakan kecil, karena tidak ada pekerjaan tambahan / lembur pada proyek Villa batu yang diamati.

#### b. Over load

Over load adalah suatu keadaan dimana beban pekerjaan yang dilakukan melebihi kapasitas dari pekerja sehingga menyebabkan kelelahan yang menimbulkan potensi kecelakaan. Dalam studi lapangan ini, munculnya indikator over load dapat dinyatakan kecil, karena hasil pengukuran denyut nadi pada pekerja menunjukkan bahwa pekerjaan

yang sedang dilakakukan masuk dalam katagori ringan.

#### c. Over mean

Over mean adalah suatu beban pikiran yang terdapat pada para pekerja yang dapat mengganggu konsentrasi pekerja, hal ini dapat menimbulkan potensi terjadinya kecelakaan kerja dikarenakan konsentrasi pekerja yang menurun.

## **5. PENUTUP**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Indikator Kelelahan digolongkan menjadi 3 macam yaitu Over time , Over mean dan over load. Dalam Studi lapangan ini, 3 macam indikator tersbut akan di jelaskan sebagi berikut :

#### a. Over time

Over time adalah tambahan waktu dalam bekerja, akan mengakibatkan resiko terjadinya kecelakaan. Hal ini dikarenakan daya tahan tubuh manusia yang terbatas yang mengakibatkan kelelahan dan munculnya resiko kecelakaan kerja. Dalam studi lapangan ini, munculnya indikator over time dapat dinyatakan kecil, karena tidak ada pekerjaan tambahan / lembur pada proyek Villa batu yang diamati, Sehingga potensi terjadinya indikator Over time dinyatakan sangat kecil.

#### b. Over load

Over load adalah suatu keadaan dimana beban pekerjaan yang dilakukan melebihi kapasitas dari pekerja sehingga menyebabkan kelelahan yang menimbulkan potensi kecelakaan. Dalam studi lapangan ini, munculnya indikator over load dapat dinyatakan kecil, karena hasil pengukuran denyut nadi pada pekerja menunjukkan bahwa pekerjaan yang sedang dilakakukan masuk dalam katagori ringan.

#### c. Over mean

Over mean adalah suatu beban pikiran yang terdapat pada para pekerja yang dapat mengganggu konsentrasi pekerja, hal ini dapat menimbulkan potensi terjadinya kecelakaan kerja dikarenakan konsentrasi pekerja yang menurun.

2. Dalam pengukuran kelelahan pekerja secara obyektif dengan nilai denyut jantung / denyut nadi, menghasilkan denyut nadi sebesar 76 bit. Nilai tersebut didapatkan dari hasil rata - rata denyut jantung semua Responden. Dengan demikian hasil pengukuran kelelahan pekerja secara obyektif dengan pengukuran nilai denyut jantung dapat digolongkan menjadi kategori pekerjaa Ringan karena memiliki nilai rata- rata denyut nadi sebesar

76 bit yang termasuk dalam kategori dengan bobot Pekerjaan Ringan.

**Tabel 12** rata rata denyut nadi Responden

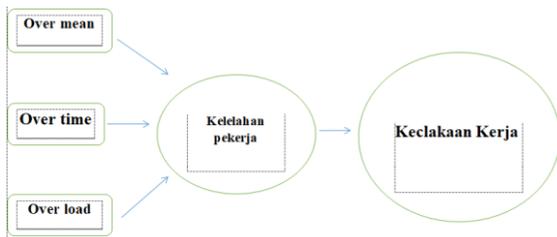
No	Nama	Nilai rata rata denyut Nadi
1	Reponden 1	75
2	Reponden 2	79
3	Reponden 3	76
4	Reponden 4	76
5	Reponden 5	74
Nilai rata – rata		76

**Tabel 13** Beban kerja seseorang dapat dikategorikan menurut frekuensi denyut nadi per menit

Beban Kerja	Nadi Kerja (per menit)	Katagori kecelakaan	Kategori keselamatan
Sangat Ringan	Kurang dari 75	Rendah	Aman
Ringan	75 – 100	Rendah	Aman
Agak Berat	100 – 125	Sedang	Kewaspadaan
Berat	125 – 150	Tinggi	Peringatan
Sangat Berat	150 – 175	Tinggi	Peringatan
Luar Biasa Berat	Lebih dari 175	Sangat tinggi	Parah

Sumber : Suma'mur P.K (1996) dan Wen Yi (2015)

3. Model pola kelelahan pekerja berdasarkan perubahan fisiologinya akan terbentuk menjadi sebuah model yang akan ditampilkan pada **gambar 14** Pada gambar tersebut, kelelahan pekerja dapat diketahui oleh beberapa indikator yang menimbulkan potensi mengalami kelelahan bekerja. Dalam kelelahan bekerja resiko terjadinya kecelakaan kerja akan semakin meningkat.



**Gambar 14** Model kelelahan berdasarkan perubahan fisiologi

**Saran**

Dari hasil analisis dan kesimpulan studi alternatif ini ada beberapa saran untuk penulis:

1. Berdasarkan implementasi dan pengujian aplikasi masih banyak pembangunan yang dapat dilakukan terhadap aplikasi ini.

Untuk selanjutnya diharapkan :

- Menggunakan data latih diperbanyak supaya tingkat kesalahan sistem diperkecil.
  - Penambahan item input data dan output data untuk meningkatkan akurasi JST
  - Dapat diaplikasikan pada item pekerjaan yang lain
2. Berdasarkan kajian kelelahan ini diharapkan untuk dapat meningkatkan dan memperhatikan proporsi kerja bagi para pekerja. hal ini dilakukan untuk pekerja supaya pekerja dapat menerima beban kerja sesuai dengan kapasitas yang dimilikinya, sehingga potensi kecelakaan kerja akibat kelelahan pekerja akan dapat diminimalisir atau pengurangan resiko terjadinya kecelakaan kerja.

**DAFTAR PUSTAKA**

Annur , 2019 , *Penentuan Daerah Rawan Kecelakaan Dengan Pendekatan Metode Jaringan Saraf tiruan* , Universitas Brawijaya

Evelyn Pearce, 1995, *Anatomi Fisiologi*, Jakarta, Karya Cipta.

Junusul, Hairry. 1989. *Fisiologi Olahraga* Jilid I. Jakarta : Depdikbud Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi.

Lila , 2010 , *Estimasi Produktifitas Pekerja Konstruksi Dengan Probabilistic Neural Network*, Institut Telnologi Nasional Malang

Mei, Eva Dwiana. 2010. *Pengaruh Beban Kerja Terhadap Denyut Nadi Tenaga Kerja di Bagian Mekanik Di PT. Indo Acidatama. Tbk. Kemiri, Kebakkramat, Karanganyar* [skripsi]. Surakarta : Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Nugraheni, Annies Banita. 2015. *Hubungan Antara Beban Kerja Fisik Dengan Kelelahan Kerja Pada Tenaga Kerja Bagian Produksi Tulangan Beton di PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Majalengka* [skripsi]. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Oesman , 2011. *Hubungan faktor internal dan eksternal Terhadap kelelahan kerja melalui subjective self rating test*

Oesman, Titin Isna dan Risma Adelina Simanjuntak. 2011. *Hubungan Faktor Internal Dan Eksternal Terhadap Kelelahan Kerja Melalui Subjective Self Rating Test* dalam *Proceeding 11<sup>th</sup> National Conference of Indonesian Ergonomics*

*Society* Volume 1 (hal 268-276). Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Pulat, BM,1992, *Fundamental Of Industrial Ergonomics*, Hall International Englewood Cliffs, New Jersey, USA

Singgih, Santoso, 2002. *Statistik parametrik*. Jakarta : PT Elek Media Komputindo.

Suharsimi, Arikunto. 2006. *Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktik*. Cetakan Ketigabelas. Jakarta. PT. Rineka Cipta.

Syaifuddin. 1997. *Anatomi Fisiologi Untuk Siswa Perawat*. Jakarta : EGC

Tarwaka, Solichul HA, 2004, *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*

Tri, Rustiadi. 2006. *Buku Ajar Praktek Labolatorium Olahraga I*. Universitas Negeri Semarang..