

# Analisis Pengaruh Lingkungan Fisik Kabin Masinis Terhadap Kelelahan Masinis Berdasarkan *Heart Rate Variability*\*

LUKMAN M.B., CAECILIA S.W., ARIE D.

Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

E-mail: lkmnmb@gmail.com

## ABSTRAK

*Kecelakaan pada kereta api sebagian besar diakibatkan faktor kelalaian manusia. Faktor kelalaian manusia dapat terjadi karena faktor lain seperti kondisi lingkungan kerja. Penelitian ini mengkaji besarnya pengaruh lingkungan fisik kabin masinis yang dapat berkontribusi terhadap terjadinya kelelahan pada masinis daerah operasi II Bandung yang dapat menjadi faktor penyebab terjadinya kecelakaan. Penelitian dilakukan dengan melihat perubahan yang terjadi pada variabel heart rate variability (HRV) masinis. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa kelelahan yang terjadi pada masinis dipengaruhi oleh lingkungan fisik kabin.*

**Kata kunci:** *Heart Rate Variability, Lingkungan Fisik, Kabin Masinis, Kelelahan*

## ABSTRACT

*Accidents on the railways are predominantly due to human error factors. Human error can occur due to other factors such as working conditions. This research examines the influence of the physical environment of the cab driver that can contribute to the fatigue of locomotive driver in Daerah Operasi II Bandung that can be a factor contributing to the accident. The research was examine at changes in the variable heart rate variability (HRV) of locomotive driver. The results show that the fatigue that occurs in the driver cabin was influenced by the physical environment.*

**Keywords:** *Heart Rate Variability, The Physical Environment, The Locomotive Driver, Fatigue*

---

\*Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Investigasi yang dilakukan KNKT pada selang waktu 2007-2012, sebesar 18% penyebab terjadinya kecelakaan disebabkan oleh petugas dilapangan baik itu Masinis, Pemimpin Perjalanan Kereta Api, maupun Petugas Penjaga Perlindungan. Kusuma (2011) menyebutkan bahwa terdapat kegagalan aktif yaitu kegagalan yang disebabkan oleh kelalaian petugas di lapangan. Namun dalam penelitian KNKT tersebut, tidak disebutkan lebih mendalam mengenai faktor penyebab terjadinya *human error* seperti beban kerja, kondisi lingkungan, dan sebagainya.

Williamson (2011) menyebutkan bahwa kelelahan merupakan salah satu hal yang berkontribusi dalam terjadinya suatu kecelakaan. Orang yang mengalami kelelahan cenderung untuk melakukan kesalahan yang berakibat pada kecelakaan. Kelelahan ini dapat berupa kelelahan mental (kelelahan semu) maupun kelelahan fisik. Lelahnya masinis dapat menyebabkan terabaikannya rambu-rambu dan sinyal seperti batasan kecepatan, persilangan, dan lain sebagainya.

Lingkungan kerja merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi ketahanan fisik seseorang (Rodhl, 1989). Kebisingan dapat menyebabkan gangguan pendengaran, cahaya yang menyilaukan dapat menyebabkan gangguan penglihatan maupun mengganggu dalam melihat suatu objek. Temperatur yang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dapat mempercepat terjadinya kelelahan.

### 1.2 Rumusan Masalah

Kalsbeek dan Ettema (1963) dalam Meshkati dan Hancock (1988) menyatakan bahwa perubahan denyut jantung yang tidak teratur diakibatkan oleh meningkatnya kesulitan dalam mengerjakan suatu pekerjaan. Penelitian lain yang dilakukan oleh Yamamoto et. al (2007) menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara denyut jantung dengan perubahan kondisi lingkungan kerja. Pengukuran perubahan lingkungan kerja dapat digunakan sebagai salah satu alat untuk menganalisis beban mental yang diterima masinis. Berdasarkan hal tersebut, untuk mengetahui beban kerja mental yang dialami masinis selama melakukan dinas maka akan dilakukan pengukuran secara objektif. Pengukuran ini akan melihat pengaruh kondisi kabin masinis selama dinas. Pengukuran dilakukan dengan mengukur perubahan denyut jantung masinis dan kondisi lingkungan selama dinas.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi pengaruh kabin masinis terhadap beban kerja mental dan fisik yang dilihat dari kondisi lingkungan kabin dan laju perubahan denyut jantung selama dinas.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan agar penelitian menjadi lebih fokus. Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Objek yang diamati yaitu masinis Daerah Operasi II (DAOP II) Bandung dengan dinas kereta eksekutif jarak jauh (Jalur Bandung-Gambir, Bandung-Cirebon, Bandung-Banjar).

2. Pengaruh lingkungan kerja yang dibahas yaitu pengaruh panas, kelembaban, kebisingan, dan pencahayaan Variabel HRV yang menjadi indikator penelitian adalah LF(%), HF(%), dan LF/HF

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1 Kelelahan

Kelelahan merupakan salah satu mekanisme tubuh untuk memperingatkan bahwa tubuh membutuhkan istirahat untuk mendapatkan tenaga kembali (Tarwaka, et. al 2004). Kelelahan dibagi menjadi dua yaitu kelelahan fisik dan kelelahan mental.

Kelelahan fisik yaitu kelelahan yang ditandai dengan menurunnya kinerja otot yang digunakan dalam melakukan suatu pekerjaan. Kelelahan ini terjadi karena adanya peningkatan produksi asam laktat dalam otot

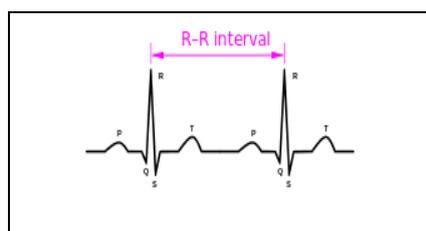
Kelelahan mental ditandai dengan tidak fokusnya seseorang dalam melakukan suatu pekerjaan. Penyebab kelelahan ini dapat diakibatkan oleh minat terhadap pekerjaan, lingkungan, pekerjaan yang monoton, serta sebab-sebab psikologis seperti kekhawatiran, tanggung jawab yang diemban

### 2.2 Fisiologi Kerja dan Denyut Jantung

Astrand dan Rodhl (1986) mengemukakan terdapat lima faktor utama tubuh dalam menyediakan energi. Training (pelatihan), kondisi individu, faktor-faktor psikis, Sifat pekerjaanyangakan dilakukan, dan lingkungan kerja. Faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi fungsi tubuh seperti tenaga yang dibutuhkan, cadangan tenaga yang disimpan, oksigen yang dihirup, denyut jantung dan hal-hal lainnya.

### 2.3 Heart Rate Variability (HRV)

R-R (*rate to rate*) adalah interval waktu diantara denyut jantung. HRV juga dapat didefinisikan sebagai variasi perubahan nilai R-R. Gelombang R-R dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. R-R Interval**

HRV dikontrol oleh sistem saraf otonom salah satunya adalah sistem syaraf jantung. Sistem syaraf yang berhubungan adalah sistem syaraf simpatetik dan parasimpatetik. Analisis yang dapat digunakan yaitu *Time Domain Analysis* (Analisis berbasis waktu) dan *Frequency Domain Analysis* (berbasis frekuensi). Analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis berbasis frekuensi. Kelebihan dari analisis ini yaitu dapat merefleksikan respon dari sistem syaraf simpatetik dan parasimpatetik.

## 2.4 Lingkungan Fisik

Cort et al., (1983) dalam Pramono (2007) menyatakan bahwa faktor lingkungan kerja fisik terdiri atas kejutan listrik, kebisingan dan getaran, pencahayaan dan warna, suhu atau temperatur, dan kelembaban. Kondisi lingkungan tersebut dapat mengakibatkan terjadinya kelelahan yang berakibat pada menurunnya performansi kerja. Penurunan performansi kerja salah satunya dapat disebabkan oleh terjadinya kelelahan. Lingkungan fisik yang diteliti yaitu sebagai berikut:

1. Temperatur dan Kelembaban  
Temperatur dan kelembaban yang ekstrim dapat mengurangi kemampuan, menguras stamina yang dapat mempercepat terjadinya kelelahan dan juga mempengaruhi performa. Fanger (1970) mengevaluasi mengenai iklim di lingkungan kerja yang disebut "*comfort zone* (zona nyaman)". Zona nyaman ini memiliki temperatur 19°C-26°C dengan kelembaban 20%-85%.
2. Kebisingan  
Kebisingan menjadi satu perhatian penting bagi pekerja. Hasil investigasi kuesioner menunjukkan bahwa kebisingan menjadi hal yang mendapatkan perhatian khusus sebagai masalah penting ergonomi di pabrik (Karlsson, 1989 dalam Helander, 2006). Ketika kebisingan terjadi, individu dipaksa untuk fokus dengan gangguan suara yang ada disekelilingnya. Gangguan ini dapat menambah beban pekerjaan sehingga timbulnya kelelahan akan lebih cepat muncul.
3. Pencahayaan  
Cahaya yang berlebihan atau kurang sama sekali dapat menyebabkan ketidaknyamanan. Mata akan dipaksa untuk terus beradaptasi terutama apabila cahaya tersebut berubah ubah. Hal ini akan membuat mata bekerja lebih banyak dibandingkan dengan pencahayaan normal. Kinerja mata yang ekstra ini dapat mempercepat terjadi kelelahan. Wardhana (2002) mengutip dari Jason & William dalam Pramono (2007) menyebutkan bahwa penyebab ketidaknyamanan visual lainnya adalah kurangnya kuantitas dan kualitas dari cahaya yang dibutuhkan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan. Walaupun banyak penyebab dalam terjadinya kecelakaan, tetapi jika pencahayaan berkurang maka resiko kecelakaan akan semakin tinggi.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rumusan masalah  
Kelelahan merupakan salah satu penyebab terjadinya *human error* dalam menjalankan kereta api. Kelelahan juga dapat disebabkan oleh pengaruh lingkungan kerja. Ada kemungkinan lingkungan fisik mempengaruhi beban kerja. Pada penelitian ini akan dilihat sejauh mana lingkungan fisik mempengaruhi beban kerja masinis berdasarkan perubahan laju denyut jantung.
2. Studi literatur  
Studi Literatur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu studi mengenai kelelahan, lingkungan kerja, dan denyut jantung. Studi literatur digunakan untuk mengetahui bagaimana hubungan antara denyut jantung dengan kelelahan.
3. Identifikasi metode pemecahan masalah  
Pengukuran tingkat kelelahan secara objektif dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Perbandingan Metode Pengukuran Tingkat Kelelahan Secara Objektif**

Metode	Kelebihan	Kekurangan
<i>Galvanis skin respond test</i>	Alat murah, dapat dibuat sendiri	Tidak dapat menyimpan data kontinu
<i>Saliva test</i>	Pengambilan sampel mudah	Harus dilakukan pegujian di lab
Pengukuran kortisol darah	Hormon yang diukur dalam darah bersifat lebih stabil	Perlu ahli khusus dalam pengambilan sampel
Denyut Jantung	Tidak perlu ahli khusus	Mebutuhkan alat khusus

Pengukuran denyut jantung menggunakan POLAR *Heart Rate Monitor*. Alat ini tidak membutuhkan ahli khusus seperti pada pembacaan hasil Elektrokardiogram (EKG)

4. Penentuan responden  
Masinis yang menjadi responden yaitu masinis DAOP II yang membawa kereta eksekutif dengan jumlah sebanyak 32 masinis. Kereta eksekutif dianggap lebih proporsional.
5. Pengumpulan data dinasan dan data masinis  
Data dinasan berguna untuk menghindari terjadinya pengukuran yang sama dalam rute yang sama pada satu masinis. Data Masinis digunakan untuk mempermudah kontak dengan masinis dan untuk mengetahui kondisi kesehatan masinis
6. Pengukuran *Heart Rate*(HR) dan *Heart Rate Variability*(HRV) selama dinasan  
Pengukuran dengan menggunakan POLAR RS800. Alat ini terdiri dari sabuk transmitter yang dipasangkan di dada masinis selama dinasan dan polar monitor. Data HR dan HRV akan di transmisikan ke monitor.
7. Pengolahan data HR dan HRV  
Data HR dan HRV yang diperoleh selama dinasan dipecah menjadi data HR dan HRV rata-rata per 15 menit. Pemecahan data ini menggunakan *software* KUBIOS HRV. *Outputnya* berupa perubahan HR, HRV, dan refleksi dari frekuensi
8. Pengukuran lingkungan fisik kabin masinis selama dinasan  
Kondisi lingkungan kabin diukur dalam interval 15 menit sejak keberangkatan kereta. Variabel lingkungan fisik yang diukur yaitu temperatur, kelembaban, kebisingan, dan pencahayaan
9. Pengolahan data lingkungan fisik kabin masinis selama dinasan  
Pegolahan data ini bertujuan untuk melihat perubahan-perubahan kondisi lingkungan fisik selama dinasan.
10. Uji statistika  
Uji statistika dilakukan yaitu uji normalitas data dan uji korelasi.
11. Analisis hasil pengolahan data dan rekomendasi  
Analisis dilakukan untuk melihat faktor-faktor lingkungan kerja yang dapat menyebabkan kelelahan.
12. Kesimpulan dan saran  
Pada sub bab ini akan disimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi dan pengaruh lingkungan fisik kabin masinis dan saran untuk penelitian selanjutnya.

## 4. PENGOLAHAN DATA

### 4.1 Pengolahan Data Lingkungan Fisik Kabin Masinis Selama Dinasan

Pengamatan data lingkungan fisik kabin masinis dilakukan di tiga jalur perlintasan. Tabel 2 menunjukkan pengolahan data temperatur dinasan jalur Bandung-Banjar.

**Tabel 2. Temperatur Kabin Masinis Tujuan Banjar**

Jam Pengamatan	Temperatur Kabin Masinis (°C)					Simpangan (°C)
	1	2	3	4	5	
7:15:00	25,8	26	25,9	25,6	26	0,2
7:30:00	26,3	25,6	26,4	25	25	0,7
7:45:00	26,5	25,6	26,8	25,9	26	0,5
8:00:00	26,9	25,7	26,7	27,5	28	0,7
8:15:00	27,1	26,3	26,7	24,4	24	1,3
8:30:00	27,1	26,5	26,9	28,8	29	1,1
8:45:00	27,3	27,5	26,9	28,8	29	0,9
9:00:00	27,9	28	26,6	29,3	29	1,1
9:15:00	28,1	28	26,7	29,9	30	1,4
9:30:00	28,8	29,5	26,7	30,7	31	1,7
9:45:00	29,4	30,1	27,1	30,7	31	1,5
10:00:00	30,2	30,1	27,6	31	31	1,4
10:15:00	30,7	30,9	27,9	31,3	31,3	1,7
10:30:00	31,7	31,3	28,7	31,4	31,4	1,6
10:45:00	32,1	31,8	29,7	32	32	1,0
Simpangan Baku						2,1

## 4.2 Perhitungan Variabel-Variabel HRV

Data HRV yang diperoleh selama pengamatan merupakan data fungsi waktu. Untuk dapat diolah maka data harus diubah kedalam fungsi frekuensi. Data fungsi waktu berupa denyut jantung dan interval antara denyut jantung. Nilai tersebut tidak menggambarkan fungsi sistem syaraf simpatetik dan parasimpatetik. Data fungsi waktu tersebut diubah menjadi data fungsi frekuensi dengan menggunakan *software*KUBIOS. *Output* yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Nilai LF, HF, dan Rasio LF/HF Masinis Tujuan Banjar**

Menit Pengamatan		15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Masinis ke-1	LF(%)	39,6444	29,619	34,6693	41,0512	41,8996	56,1659	42,5309	55,6417	40,5041	50,2503	45,4074	38,9111
	HF(%)	18,5447	10,9951	6,9515	10,6998	9,0744	13,8863	10,8599	10,0357	10,3734	10,3883	12,1037	8,9437
	LF/HF	2,1378	2,6938	4,9873	3,8366	4,6173	4,0447	3,9163	5,5444	3,9046	4,8372	3,7515	4,3507
Masinis ke-2	LF(%)	24,5577	9,7239	18,2312	18,6167	10,659	18,9006	23,6844	7,2171	23,4067	19,1955	3,6888	24,0717
	HF(%)	4,0651	1,9244	7,077	3,322	2,1388	8,7485	5,0247	3,2721	3,0592	3,1223	1,0318	3,2342
	LF/HF	6,0411	5,0529	2,5761	5,604	4,9836	2,1605	4,7136	2,2057	7,6514	6,1478	3,5751	7,4428
Masinis ke-3	LF(%)	30,4588	23,3803	29,6062	29,3893	27,6408	39,5274	21,3779	32,8394	37,7596	17,4444	26,9728	32,0266
	HF(%)	18,1516	9,2495	8,1832	12,2814	11,5016	9,2705	8,5858	8,1957	5,7844	4,2808	6,7957	7,4953
	LF/HF	1,678	2,5277	3,6179	2,393	2,4032	4,2638	2,4899	4,0069	6,5278	4,075	3,9691	4,2729
Masinis ke-4	LF(%)	28,5196	33,0645	21,1313	21,2754	21,2002	34,8121	22,6873	22,3163	12,6471	17,9892	19,7982	24,5908
	HF(%)	9,5709	18,4175	29,7716	15,2832	14,0135	30,1183	27,2355	29,226	23,3002	16,1914	43,08	39,0573
	LF/HF	2,9798	1,7953	0,7098	1,3921	1,5128	1,1558	0,833	0,7636	0,5428	1,111	0,4596	0,6296
Masinis ke-5	LF(%)	46,0286	41,2703	37,0393	30,9017	29,3735	4,6086	39,2528	27,6873	24,7619	24,3741	28,4525	18,2399
	HF(%)	9,4644	13,9931	9,9878	7,8261	9,8527	2,455	24,3066	16,8679	10,8494	11,9003	14,0855	14,5343
	LF/HF	4,8633	2,9493	3,7084	3,9485	2,9812	1,8772	1,6149	1,6414	2,2823	2,0482	2,02	1,255

## 4.3 Uji Statistik

### 1. Uji Normalitas Data

Hasil uji normalitas data lingkungan fisik yaitu sebagai berikut:

- Variabel Temperatur : Nilai  $p=0.620 > 0.05$ , **normal**
  - Variabel Kelembaban : Nilai  $p=0.909 > 0.05$ , **normal**
  - Variabel Kebisingan : Nilai  $p=0.686 > 0.05$ , **normal**
  - Variabel Pencahayaan : Nilai  $p=0.183 > 0.05$ , **normal**
2. Hasil uji normalitas variabel HRV yaitu sebagai berikut:
    - Variabel rata rata HRV : Nilai  $p=0.748 > 0.05$ , **normal**
    - Variabel rata rata HR : Nilai  $p=0.99 > 0.05$ , **normal**
  3. Uji Korelasi Data Lingkungan Fisik dengan Variabel LF, HF dan LF/HF  
Hasil uji korelasi variabel lingkungan fisik dan variabel HRV adalah sebagai berikut
    - Korelasi temperatur terhadap variabel HRV: 15 masinis memiliki korelasi kuat
    - Korelasi kelembaban terhadap variabel HRV: 18 masinis memiliki korelasi kuat
    - Korelasi kebisingan terhadap variabel HRV: 7 masinis memiliki korelasi kuat
    - Korelasi pencahayaan terhadap variabel HRV: 4 masinis memiliki korelasi kuat

## **5. ANALISIS**

### **5.1 Analisis lingkungan fisik kabin masinis**

Analisis lingkungan fisik kabin masinis ini meliputi analisis temperatur dan kelembaban, kebisingan, dan pencahayaan adalah sebagai berikut:

1. Temperatur dan kelembaban  
Temperatur didalam kabin masinis terus meningkat selama dinasan dan mencapai puncaknya yaitu  $35^{\circ}\text{C}$ . Kelembaban akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu. Suhu ini diluar kondisi nyaman.
2. Kebisingan  
Rata-rata tingkat kebisingan kabin berada diatas 85 dBA. Puncak tertinggi mencapai 105 dB. Rata-rata kebisingan yaitu pada kisaran 88-93 dbA. Kebisingan disebabkan oleh suara mesin kereta yang masuk ke dalam kabin, getaran dari kereta, dan suara peluit kereta. Lamanya masinis selama dinasan tidak lebih dari 4 jam. Menurut OSHA (2010), paparan dalam rentang waktu tersebut masih aman, tetapi kebisingan tetap mengganggu.
3. Pencahayaan  
Pencahayaan yang baik diperlukan untuk memudahkan masinis dalam melihat sinyal dan kondisi di sekitar kereta api. Beberapa Masinis yang diteliti mengeluhkan bahwa sinyal yang dilihat terasa kurang jelas. Sinyal ini masih terlihat tetapi membutuhkan konsentrasi lebih. Jenis sinyal ini merupakan pengganti sinyal analog. Kondisi seperti ini dapat membahayakan perjalanan kereta api

### **5.2 Analisis Uji Korelasi**

Analisis uji statistik ini dilakukan untuk melihat kekuatan pengaruh lingkungan fisik terhadap terjadinya kelelahan. Kelelahan diperlihatkan dengan adanya nilai korelasi terhadap variabel HRV yaitu LF(%), HF(%), dan LF/HF. Korelasi Lingkungan fisik terhadap Variabel HRV yaitu sebagai berikut:

1. Korelasi Temperatur dengan Variabel HRV  
Korelasi kuat dan sangat kuat ditunjukkan oleh 15 masinis. Korelasipositif terjadi pada denyut jantung. Semakin tinggi HR, menunjukkan aktivitas fisik yang semakin berat. Korelasi lainnya juga pada variabel HRV yang menunjukkan kenaikan seiring naiknya temperatur. Hal ini menunjukkan terjadinya kelelahan.
2. Korelasi Kelembaban dengan Variabel HRV

Hasil korelasi menunjukkan bahwa seiring kelembaban menurun, terjadi kenaikan denyut jantung. Penurunan kelembaban dipengaruhi oleh naiknya temperatur. Kondisi udara yang kering akan meningkatkan suhu tubuh dan mengakibatkan tubuh lebih mudah mengeluarkan keringat. Pengeluaran keringat yang berlebih akan mempermudah terjadinya kelelahan. Jumlah masinis yang memiliki korelasi kuat yaitu sebanyak 18 Masinis

3. Korelasi Kebisingan dengan Variabel HRV

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa 7 masinis memiliki korelasi yang kuat dengan kebisingan. Kebisingan masih dalam taraf aman menurut OSHA. Tetapi, nilai kebisingan ini mengganggu komunikasi. Masinis akan dituntut untuk lebih konsentrasi dalam mendengarkan informasi yang diberikan oleh Pengatur Perjalanan Kereta Api (PPKA). Konsentrasi berlebih ini akan menyebabkan masinis mengeluarkan energi berlebih yang mempercepat terjadinya kelelahan.

4. Korelasi Pencahayaan dengan Variabel HRV

Pengukuran korelasi pencahayaan hanya diukur pada 2 jalur yaitu jalur timur dan jalur utara. Pada Masinis 21 dan 22 yang merupakan Masinis jalur barat memiliki nilai HR yang berkorelasi positif terhadap peningkatan nilai cahaya. Hal ini juga dapat dikatakan bahwa terjadi peningkatan aktifitas fisik ketika cahaya meningkat.

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Suhu di dalam kabin masinis berkisar pada 24°C hingga 32°C dan kelembaban berkisar dari 50% hingga 80%. Suhu di kabin berada diluar zona nyaman bekerja. Hal ini dapat menambah beban kerja masinis
2. Tingkat kebisingan di kabin masinis masih dalam batas aman yang ditetapkan oleh OSHA. Tetapi, masinis menganggap tingkat kebisingan tersebut mengganggu selama dinasan berlangsung
3. Tingkat pencahayaan di dalam kabin cukup untuk menunjang pekerjaan masinis.
4. Hasil dari penelitian menunjukkan 15 masinis terpengaruh oleh temperatur kabin, 12 masinis terpengaruh oleh kelembaban kabin, 7 masinis terpengaruh oleh kebisingan di dalam kabin, dan 4 masinis terpengaruh oleh kondisi pencahayaan di kabin. Kondisi lingkungan fisik di kabin ini dapat menyebabkan terjadinya kelelahan pada masinis dan dapat berakibat pada terjadinya kecelakaan.

### 6.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada masinis yang sama untuk jalur berbeda untuk melihat pengaruh lintasan
2. Penelitian dilakukan pada kereta jenis lainnya untuk melihat perbandingan paparan lingkungan fisik terhadap kelelahan yang dialami oleh masinis.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak PT Kereta Api Indonesia, khususnya UPT CREW dan masinis DAOP II Bandung yang sudah banyak membantu dalam pengumpulan data.

## REFERENSI

- Astrand, P.O., dan Rodhl, K. (1986). *Text of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. Mcgraw-Hill Book Company, Singapore.
- Helander, M. (2006). *A Guide to Human Factors and Ergonomics*. Taylor and Francis, London.
- Fanger, P.O. (1970). Thermal comfort. *Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Danish Technical Press, Copenhagen, Denmark, 244 pp.
- Kusuma, A.P. (2011). *Usulan Strategi Peningkatan Kinerja Masinis Dan Asisten Masinis Berdasarkan Faktor Pemicu Stres Kerja Dalam NIOSH General Job Stress Questionnaire*. Tugas Sarjana – Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Meshkati N., dan Hancock P.A. (1988). *Human Mental Workload*. Elsevier Science Ltd, California.
- OSHA. (2010). *Safety & Health Topics: Ergonomics*. Diperoleh 27 Oktober 2013, dari [www.osha.gov/SLTC/ergonomics/index.html](http://www.osha.gov/SLTC/ergonomics/index.html)
- Pramono, T. (2007). *Identifikasi Human Error Pada Kerja Masinis Kereta Api Menggunakan Metode Systematic Human Error Reduction And Prediction Approach (SHERPA)*. Tugas Sarjana – Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Rodhl, K. (1989). *The Physiology of Work*. Taylor & Francis e-Library, London.
- Tarwaka, et al. (2004). *Ergonomi untuk Keselamatan Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. UNIBA Press, Surakarta.
- Williamson, A., Lombardi, D.A., Folkard, S., Stutts, J., Courtney, T.K., & Connor, J.L. (2011). *The Link Between Fatigue and Safety: Accident Analysis and Prevention*, 43, 498-515.
- Yamamoto S, Iwamoto M, Inoue M, Harada N. (2007). *Evaluation of The Effect of Heat Exposure On The Autonomic Nervous System By Heart Rate Variability And Urinary Catecholamines*. J Occup Health. May, 49(3):199-204, PubMed PMID: 17575400.