

ANALISIS TINGKAT KELELAHAN DAN KANTUK PADA SUPIR BUS BERDASARKAN *HEART RATE VARIABILITY (HRV) DAN ELECTRO- ENCHEPALOGRAMS (EEG)**

Ghea Aditya Putra, Arie Desrianty, Yuniar

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: gheaaditya30@gmail.com

ABSTRAK

Keselamatan dan keamanan pengguna moda transportasi bus dalam kota merupakan hal yang sangat diperhatikan. Keselamatan dan keamanan tersebut dapat tergantung pada kondisi jalan yang dihadapi, kendaraan yang digunakan, dan kondisi pengemudi. Kecelakaan yang sering terjadi diakibatkan karena kesalahan pengemudi atau human error. Penelitian ini membahas tentang analisis tingkat kelelahan dan kantuk supir bus berdasarkan Heart Rate Variability (HRV) dan Electro-encephalograms (EEG). Pengukuran HRV menggunakan Polar RS800CX dengan parameter HRV menggunakan software KUBIOS HRV 2.2. Pengukuran EEG menggunakan emotive EEG dan software EEGLAB. Rute yang dianalisis adalah Leuwipanjang-Cicaheum. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa semua responden mengalami kelelahan dan kantuk. Hal ini bisa disebabkan karena durasi mengemudi, waktu istirahat, dan kondisi lingkungan.

Kata kunci: kelelahan, kantuk, Heart Rate Variability, Electro-encephalograms

ABSTRACT

Safety and security of users of bus transportation in the city is very aware. Safety and security can be depending on road conditions encountered, the vehicle that is used, and the condition of the driver. Accidents often caused because the driver's fault or human error. This study discusses the analysis level of fatigue and sleepiness bus driver based on Heart Rate Variability (HRV) and Electro-encephalograms (EEG). The measurement of HRV using the Polar RS800CX with variable parameter using software KUBIOS HRV HRV 2.2. Measurement of EEG using EEGLAB software EEG and emotive. The route is the route who analyzed Leuwipanjang-Cicaheum. The result of the processing of data showed that all of the respondents experienced kelelahan and drowsiness. This can be caused because the duration of driving, rest periods, and environmental conditions.

Keywords: fatigue, sleepiness, Heart Rate Variability, Electro-encephalograms

* 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 Pengantar

Bus merupakan salah satu moda transportasi yang diminati masyarakat pada umumnya. Apalagi bus dalam kota yang lebih diminati masyarakat daripada moda transportasi lain yaitu angkutan kota (angkot). Namun, bus dalam kota masih memiliki kendala dalam hal keamanan. Kecelakaan cukup sering terjadi yang diakibatkan oleh sarana dan prasarana yang kurang memadai ataupun kelalaian petugas di lapangan. Hal ini menyebabkan perusahaan pengelola busa dalam kota dituntut untuk lebih meningkatkan pelayanan, ketepatan waktu, kenyamanan, dan yang paling utama adalah keselamatan.

Dalam hal ini petugas bus baik itu supir, kernet memiliki suatu beban kerja untuk mencapai suatu kondisi yang diinginkan. Namun bila dilihat dari kemonotonan dalam bekerja, supir memiliki beban kerja yang paling tinggi. Menurut Wignjosoebroto dalam Gresinantha (2012) dari berbagai hal yang menyangkut permasalahan manusia dalam berinteraksi dengan produk, mesin ataupun fasilitas kerja lain yang dioperasikannya, manusia seringkali dipandang sebagai sumber penyebab segala kesalahan, ketidakberesan maupun kecelakaan kerja (*human error*).

Human error bisa disebabkan karena rasa lelah dan kantuk yang dialami pengemudi. Kelelahan ini terjadi akibat menurunnya ketahanan fisik seseorang. Kelelahan yang dialami oleh supir bus dapat menurunkan tingkat konsentrasi dari supir bus tersebut pada saat mengemudi dan dapat menimbulkan kantuk serta menimbulkan kecelakaan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kelelahan dan kantuk dari pengemudi yang bisa menyebabkan terjadinya kecelakaan serta merancang system kerja yang baik sehingga dapat mengurangi tingkat kelelahan dan kantuk dari pengemudi.

1.2 Identifikasi Masalah

Kelelahan pada supir bus disebabkan oleh menurunnya daya tahan fisik supir bis tersebut. Tingkat kelelahan dapat diketahui dengan mengukur denyut jantung. Kelelahan tersebut dapat menimbulkan rasa kantuk pada pengemudi. Tingkat kantuk pada pengemudi dapat dilihat dari getaran gelombang-gelombang yang ada pada otak. Kelelahan dan kantuk yang dialami dapat menimbulkan kecelakaan pada saat melakukan dinasan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu penelitian atau pengukuran yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kelelahan dan kantuk yang dialami pengemudi pada saat melakukan dinasan. Dengan adanya penelitian tersebut diharapkan dapat mengurangi kecelakaan bus dalam kota yang disebabkan oleh *human error*.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Ergonomi

Menurut Satalaksana (1979), ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien. Cangkupan ergonomi adalah antropometri, fisiologi, biomekanika, penginderaan, dan psikologi kerja

2.2 Kognitif

Cognition atau proses kognitif merupakan istilah ilmiah yang merujuk pada pengertian dari proses berpikir. Kognitif adalah langkah-langkah memproses informasi berdasarkan pada

pandangan psikologis seseorang. Kognitif berkaitan erat dengan system pengolahan informasi. Kesalahan kognitif adalah kegagalan pada tahap pemecahan masalah yang sulit untuk dinormalkan kembali dibawah tekanan kendala tugas dari sistem yang kompleks Kontogiannis (1997).

2.3 Human Error

Sanders & McCormick (1992) mendefinisikan kesalahan manusia (*human error*) sebagai tindakan atau perilaku manusia yang kurang sesuai atau tidak diinginkan sehingga menyebabkan penurunan efektifitas, keselamatan kerja, serta performansi sistem. Sanders (1991) menyebutkan *error* bukanlah suatu kejadian acak, melainkan sudah pasti didahului oleh suatu yang mendorong terjadinya *error* tersebut. misalnya saja, *error* dapat terjadi karena buruknya *desain* sistem yang ada atau bahkan karena terlalu sedikit atau terlalu banyaknya sistem otomatis yang ada.

2.4 Kewaspadaan

Screbo (1998) menyatakan bahwa kewaspadaan mengacu kepada kemampuan seseorang untuk mempertahankan perhatian dan tetap siaga selama periode waktu yang lama dan bersifat kritis terhadap banyak aktifitas dan pekerjaan. Secara teoritis, empiris, dan praktis, aspek dari mempertahankan kewaspadaan telah dipelajari secara luas untuk performansi manusia. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kewaspadaan adalah pekerjaan, subjek, lingkungan dan ukuran performansi.

2.5 Kantuk

Kantuk didefinisikan sebagai sebuah proses yang dihasilkan dari ritme sirkadian dan kebutuhan untuk tidur. Titik awal terjadinya kantuk tidak dapat diprediksi secara pasti. Pengemudi juga tidak dapat memprediksi akan datangnya serangan kantuk (Kaplan *et al.*, 2008, dalam Zurika, 2011). Faktor-faktor yang dapat menyebabkan kantuk antara lain kuantitas tidur, kualitas tidur, irama sirkadian, kesehatan, lingkungan, motivasi dan stimulan. Pengukuran tingkat kantuk terbagi dua yaitu pengukuran secara objektif dan subjektif.

2.6 Electro-encepalograms (EEG)

Elektrosensefalograf (EEG) ialah suatu instrumen medis untuk mengukur potensial listrik yang dihasilkan oleh sel saraf otak dengan memasang sensor (elektroda) pada permukaan kulit kepala. Salah satu hasil penelitian tentang sinyal otak yang menggunakan EEG ialah diketahuinya beberapa tipe sinyal yang terkait dengan aktivitas otak manusia. Secara umum ada empat tipe gelombang otak manusia (7), yaitu sinyal Delta (0 Hz – 4 Hz), sinyal Theta (4 Hz – 8 Hz), sinyal Alpha (8 Hz – 13 Hz) dan sinyal Beta (13 Hz – 30 Hz).

2.7 Kelelahan

Kelelahan merupakan suatu pola yang timbul pada suatu keadaan, yang secara umum terjadi pada setiap individu yang sudah tidak sanggup lagi melakukan aktivitasnya (Sutalaksana *et. al.*, 2006). Kelelahan ditimbulkan oleh dua hal, yaitu kelelahan fisiologis (fisik atau kimia) dan kelelahan psikologis (mental atau fungsional).

2.8 Heart Rate Variability (HRV)

Heart Rate Variability (HRV) atau RR interval adalah waktu yang berlalu diantara dua gelombang R (gelombang dengan amplitude terbesar) yang berurutan. *Heart Rate Variability* (HRV) juga dapat didefinisikan sebagai fenomena fisiologis. dimana waktu interval antara denyut jantung bervariasi. Pencarian nilai *Heart Rate Variability* (HRV) ini diturunkan dari

sinyal denyut jantung manusia. *Heart Rate Variability* (HRV) berhubungan erat dengan sistem saraf otonom manusia.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan gambaran dan penjelasan dari tahapan-tahapan penelitian. Berikut merupakan tahapan dan penjelasan dari penelitian yang dilakukan.

3.1 Rumusan Masalah

Kelelahan menjadi faktor utama pengemudi kehilangan konsentrasi pada saat melakukan dinasan. Kelelahan yang dialami pengemudi dapat menimbulkan rasa kantuk pada pengemudi. Kelelahan yang berimbas pada rasa kantuk tersebut dapat menimbulkan kecelakaan lalu lintas. Untuk mengurangi tingkat kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (*human error*) maka dilakukan penelitian untuk mengetahui tingkat kelelahan dan kantuk yang dialami oleh pengemudi bus dilihat dari getaran gelombang otak dan detak jantung pengemudi pada saat melakukan dinasan.

3.2 Studi Literatur

Materi-materi yang terdapat dalam studi literatur adalah teori mengenai ergonomic, ergonomi kognitif, *psycophysiology*, kelelahan, kantuk, *human error*, kewaspadaan, hubungan antara kecelakaan, kelelahan dengan rasa kantuk, *Heart Rate Variability* (HRV) dan *electro-encephalograms* (EEG).

3.3 Identifikasi Metode Pemecahan Masalah

Metode pengukuran yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelelahan dan kantuk adalah metode *electro-encephalograms* (EEG) dan *Heart Rate Variability* (HRV). Metode ini dipilih karena EEG dapat mengukur getaran yang terjadi pada gelombang otak, dimana otak merupakan pusat control manusia yang dapat mengendalikan manusia dalam keadaan sadar maupun tidak sadar, sedangkan HRV adalah metode yang digunakan untuk mengukur detak jantung seseorang, dimana detak jantung tersebut dikendalikan oleh otak yang memberikan sinyal pada jantung manusia tersebut.

3.4 Penentuan Responden

Pengemudi yang dijadikan responden minimal telah bekerja sebagai supir selama 1 tahun dan khusus pada trayek yang dijadikan penelitian.

3.5 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data rekaman gelombang otak dari pengemudi pada saat melakukan dinasan yang didapat dari *electro-encephalograms* (EEG) dan data rekaman detak jantung pengemudi pada saat melakukan dinasan yang didapat dari Polar.

3.6 Pengolahan Data

Data EEG yang didapat diolah dengan menggunakan *Software* EEGLAB untuk mengklasifikasikan sinyal-sinyal yang terdapat pada gelombang otak kedalam sebuah grafik. Sedangkan data HRV yang didapat diolah dengan menggunakan *Software* Kubios HRV 2.0 untuk melihat variabel apa yang mempengaruhi pengemudi dalam melakukan dinasan.

3.7 Analisis

Analisis yang dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadi kelelahan dan kantuk diantaranya, analisis tingkat kantuk menggunakan EEG, analisis tingkat kelelahan berdasarkan HRV, analisis perbandingan sinyal betha, analisis perbandingan variabel HRV,

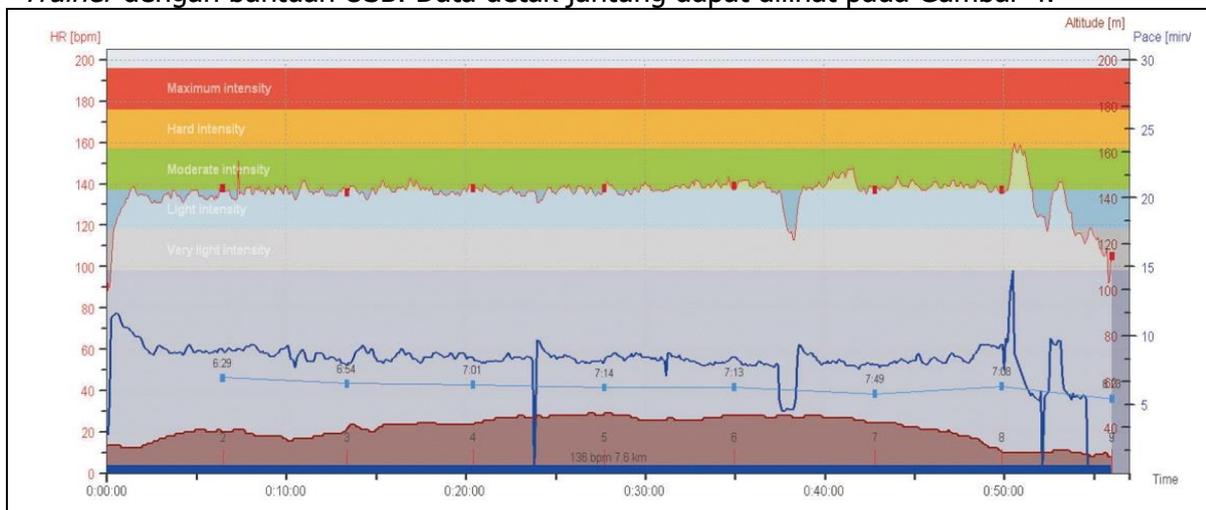
Gambar 3 menunjukkan bahwa variabel *alpha* berada pada *range* PSD 4 – 23, sedangkan variabel *Betha* berada pada *range* 4-20. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas sinyal EEG banyak terjadi pada variabel *alpha*. Rekapitulasi sinyal EEG pada Grafik PSD dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Sinyal EEG

Responden	Kondisi	Elektroda	Variabel	Range Nilai PSD ($\mu\text{V}^2 / \text{Hz}$)	Responden	Kondisi	Elektroda	Variabel	Range Nilai PSD ($\mu\text{V}^2 / \text{Hz}$)
A1	1	F3	α	4 - 23	A6	1	F3	α	12 - 24
			β	4 - 20				β	4 - 21
		F4	α	8 - 23			α	19 - 24	
			β	8 - 20			β	9 - 23	
	2	F3	α	11 - 24		2	F3	α	2 - 24
			β	9 - 20				β	5 - 21
		F4	α	12 - 24			α	9 - 24	
			β	5 - 20			β	-1 - 9	
	3	F3	α	4 - 24		3	F3	α	10 - 23
			β	-1 - 9				β	2 - 21
		F4	α	6 - 23			α	8 - 24	
			β	1 - 20			β	-1 - 20	
A2	1	F3	α	9 - 24	A7	1	F3	α	28 - 34
			β	5 - 20				β	20 - 31
		F4	α	16 - 24			α	31 - 37	
			β	13 - 21			β	17 - 31	
	2	F3	α	2 - 24		2	F3	α	5 - 24
			β	-2 - 20				β	-2 - 20
		F4	α	6 - 24			α	5 - 24	
			β	1 - 20			β	-4 - 20	
	3	F3	α	5 - 24		3	F3	α	10 - 24
			β	0 - 20				β	2 - 20
		F4	α	6 - 24			α	10 - 24	
			β	0 - 19			β	4 - 20	
A3	1	F3	α	2 - 24	A8	1	F3	α	11 - 24
			β	0 - 20				β	-3 - 20
		F4	α	6 - 24			α	8 - 24	
			β	3 - 20			β	-2 - 20	
	2	F3	α	8 - 24		2	F3	α	11 - 24
			β	4 - 20				β	6 - 20
		F4	α	14 - 24			α	17 - 25	
			β	9 - 21			β	14 - 22	
	3	F3	α	3 - 24		3	F3	α	3 - 24
			β	-5 - 20				β	-2 - 20
		F4	α	12 - 24			α	6 - 24	
			β	10 - 20			β	2 - 20	
A4	1	F3	α	5 - 24	A9	1	F3	α	3 - 24
			β	-1 - 19				β	-3 - 20
		F4	α	5 - 23			α	5 - 23	
			β	-1 - 20			β	1 - 20	
	2	F3	α	11 - 24		2	F3	α	29 - 35
			β	5 - 21				β	22 - 32
		F4	α	12 - 24			α	29 - 35	
			β	6 - 21			β	21 - 33	
	3	F3	α	16 - 25		3	F3	α	4 - 24
			β	8 - 21				β	-1 - 21
		F4	α	25 - 31			α	9 - 24	
			β	16 - 28			β	1 - 20	
A5	1	F3	α	-4 - 24	A10	1	F3	α	11 - 24
			β	-5 - 20				β	8 - 20
		F4	α	2 - 24			α	11 - 24	
			β	-4 - 20			β	8 - 20	
	2	F3	α	9 - 25		2	F3	α	-5 - 24
			β	1 - 20				β	-10 - 20
		F4	α	14 - 25			α	6 - 24	
			β	9 - 21			β	0 - 20	
	3	F3	α	12 - 24		3	F3	α	-5 - 24
			β	10 - 21				β	-9 - 21
		F4	α	8 - 24			α	10 - 25	
			β	2 - 20			β	3 - 20	

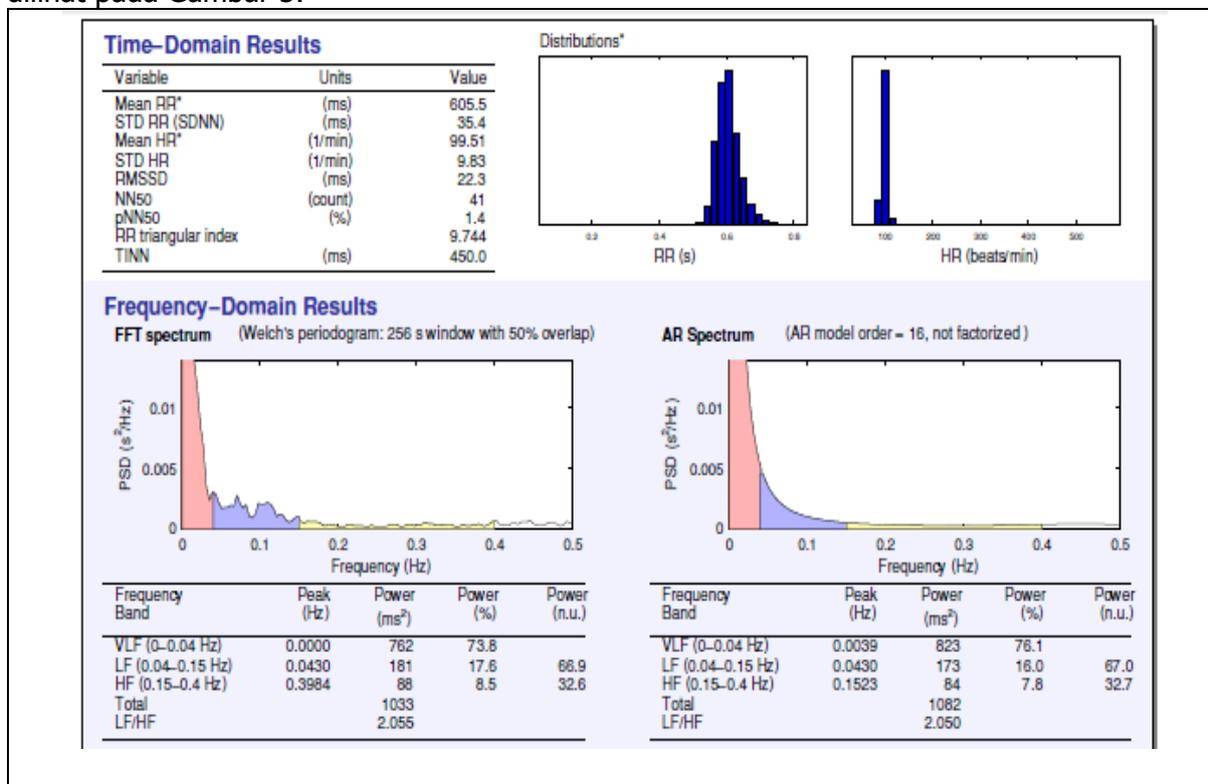
4.2 Pengolahan Data *Heart Rate Variability* (HRV)

Langkah pertama yaitu mengambil data rekaman detak jantung responden selama melakukan dinasan. Data detak jantung direkam menggunakan alat yaitu Polar RS800CX. Alat tersebut berupa tali, jam tangan, dan USB. Tali dipasang pada dada rponden dan direkam oleh jam tangan. Data pada jam tangan dipindahkan pada *software Polar Pro Trainer* dengan bantuan USB. Data detak jantung dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Pola *Heart Rate Variability*

Langkah kedua adalah mengkonversikan data tersebut kedalam bentuk ".txt" untuk menghitung parameter HRV. Perhitungan parameter HRV menggunakan software Kubios HRV, data HR dalam bentuk ".txt" merupakan input untuk menghasilkan parameter HRV. Parameter HRV yang dimaksud ialah VLF, LF, HF, dan LF/HF. *Output* parameter HRV dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Output Parameter HRV Responden 1 Kondisi 1

Tabel rekapitulasi parameter HRV dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Parameter *Heart Rate Variability*

Nama.Resp	Percobaan ke-	Mean RR (ms)	STD RR (ms)	Mean HR (1/min)	STD (1/min)	VLF band (Hz)	LF band (Hz)	HF band (Hz)	VLF power (ms ²)	LF power (ms ²)	HF power (ms ²)	VLF power (%)	LF power (%)	HF power (%)	LF/HF
Pak Dadan	1	695.8	17.4	86.28	2.14	0.0039	0.0469	0.3984	165	40	13	75.8	18.2	5.9	3.1
	2	687.1	27	87.46	3.46	0.0039	0.0469	0.3984	370	233	50	56.6	35.6	7.6	4.669
	3	690.3	48.5	87.34	5.92	0.0039	0.0625	0.1758	962	583	265	53.1	32.2	14.6	2.2
Pak Asep R	1	695.9	29.1	91.51	4	0	0.0508	0.1602	462	88	8	82.7	15.8	1.5	10.709
	2	695.9	29.1	91.51	4	0	0.0508	0.1602	462	88	8	82.7	15.8	1.5	10.709
	3	676.2	26.7	88.87	3.49	0.0039	0.0508	0.1523	487	112	15	79.2	18.3	2.5	7.28
Pak Yayan	1	605.5	35.4	99.51	9.83	0	0.043	0.3984	762	181	88	73.8	17.6	8.5	2.055
	2	556.8	23.6	107.95	4.44	0.0039	0.0508	0.168	322	115	34	68.4	24.4	7.1	3.418
	3	627.9	34.3	95.88	6.64	0.0039	0.0547	0.1836	574	189	110	65.7	21.6	12.6	1.716
Pak Supamo	1	671	48.2	89.87	6.26	0	0.0898	0.168	1083	540	289	56.5	28.2	15.1	1.872
	2	671	48.2	89.87	6.26	0	0.0898	0.168	1083	540	289	56.5	28.2	15.1	1.872
	3	602.1	36.5	100.15	11.95	0.0039	0.0938	0.1563	710	258	89	67.1	24.4	8.4	2.915
Pak Kusnadi	1	724	65.2	83.51	7.23	0.0039	0.082	0.1523	1719	1133	711	48.1	31.7	19.9	1.594
	2	667.5	57.8	90.51	7.21	0.0039	0.0589	0.1797	1356	1315	698	40.2	39	20.7	1.885
	3	638.5	53	94.62	8.25	0.0039	0.0547	0.1641	1192	959	387	46.9	37.7	15.3	2.474
Pak Asep	1	958.9	505.5	72.99	21.67	0.0039	0.0469	0.168	440844	8970	2991	97.4	2	0.7	2.999
	2	958.9	505.5	72.99	21.67	0.0039	0.0469	0.168	440844	8970	2991	97.4	2	0.7	2.999
	3	649.3	40.9	92.76	5.71	0	0.0898	0.1719	785	432	189	55.8	30.7	13.4	2.288
Pak Bagus G	1	714.6	35.1	84.17	4.22	0.0039	0.0469	0.1523	718	260	90	67.2	24.3	8.4	2.902
	2	717.9	59.7	84.14	6.89	0.0039	0.0742	0.3906	1580	727	337	59.6	27.4	12.7	2.158
	3	665	45.4	90.63	5.9	0	0.0898	0.3672	1243	473	286	61.9	23.6	14.2	1.659
Pak Toto	1	669.5	47.6	90.19	8.8	0.0039	0.0781	0.3516	974	539	178	57.6	31.8	10.5	3.022
	2	615.4	43.1	97.99	7.08	0.0039	0.043	0.1563	916	502	138	58.9	32.2	8.9	3.642
	3	664.3	60.7	91.01	7.72	0	0.0508	0.168	1428	1503	489	41.7	43.9	14.3	3.076
Pak Ating	1	639.7	70	94.92	10.5	0	0.0664	0.1523	2792	971	184	70.7	24.6	4.7	5.276
	2	709.6	54.3	85.02	6.26	0.0039	0.0547	0.1841	1016	841	463	43.7	36.1	19.9	1.815
	3	661.5	56	91.3	7.16	0.0039	0.0977	0.1758	1010	1287	627	34.5	44	21.4	2.054
Pak Gultom	1	588.4	40.5	102.44	6.79	0	0.082	0.1523	840	381	146	61.4	27.9	10.7	2.611
	2	632.1	42.1	95.33	6.24	0.0039	0.0469	0.1523	757	602	198	48.6	38.6	12.7	3.044
	3	620.7	56.1	97.43	8.53	0.0039	0.0508	0.1602	1164	1087	534	41.8	39	19.2	2.035

5. ANALISIS

5.1 Analisis Tingkat Kelelahan dan Kantuk Berdasarkan Pengukuran Objektif

Sub bab ini berisikan mengenai analisis tingkat kelelahan dan kantuk berdasarkan pengukuran objektif. Analisis tingkat kelelahan dilihat berdasarkan nilai *Heart Rate Variability* (HRV) dan analisis tingkat kantuk dilihat berdasarkan *Electro-encephalograms* (EEG)

1. Analisis Tingkat Kelelahan Berdasarkan *Heart Rate Variability* (HRV)

Berdasarkan hasil analisis pada setiap responden, hampir semua responden mengalami kelelahan dan stress meskipun detak jantung untuk beberapa responden masih dalam keadaan normal. Kelelahan yang dialami responden bisa disebabkan oleh beberapa faktor, baik faktor lingkungan maupun kondisi fisik operator tersebut. Faktor lingkungan yang mempengaruhi operator bisa disebabkan karena udara atau suhu yang panas, penelitian dilakukan pada siang hari. Meskipun bus yang diteliti menggunakan AC namun tidak semua AC pada bus berfungsi dengan baik. Kondisi jalanan yang macet dan aktivitas naik turunnya penumpang mengharuskan pengemudi atau responden bekerja dengan sangat

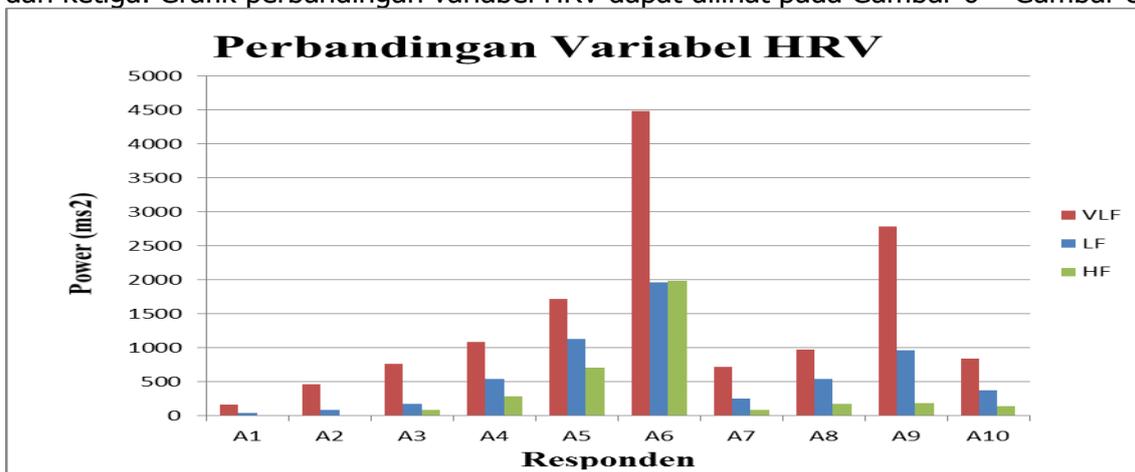
hati-hati dan membutuhkan konsentrasi yang tinggi. Kondisi fisik responden bisa menjadi faktor lainnya, yaitu beberapa responden telah mengendarai bus dari pagi hari sekitar pukul 05.00 adapula yang telah menyetir dari luar kota pada hari sebelumnya. Kurangnya waktu tidur dan waktu istirahat menyebabkan kondisi fisik operator menurun. Pekerjaan yang monoton setiap harinya bisa menyebabkan kelelahan.

2. Analisis Tingkat Kantuk Menggunakan *Electro-encepalograms* (EEG)

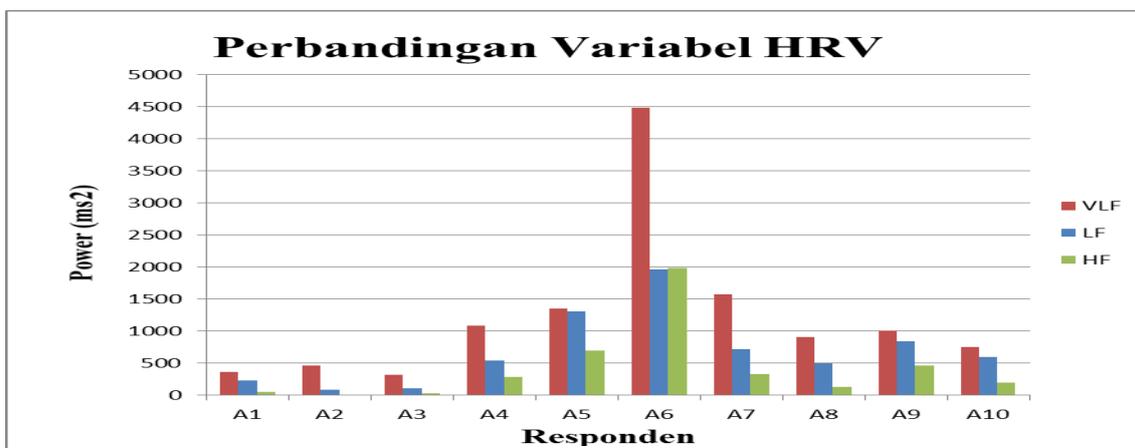
Berdasarkan hasil analisis tingkat kantuk pada masing-masing responden semua responden berada pada fase kantuk namun kantuk tersebut masih dapat dikendalikan. Hal ini dibuktikan dengan sinyal alpha yang lebih aktif dibandingkan dengan betha pada semua responden. Faktor yang menyebabkan responden berada pada fase ini adalah kelelahan yang dialami oleh responden pada saat melakukan penelitian. Kelelahan merupakan salah satu fase seseorang sebelum mengalami yang namanya kantuk. Selain itu kurangnya waktu tidur bisa menjadi penyebab responden mengalami kantuk pada saat melakukan dinasan. Hal ini sangat berbahaya apabila responden sudah tidak bisa menahan kantuknya pada saat melakukan dinasan dan berakibat pada kecelakaan lalu lintas.

3. Analisis Perbandingan *Variabel Heart Rate Variability* (HRV)

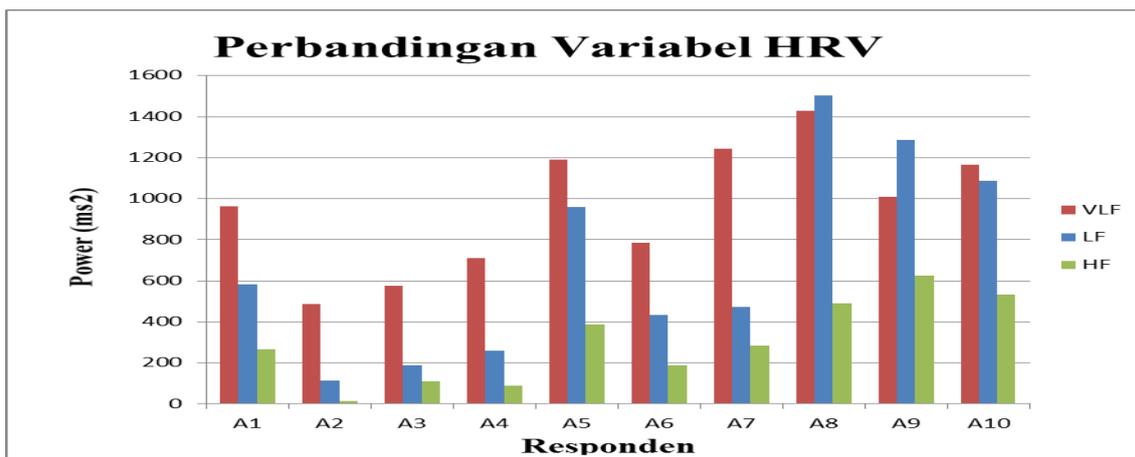
Berikut ini merupakan grafik perbandingan variabel HRV pada percobaan pertama, kedua, dan ketiga. Grafik perbandingan variabel HRV dapat dilihat pada Gambar 6 – Gambar 8.



Gambar 6. Perbandingan Variabel HRV Percobaan Ke-1



Gambar 7. Perbandingan Variabel HRV Percobaan Ke-2

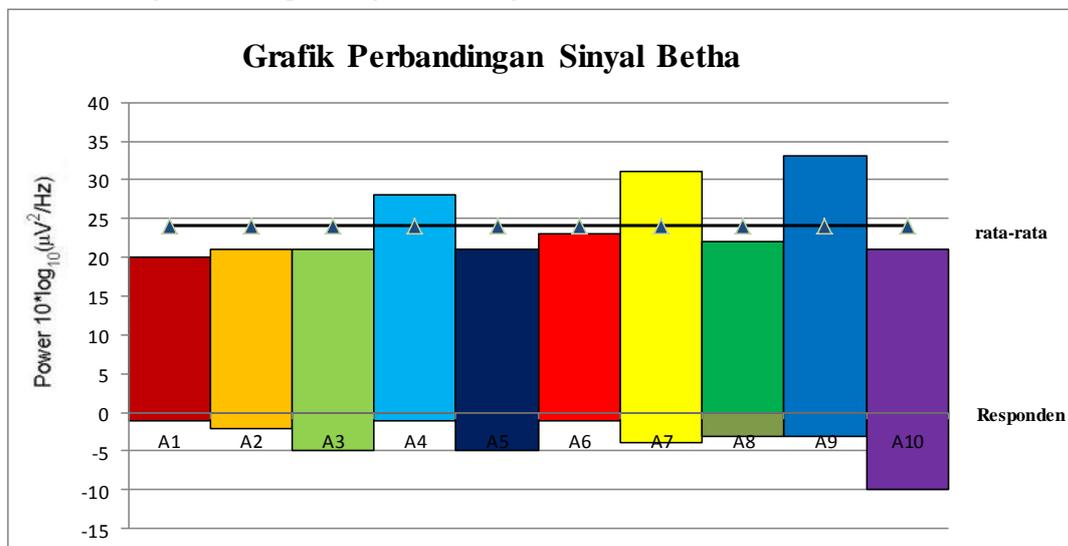


Gambar 8. Perbandingan VARIabel HRV Percobaan Ke-3

Berdasarkan hasil perbandingan percobaan pertama dan kedua variabel VLF lebih tinggi di bandingkan variabel lainnya pada semua responden. Hal ini menyebabkan pengemudi mengalami kelelahan. Berbeda dengan percobaan pertama dan kedua, pada percobaan ketiga variabel VLF lebih tinggi di bandingkan variabel lainnya pda 8 responden, sedangkan 2 responden lainnya variabel yang lebih tinggi adalah varibel LF. Hal ini menunjukkan bahwa 2 pengemudi tersebut tidak mengalami kelelahan yang begitu besar di bandingkan dengan 8 pengemudi lainnya.

4. Analisis Perbandingan Sinyal *Betha*

Berikut ini merupakan grafik hasil perbandingan sinyal beda pada seluruh responden. Grafik hasil perbandingan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Sinyal Betha

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa responden yang memiliki nilai paling besar adalah responden A9 dan responden yang memiliki nilai betha diatas rata-rata adalah responden A4 dan A7. Besarnya nilai betha disebabkan oleh kekuatan responden untuk melawan rasa kantuknya lebih besar dibandingkan responden yang lain. Kantuk yang dialami responden bisa disebabkan faktor dalam diri pengemudi dan faktor lingkungan di sekitar pengemudi.

Responden A9 merupakan responden yang paling tua di bandingkan dengan responden lainnya. Kualitas tidur yang tidak sesuai dengan standar yaitu 7-8 jam setiap harinya bisa menyebabkan kantuk. Faktor luarnya adalah lingkungan di sekitar pengemudi seperti kondisi

jalanan yang macet dan jumlah penumpang yang melebihi kapasitas bus.

5.2. Analisis Regresi dan Korelasi

Perhitungan regresi linear dilakukan untuk mengetahui pola hubungan antara usia pengemudi dengan *Heart Rate Variability*. Nilai regresi yang dihasilkan adalah $Y = 562,66 + 2.69X$. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa HRV dan usia memiliki pola hubungan linear yang positif. Semakin bertambahnya usia maka semakin rendah HRV yang dihasilkan. Hal tersebut bisa dipengaruhi oleh kondisi fisik yang semakin rendah dan pola tidur yang tidak sesuai dilakukan berulang-ulang.

Perhitungan korelasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keeratan antara usia dan HRV. Nilai korelasi yang dihasilkan yaitu sebesar 0,22. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa keeratan antara usia dan HRV memiliki korelasi positif yang lemah. Semakin bertambahnya usia maka semakin rendah HRV yang dihasilkan. Hal ini juga bisa disebabkan kondisi fisik yang sudah rendah yang disebabkan oleh usia yang semakin bertambah.

5.3. Usulan Perbaikan

Usulan yang diberikan untuk perusahaan dan responden adalah sebagai berikut:

1. Usulan perbaikan untuk perusahaan.
 - a. Membatasi jumlah jam mengemudi untuk setiap harinya yaitu maksimal 9 jam perhari.
 - b. Total mengemudi dalam satu minggu tidak boleh lebih dari 48 jam (Beaulieu, 2005).
 - c. Meliburkan pengemudi ketika telah melakukan dinas pada malam hari.
 - d. Membatasi jumlah penumpang sesuai dengan kapasitas kursi yang ada dan penumpang yang berdiri sesuai dengan pegangan yang ada dan kondektur bertugas sebagai pemegang kontrol.
 - e. Melakukan perawatan kendaraan secara berkala atau uji kelayakan kendaraan agar pengemudi dapat mengemudi dengan nyaman.
 - f. Mengadakan penyuluhan mengenai waktu istirahat yang baik untuk memperbaiki kualitas tidur pengemudi.
2. Usulan perbaikan untuk pengemudi.
 - a. Membiasakan diri untuk melakukan istirahat dengan frekuensi sering antara 5-15 menit setiap 1-2 jam cukup untuk mengurangi kelelahan, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi risiko kecelakaan khususnya pada pekerjaan yang monoton (Lerman, et.al 2012).
 - b. Pengemudi harus melakukan istirahat setelah mengemudi selama 4 atau 5 jam setelah mengemudi secara berturut-turut (Beaulieu, 2005).
 - c. Waktu untuk melakukan istirahat secara keseluruhan dalam satu hari harus tidak boleh kurang dari 8 jam berturut-turut (Beaulieu, 2005).
 - d. Menggunakan halte-halte yang telah disediakan untuk menaik turunkan penumpang agar pengemudi lebih fokus ketika mengemudi.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian adalah:

1. Pengemudi yang dijadikan responden mengalami kelelahan dan kantuk yang cukup tinggi. Kelelahan yang dialami responden dapat menimbulkan kantuk.
2. Kelelahan yang dialami pengemudi bisa disebabkan beberapa faktor, diantaranya :
 - a. Durasi mengemudi yang tidak sesuai dengan standar untuk setiap harinya atau setiap minggunya yaitu 9 jam perhari atau 48 jam perminggunya.
 - b. Kapasitas penumpang yang berlebih sehingga kondisi di dalam bus yang tidak nyaman.

- c. Pengemudi harus bekerja keesokan harinya ketika telah melakukan dinas tambahan pada malam hari.
 - d. Kondisi busa yang kurang baik sehingga pengemudi membutuhkan tenaga yang lebih banyak ketika mengemudi.
3. Kantuk yang dialami pengemudi bisa disebabkan oleh kualitas tidur yang kurang bagi operator, yaitu 8 jam berturut-turut setiap harinya (Beaulieu,2005).

REFERENSI

Beaulieu. (2005). *The Issue of Fatigue and Working Time in The Road Transport Sector*. Geneva. ILO.

Kontogiannis, T. (1997). A Framework for The Analysis Of Cognitive Reliability In Complex Systems: A Recovery Centred Approach. *Reliability Engineering and System Safety* , 235-236.

Screbo, M. (1998). Years of Vigilance Research. *Proceedings of The Human Factors and Ergonomic Society 42th Annual Meeting*.

Sutalaksana, Iftikar Z. (1979). *Teknik Tata Cara Kerja*. ITB. Bandung.

Sutalaksana, I. *et al.* (2006). *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Jurusan Teknik Industri ITB. Bandung.

Zurika, A. (2011). *Kajian Tingkat Kelelahan Melalui Evaluasi Beban Mental Dan Kantuk Pada Masinis Kereta Pandan Wangi*. Tugas Akhir Sarjana, Jurusan Teknik Industri. Institut Teknologi Bandung.