

# Prediksi Keandalan Pengendara Mobil Terkait *Drowsiness* (Studi Kasus Pengendara Mobil di Jalan Tol Surabaya-Surakarta)

Muhammad Miqdad Shiddiq Afif dan Arief Rahman  
Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
e-mail: arief@ie.its.ac.id.

**Abstrak**—Kecelakaan lalu lintas saat ini menjadi salah satu penyebab kematian terbesar di dunia. *World Health Organization* (WHO) mencatat selama 2017 terdapat 1,35 juta orang meninggal akibat kecelakaan lalu lintas. Begitu pula di Indonesia, angka kecelakaan lalu lintas masih stabil berada di kisaran 90-100 ribu kasus tiap tahunnya. Menurut Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, manusia menjadi penyebab utama terjadinya kecelakaan dengan lebih dari 90% kasus kecelakaan disebabkan oleh manusia. Di antara faktor-faktor manusia tersebut, *drowsiness* menjadi penyebab terbesar nomor lima dari sepuluh penyebab terjadinya kecelakaan yang diakibatkan oleh manusia. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan akibat pengendara yang mengalami *drowsiness*, penelitian ini dilakukan terhadap pengendara di jalan tol Surabaya-Surakarta untuk dinilai keandalannya. Tiga responden akan diamati selama mengemudi dari gerbang tol Surabaya di Warugunung sampai dengan gerbang keluar tol di Sragen dan sebaliknya. Pengamatan meliputi frekuensi kedipan mata serta detak jantung dari responden selama berkendara. Kedipan mata sebanyak lebih dari 24 kali dalam satu menit diindikasikan sebagai gejala *drowsiness* dan dianggap sebagai eror, kemudian akan digunakan untuk menghitung keandalan responden. Sementara itu detak jantung digunakan sebagai pembandingan kondisi responden. Hasilnya frekuensi kedipan mata responden berdistribusi Weibull dengan *shape parameter* sebesar 274,674 dan *scale parameter* sebesar 1,3161. Keandalan responden mengalami penurunan secara konstan selama pengamatan berlangsung. Sementara itu keandalan sebesar 0,5 akan dicapai responden setelah mengemudi selama 300 menit, sementara untuk mencapai 0,6 dan 0,7 responden harus berkendara selama masing-masing 165 menit dan 125 menit. Sementara dari pola frekuensi kedipan mata, responden terindikasi mengalami *drowsiness* setelah mengemudi selama 60-90 menit.

**Kata Kunci**—Detak Jantung, *Drowsiness*, Frekuensi Kedipan Mata, Keandalan.

## I. PENDAHULUAN

**W**ORLD Health Organization (WHO) pada 2017 meriliskan, 1,35 juta orang dari seluruh dunia meninggal akibat kecelakaan lalu lintas [1]. Hal ini berarti setiap 24 detik terdapat satu orang meninggal dunia akibat kecelakaan di jalanan. Jumlah ini sekaligus menjadikan kecelakaan lalu lintas masuk dalam sepuluh besar penyebab kematian tertinggi di dunia, di bawah penyakit-penyakit kronis seperti penyakit jantung, stroke, dan sebagainya.

Sebagai negara berkembang, tingkat kematian akibat kecelakaan di Indonesia juga tinggi. Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan, rentang 2013-2017 angka kecelakaan lalu lintas masih stabil berada di kisaran angka 90-100 ribu [2]. Kecelakaan lalu lintas menjadi penyebab kematian terbesar nomor tiga di Indonesia.

Berdasarkan laporan Korlantas Porli, *drowsiness* menjadi penyebab kecelakaan terbesar nomor lima setelah faktor tidak tertib, batas kecepatan, lengah, dan lelah, yakni sebesar 2.410 kasus. Berdasarkan rujukan [3], 19-34% kecelakaan fatal yang berujung kepada kematian disebabkan oleh pengemudi yang berada dalam kondisi mengantuk

*Drowsiness* juga menjadi penyebab utama kecelakaan di jalan bebas hambatan (jalan tol). Jasa Marga menyebutkan, pada tahun 2018 terjadi 887 kasus kecelakaan di jalan tol, dengan faktor human error sebagai faktor utama. *Drowsiness* adalah penyebab utama terjadinya kecelakaan di jalan tol Surabaya-Gempol selama 1996-1997 [4]. Karakteristik jalan tol yang lebih lenggang dan cenderung minim kelokan membuat pengemudi lebih mudah untuk mengantuk ketika sedang berkendara di malam hari.

Kegunaan jalan tol sangat vital sebagai sarana memperlancar mobilitas, namun peluang pengemudi mengalami *drowsiness* juga tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan memprediksi kondisi saat pengemudi mulai memasuki fase *drowsiness*. Dengan adanya penelitian ini dapat memberikan masukan kepada pengendara tentang indikasi saat keadaan pengendara sudah tidak cukup baik untuk melanjutkan mengemudi, sehingga bisa mengambil tindakan preventif untuk menghindari terjadinya kecelakaan

## II. TEORI

### A. Human Reliability

*Human reliability* adalah peluang kinerja manusia dapat berdampak negatif terhadap suatu sistem, memperkirakan seberapa sering hal tersebut akan terjadi, serta mengidentifikasi konsekuensi apabila hal itu terjadi. *Human reliability* juga merupakan metodologi yang terstruktur, baik secara kuantitatif maupun kualitatif untuk menghitung peran manusia terhadap terjadinya sebuah risiko terjadinya eror [5]. Secara luas perhitungan *human reliability* digunakan sebagai cara untuk menilai risiko dari kesalahan manusia (*human error*) dan mengurangi kerentanan sistem.

Menurut rujukan [6], ada tiga prinsip dalam *human reliability*, yakni mengidentifikasi eror apa yang bisa terjadi, menentukan seberapa besar kemungkinan eror tersebut akan terjadi, dan bila memungkinkan, tingkatkan *human reliability* dengan mengurangi kemungkinan eror. Secara praktis, seluruh metode dalam *human reliability* menggunakan pendekatan *human error*, sehingga mengembangkan langkah-langkah mengestimasi probabilitas *human error* menjadi krusial. Mengaitkan eror dengan perilaku seseorang, tim, atau organisasi secara fundamental merupakan proses sosial dan fisiologikal, bukan proses objektif dan teknis.

### B. Drowsiness

*Drowsiness* (mengantuk) adalah keadaan dimana kesadaran terganggu yang terkait dengan keinginan atau kecenderungan untuk tidur [7]. *Drowsiness* diatur oleh faktor homeostatis dan sirkadian. Sirkadian adalah jam tubuh internal yang menyesuaikan siklus rotasi bumi selama 24 jam. Irama sirkadian cenderung rendah pada pagi dan siang hari dan meningkat pada sore dan malam hari [8]. Homeostatis berhubungan dengan kebutuhan neurobiologis untuk tidur, semakin lama periode terjaga maka semakin banyak tekanan untuk tidur dan semakin sulit untuk menolaknya. *Drowsiness* berdasarkan neurobiologis berkontribusi terhadap kesalahan manusia dalam berbagai pekerjaan, termasuk di dalamnya mengemudi.

Penelitian yang merujuk [9], [10] mengidentifikasi *drowsiness* saat berkendara dengan munculnya kebiasaan yang timbul, seperti menguap, frekuensi mengedipkan mata, serta berpindah posisi secara berkala. Berdasarkan penelitian [11], dalam keadaan normal rata-rata mata berkedip sebanyak 15-20 kali per menit. Pada saat mengalami *drowsiness*, pengendara akan berkedip 20% lebih banyak dari biasanya [12].

Penelitian terbaru menunjukkan terdapat faktor fisiologis yang mempengaruhi munculnya *drowsiness* saat berkendara, salah satunya adalah *heart rate* [13]. Namun hubungan langsung antara faktor fisiologis dengan *drowsiness* lebih sulit untuk didefinisikan karena sifatnya yang sensitif terhadap faktor-faktor lain seperti emosi, beban kerja, serta kelelahan fisik.

## III. METODOLOGI

### A. Alat Perekam

Pada penelitian ini pengamatan frekuensi kedipan mata responden dilakukan menggunakan *smart CCTV* Xiaomi yang dipasangkan di *board* mobil di bagian depan pengemudi. CCTV dipasangkan 40-50 cm dari wajah responden agar aktivitas mata responden terlihat jelas saat direkam selama mengemudi.



Gambar 1. Ilustrasi penempatan CCTV untuk pengamatan.

Perhitungan frekuensi kedipan mata dilakukan secara manual dengan mengamati hasil rekaman aktivitas mata responden selama mengemudi. Teknologi infra-red pada kamera CCTV membuat keadaan mata responden terlihat jelas perbedaannya saat dalam keadaan terbuka atau tertutup. Perbedaan tersebut bisa dilihat pada Gambar 2 yang menunjukkan keadaan mata saat terbuka dan saat berkedip. Guna menghindari bias, perhitungan kedipan mata hanya dilakukan saat posisi wajah menghadap kamera dan posisi mata terlihat jelas.



(a)



(b)

Gambar 2. Salah satu frame ketika mata responden terbuka (a) dan tertutup (b)

Selanjutnya untuk pengamatan detak jantung selama berkendara dicatat melalui smartband yang dipasangkan pada lengan responden selama melakukan perjalanan di ruas jalan tol. Pencatatan diatur agar dapat merekam setiap 15 detik sekali dan akan dirata-ratakan pada setiap menitnya.

### B. Eksperimen

Rute perjalanan dimulai dari gerbang Warugunung di Surabaya sampai gerbang tol Sragen atau sebaliknya. Pada proses pengambilan data responden diminta untuk mengemudi dengan kecepatan normal dan sebisa mungkin untuk tidak berhenti di *rest area*.

Responden yang berhasil dikumpulkan berjumlah tiga orang dengan total empat kali perjalanan yang diamati. Pengamatan pada responden pertama dilakukan pada perjalanan Surabaya-Surakarta dan Surakarta-Surabaya. Sementara responden kedua melakukan perjalanan Surabaya-Surakarta, serta pengamatan pada responden ketiga dilakukan pada perjalanan sebaliknya yakni Surakarta-Surabaya. Seluruh responden merupakan pemilik SIM A lebih dari lima tahun dan memiliki pengalaman mengemudi di jalan tol.

Beberapa kondisi akan disesuaikan terlebih dahulu untuk memastikan hasil pengamatan pada tiga responden yang berbeda bisa dibandingkan. Kondisi-kondisi tersebut adalah pengemudi dalam keadaan telah makan dan tidak mengonsumsi kafein sebelum mengemudi. Seluruh pengamatan dilakukan pada malam hari dengan maksimal jam 21.00 WIB sudah berada di ruas jalan tol, serta memiliki teman berbicara dan bebas mengatur suhu dan memutar musik selama mengemudi. Dikarenakan kondisi jalan dan kecepatan mengemudi berbeda, maka hasil yang diamati adalah dua jam terakhir sebelum mencapai gerbang keluar tol.

### C. Pengolahan Data

Pada tahap ini terdapat tiga langkah pengolahan, yaitu penggabungan data, *fitting* distribusi data, dan menghitung keandalan. Berikut merupakan penjelasan mengenai langkah-langkah yang dilakukan pada tahap pengolahan data ini.

1) *Menggabungkan Data*

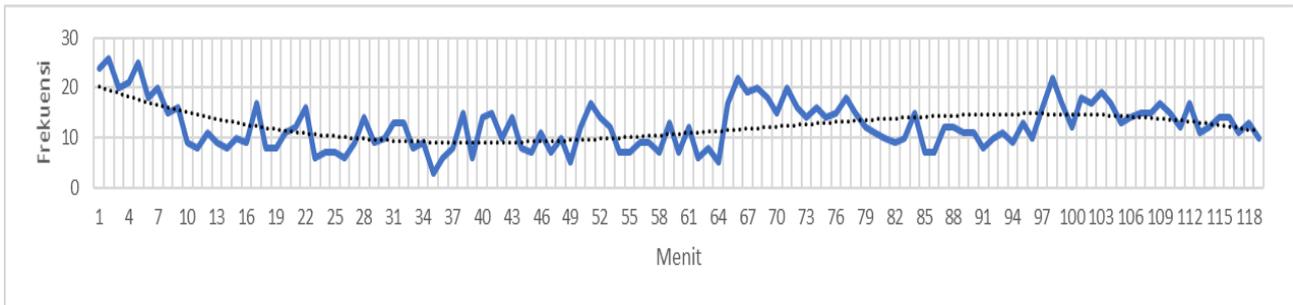
Data hasil dari pengamatan seluruh responden akan disatukan untuk mendapat simulasi berkendara delapan jam. Hal ini dilakukan guna mengetahui pola keandalan pengendara pada jangka waktu yang lebih panjang. Sebelum data digabungkan, masing-masing data diuji kesamaan karakteristiknya dengan *independent t-test* menggunakan SPSS 17. Perbandingan dengan nilai signifikansi lebih dari 0,05 dianggap memiliki kemiripan yang cukup sehingga bisa digabungkan. Sementara itu apabila nilainya kurang dari 0,05, akan dilakukan normalisasi dengan mengeluarkan data-data *outlier*.

2) *Fitting Distribusi Data*

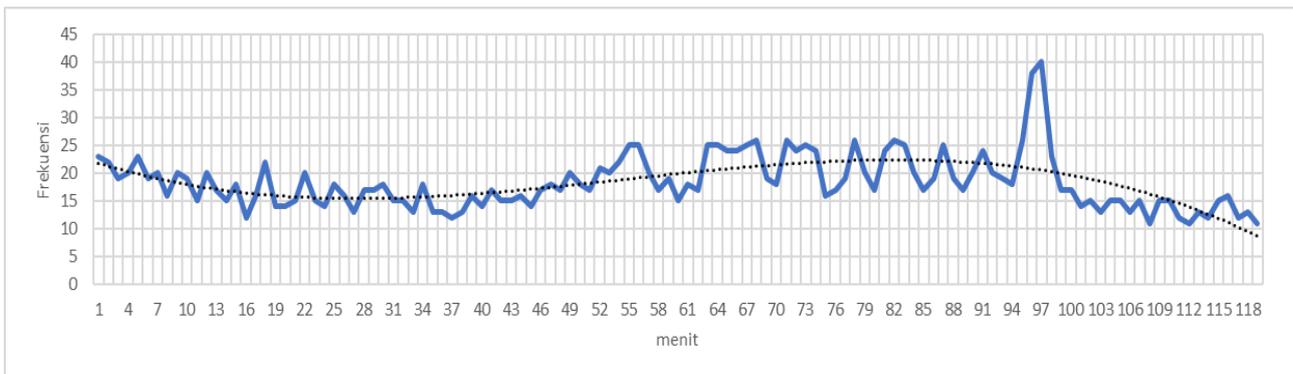
Hasil data kemunculan indikator *drowsiness* ditentukan distribusinya dengan melakukan *fitting* distribusi data. *Fitting* distribusi data ini berguna untuk menentukan model prediksi yang digunakan saat menentukan nilai keandalan pengendara.

3) *Menghitung Keandalan*

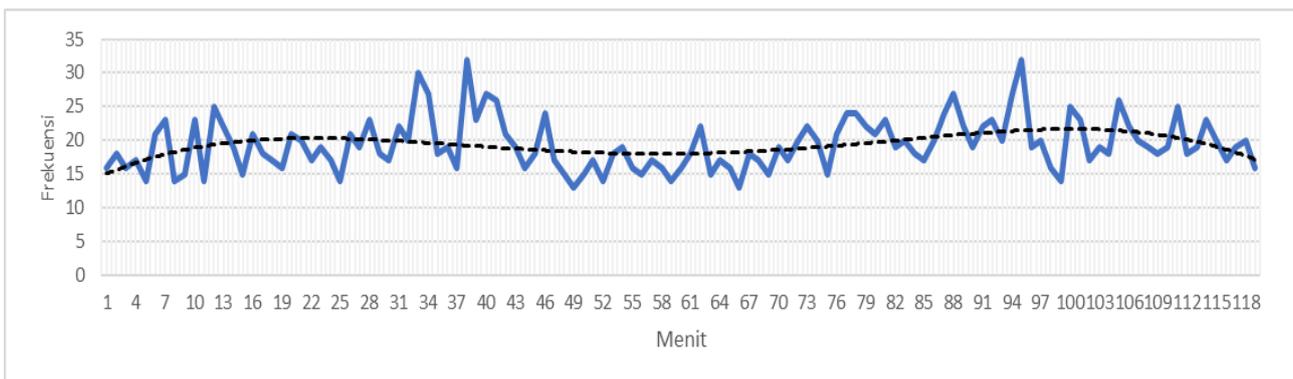
Perhitungan keandalan pada penelitian ini akan dilakukan secara manual menggunakan model matematis sesuai dengan distribusi datanya, di bawah menunjukkan grafik frekuensi kedepan mata per menit dan detak jantung dari seluruh pengamatan.



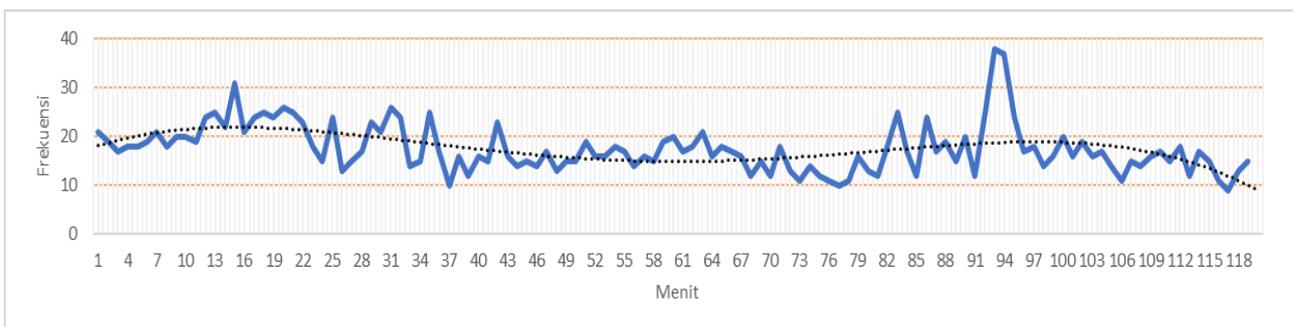
(a)



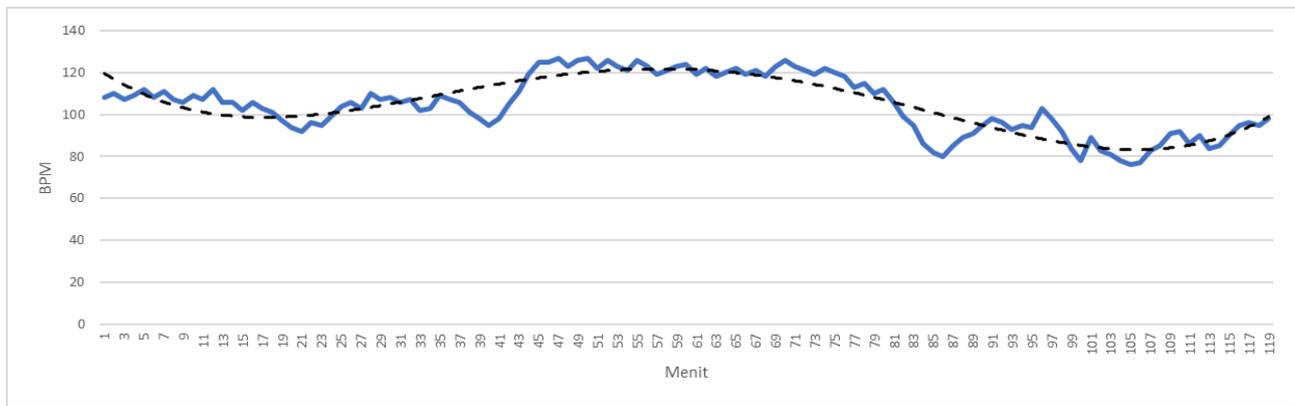
(b)



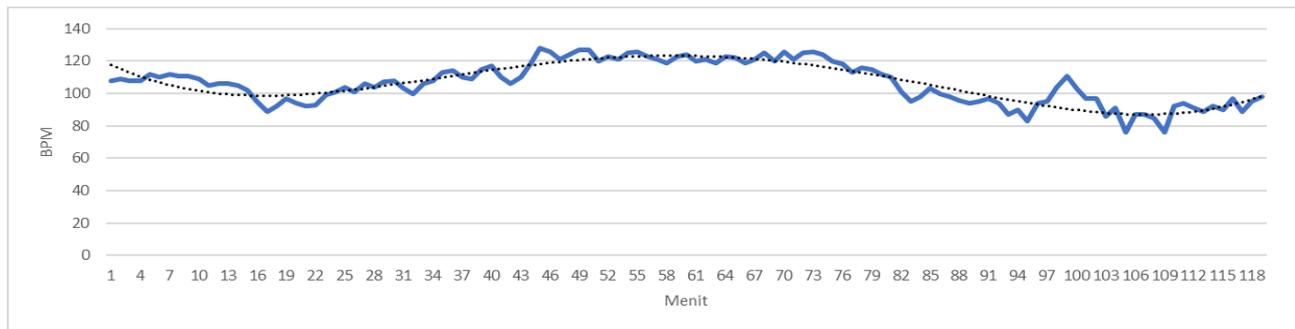
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 3. Grafik frekuensi kedipan mata seluruh pengamatan (a)-(d) dan grafik detak jantung responden 2 dan responden 3 (e)-(f)

**D. Menggabungkan Data**

Seluruh data pengamatan dikelompokkan terlebih dahulu, dengan penamaan kelompok 1 untuk hasil pengamatan terhadap responden 1 dengan perjalanan Surabaya-Surakarta, kelompok 2 untuk hasil pengamatan terhadap responden 2 dengan perjalanan Surakarta-Surabaya, kelompok 3 untuk hasil pengamatan terhadap responden 2, serta kelompok 4 untuk hasil pengamatan responden 3. Dari hasil perbandingan tersebut hanya perbandingan antara kelompok 1 dan kelompok 3 yang memiliki nilai signifikansi di bawah 0,05.

Selanjutnya, *outlier* dari salah satu data tersebut harus dikeluarkan. Hal ini dikarenakan data *outlier* diperlukan untuk analisis kondisi eror, sehingga harus dikeluarkan seminimal mungkin. Hasil dari pengujian setelah *outlier* kelomok data 3 dikeluarkan masih menyisakan perbandingan dengan nilai signifikansi di bawah 0,05, sehingga selanjutnya dicoba untuk mengeluarkan data *outlier* dari kelompok data 1. Hasilnya seluruh perbandingan memiliki nilai signifikansi di atas 0,05, dengan hasil perbandingan bisa dilihat di Table 1.

Table 1.  
Hasil Signifikansi Uji *Independent t-test* Seluruh Kelompok Data

Data 1	Data 2	Signifikansi
kelompok 1	kelompok 2	0,827
kelompok 1	kelompok 3	0,064
kelompok 1	kelompok 4	0,813
kelompok 2	kelompok 3	0,07
kelompok 2	kelompok 4	0,504
kelompok 3	kelompok 4	0,074

Penggabungan data pengamatan dilakukan dengan cara mengelompokkan setiap hasil pengamatan berdasarkan menit-nya. Kemudian hasil pengamatan dari masing-masing responden pada menit tersebut diurutkan dari terkecil sampai terbesar.

Hasil urutan tersebut kemudian disatukan untuk menjadi data frekuensi kedipan mata di empat menit yang berbeda (Table 2). Langkah tersebut dilakukan terhadap 120 menit hasil pengamatan dari empat responden yang berbeda sehingga menghasilkan 480 menit perjalanan.

Table 2.  
Salah Satu Contoh Penggabungan Data

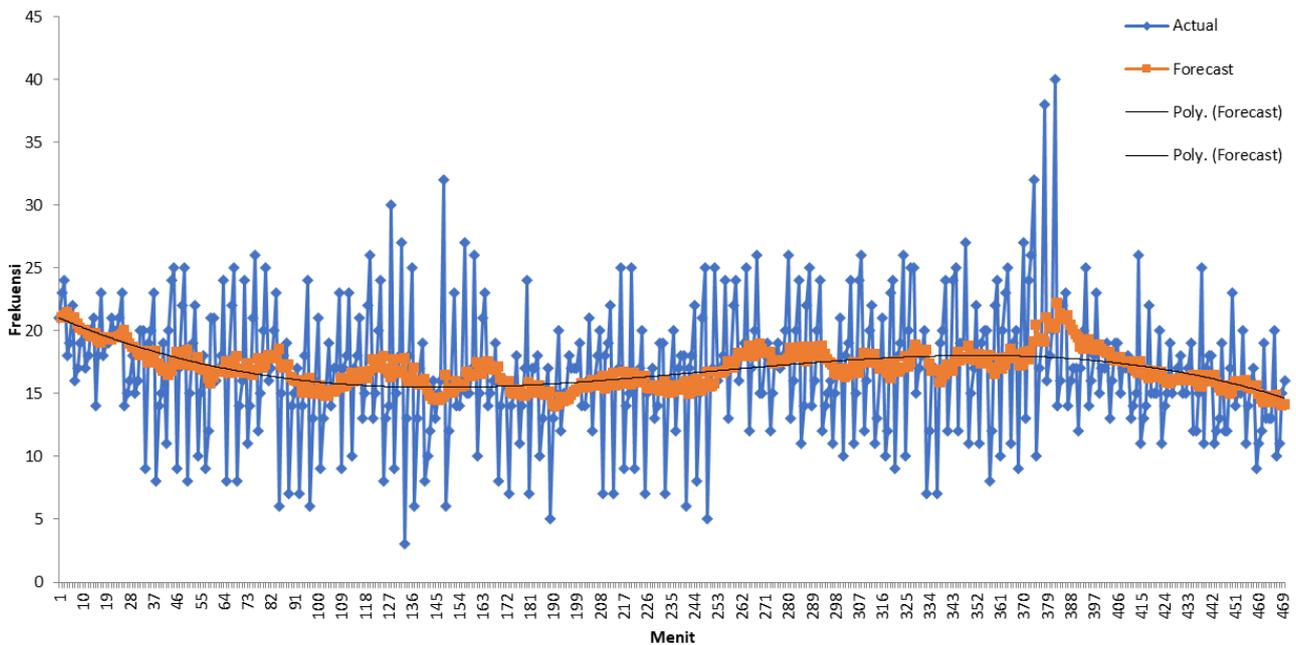
Menit	Responden	Frekuensi	Urutan Menit Baru
1	C1	16	1
	D1	21	2
	B1	23	3
	A1	24	4
2	C2	18	5
	D2	19	6
	B2	22	7

**E. Menentukan Distribusi Data**

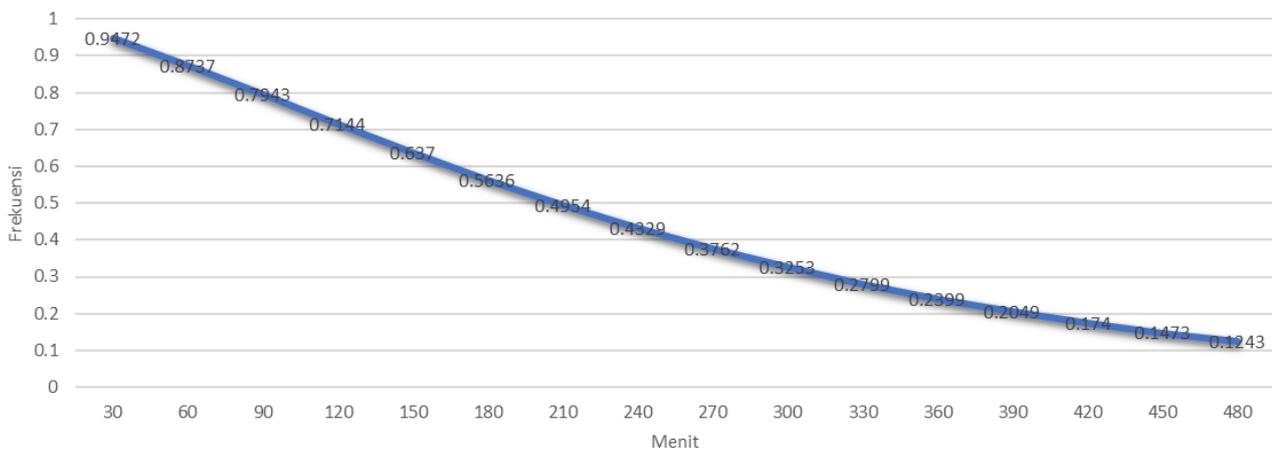
Hasil dari *fitting* distribusi menggunakan *software* Arena menunjukkan data frekuensi kedipan mata responden memiliki distribusi Weibull dengan *sequence error* senilai 0,002331 yang merupakan angka terkecil dibandingkan dengan jenis distribusi lainnya.

**F. Menghitung Keandalan**

*Software* Weibull++ digunakan untuk menentukan *shape parameter* dan *scale parameter* pada data gabungan frekuensi kedipan mata yang berdistribusi Weibull. Perhitungan dilakukan dengan memasukkan waktu-waktu terjadinya eror selama responden berkendara, yakni ketika responden terindikasi mengantuk dengan acuan kedipan mata melebihi 24 kali dalam satu menit. Hasil perhitungan Weibull++ menunjukkan *shape parameter* ( $\eta$ ) sebesar 274,674 dan *scale parameter* ( $\beta$ ) sebesar 1,3161. Parameter ini kemudian yang akan digunakan dalam perhitungan manual secara matematis dengan rumus seperti pada Persamaan 1.



Gambar 4. Grafik frekuensi kedipan mata gabungan



Gambar 5 Grafik nilai Keandalan Responden Selama Delapan Jam Berkendara Menunjukkan Penurunan Secara Konstan.

$$f(t) = \frac{b \cdot t^{b-1}}{\beta^b} e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^b}, \quad t \geq 0, b > 0, \beta > 0 \quad (1)$$

Dimana:

b = shape parameter.

$\beta$  = scale parameter.

t = waktu

Kemudian, keandalan pengendara dapat dihitung dengan persamaan di bawah.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^b} \quad (2)$$

Hasil perhitungan keandalan responden setiap 30 menit perjalanan bisa dilihat pada Table 3.

#### IV. ANALISIS DAN DISKUSI

##### A. Analisis Keandalan Pengendara

Keandalan adalah peluang berhasilnya suatu pekerjaan dilakukan dengan sukses. Pada kasus keandalan pengendara, keandalan adalah peluang pengendara berkendara dengan selamat sampai tujuan. Maka pada penelitian ini ambang

batas yang ingin diketahui adalah ketika keandalan pengendara mencapai 0,5.

Table 3.  
Hasil Perhitungan Keandalan Responden Setiap 30 Menit

Menit	Reliability	Penurunan
30	0,9472	-
60	0,8737	8%
90	0,7943	9%
120	0,7144	10%
150	0,637	11%
180	0,5636	12%
210	0,4954	12%
240	0,4329	13%
270	0,3762	13%
300	0,3253	14%
330	0,2799	14%
360	0,2399	14%
390	0,2049	15%
420	0,174	15%
450	0,1473	15%
480	0,1243	16%

Hasil dari perhitungan keandalan responden, angka keandalan di bawah 0,5 terjadi pada rentang menit 180 hingga 210, atau dengan kata lain setelah berkendara selama tiga jam hingga tiga jam 30 menit. Untuk mengetahui waktu pasti

ketika pengendara mengalami keadaan keandalan menyentuh angka 0,5 maka selanjutnya dilakukan perhitungan interpolasi.

$$X = Y_1 + \frac{(X - X_1)}{(X_2 - X_1)} (Y_2 - Y_1) \tag{3}$$

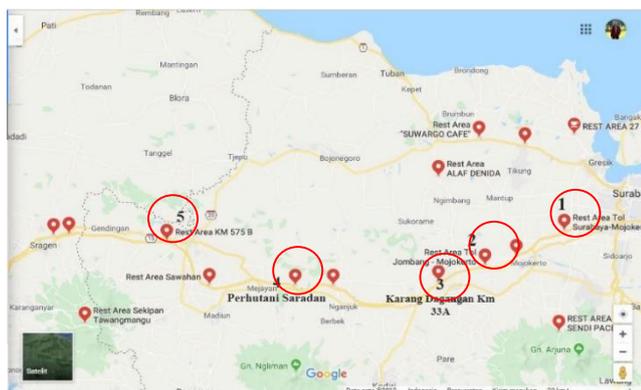
Table 4

Hasil Interpolasi untuk Mengetahui Waktu Tempuh yang Dilalui untuk Mencapai Keandalan 0,6; 0,7; 0,8; dan 0,9.

Keandalan	Menit
0,5	208
0,6	165
0,7	125
0,8	88
0,9	49

**B. Analisis Penempatan Rest area**

Pada subbab sebelumnya sudah diketahui bahwa pengendara akan mencapai kondisi keandalan 0,5 ketika sudah berkendara selama tiga jam lebih 28 menit. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan akibat pengendara yang lelah atau mengantuk, maka pengendara harus beristirahat ketika mulai merasa tidak cukup andal untuk melanjutkan perjalanan. Untuk itu dengan objek amatan tol Trans Jawa khususnya area Surabaya-Surakarta, maka perlu dilakukan tinjauan letak *rest area* yang harus dikunjungi guna beristirahat dengan mempertimbangkan estimasi pengendara sudah tidak andal untuk melanjutkan perjalanan ketika nilai keandalannya kurang dari atau sama dengan 0,5.



Gambar 6. Peta lokasi *rest area* jalan tol Surabaya-Sragen.

Sepanjang jalan tol dari Surabaya yang dimulai dari gerbang tol Warugunung sampai dengan Surakarta yang berakhir di gerbang Seragen, terdapat setidaknya lima titik *rest area*, yakni di KM 726B tol Surabaya-Mojokerto, tol Jombang-Mojokerto, Karang Dagangan Km 33A, Perhutani Saradan, serta di KM 575B Ngawi. Table 5 di bawah ini menunjukkan jarak tiap titik dalam kilometer. Setiap *rest area* yang terdapat pada ruas jalan tol ini bersebarangan sehingga jarak antar *rest area* dari Surabaya-Surakarta sama dengan jarak antar *rest area* Surakarta-Surabaya.

Jarak yang akan ditempuh apabila seseorang berkendara selama tiga jam adalah 300 km. Dikarenakan jarak gerbang tol Surabaya di Warugunung sampai gerbang keluar di Sragen hanya berjarak 213 km, maka dengan asumsi laju kendaraan 100 km/jam, estimasi waktu tempuh hanya berlangsung selama dua jam 15 menit. Apabila kondisi ideal keandalan adalah di atas 0,5, maka kondisi pengendara untuk dapat mencapai gerbang keluar tol akan terbilang aman.

Namun untuk mengantisipasi, ada baiknya pengendara melakukan istirahat di *rest area* KM 575 B. Secara perhitungan keandalan, apabila pengendara melakukan perjalanan selama dua jam 15 menit maka keandalannya berada pada angka 0,7 dengan potensi penurunan sebesar 11% setelah berkendara 30 menit setelahnya. Dengan risiko tersebut maka beristirahat di *rest area* KM 575 B akan sangat direkomendasikan, mengingat jarak antara KM 575 B dan gerbang keluar Sragen sejauh 49 kilometer, dan untuk mencapai kota Solo dari gerbang keluar Sragen membutuhkan perjalanan kurang lebih 30 menit.

**C. Analisis Waktu Drowsiness Pengendara**

Dari pola frekuensi kedipan mata empat kali pengamatan, dapat disimpulkan bahwa fase-fase awal memasuki jalan tol cenderung membuat pengemudi lebih cepat mengantuk. Faktor transisi kondisi jalanan yang dihadapi pengemudi, dimana sebelum memasuki ruas jalan tol keadaan jalanan kota cenderung lebih padat dan kemudian memasuki ruas jalan tol yang cenderung lengang, memiliki peranan dalam menimbulkan rasa kantuk. Hal ini sesuai dengan penelitian [20] yang menunjukkan kondisi jalan yang lengang dapat membuat pengendara lebih cepat merasakan kantuk.

Table 5.

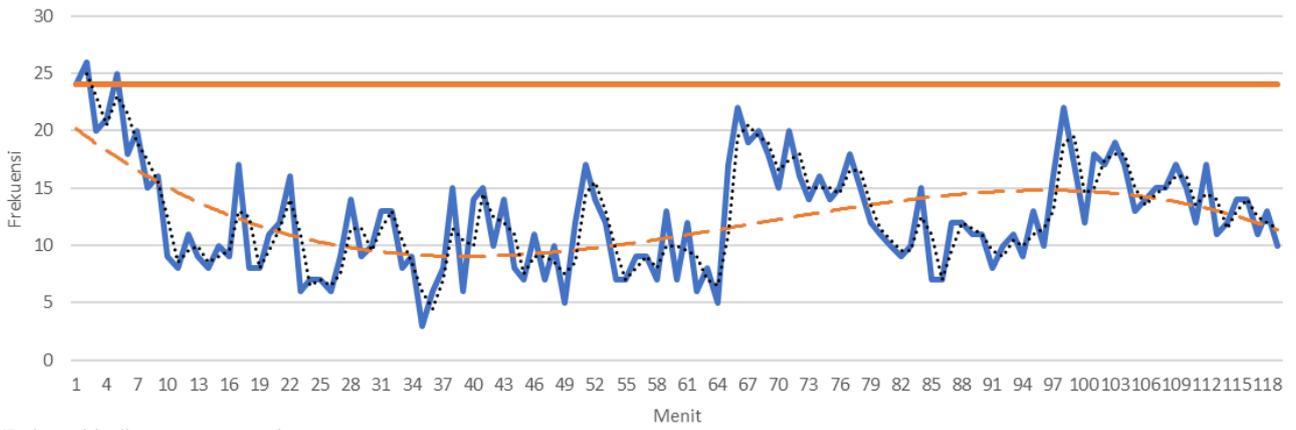
Jarak Antar Gerbang Tol dan *Rest Area* dalam Kilometer

	Waru	KM 726 B	Jo-Mo	KD KM 33A	Saradan	KM 575 B	Sragen
Waru		15	46	62,5	114	165	213
KM 726 B	15		31	47,5	99	150	198
Jo-Mo	46	31		16,5	68	119	167
KD KM 33A	62,5	47,5	16,5		51,5	102,5	150,5
Saradan	114	99	68	51,5		51	99
KM 575 B	165	150	119	102,5	51		48
Sragen	213	198	167	150,5	99	48	

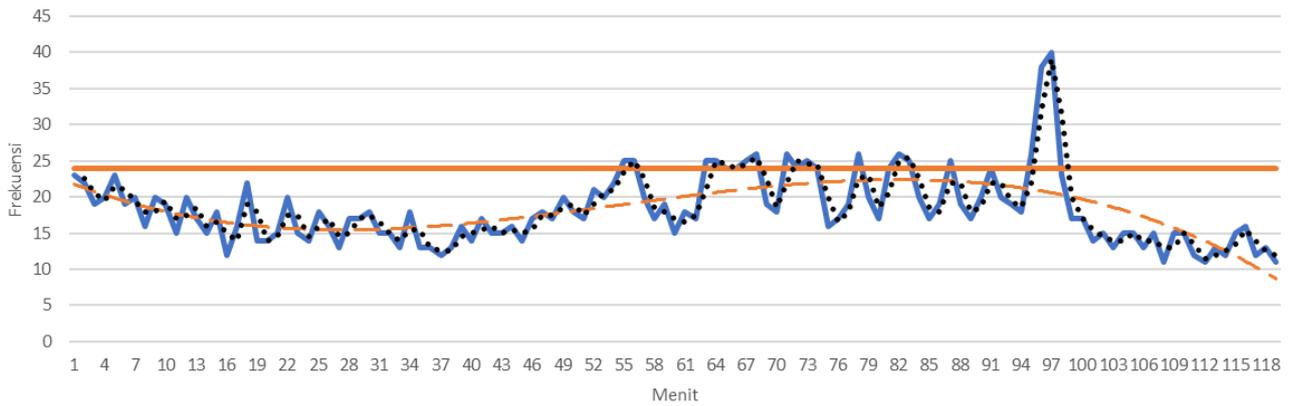
Table 6.

Jarak Tempuh Antar Gerbang Tol dan *Rest Area* dalam Menit dengan Estimasi Laju Kendaraan 100 km/jam

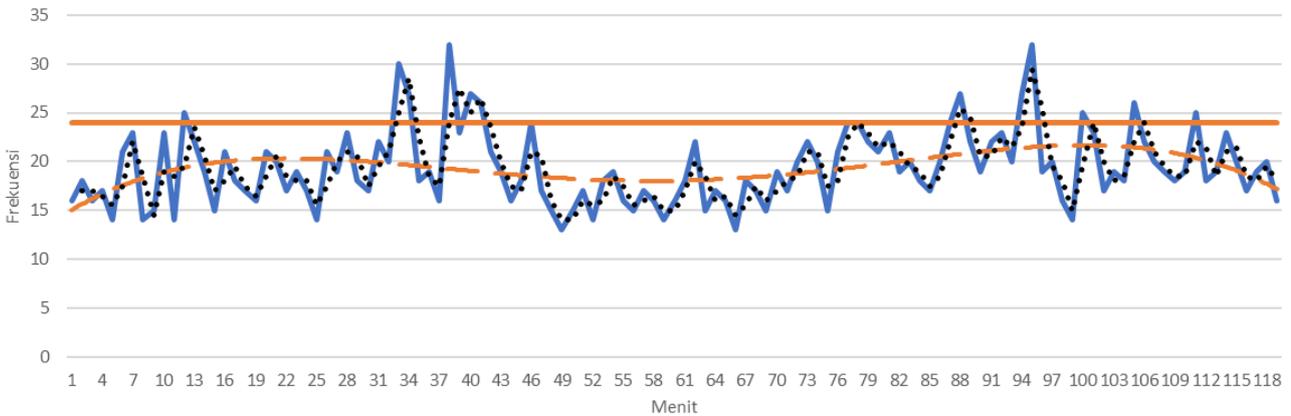
	Waru	KM 726 B	Jo-Mo	KD KM 33A	Saradan	KM 575 B	Sragen
Waru		9	27,6	37,5	68,4	99	127,8
KM 726 B	9		18,6	28,5	59,4	90	118,8
Jo-Mo	27,6	18,6		9,9	40,8	71,4	100,2
KD KM 33A	37,5	28,5	9,9		51,5	61,5	90,3
Saradan	68,4	59,4	40,8	30,9		30,6	59,4
KM 575 B	99	90	71,4	61,5	30,6		28,8
Sragen	127,8	118,8	100,2	90,3	59,4	28,8	



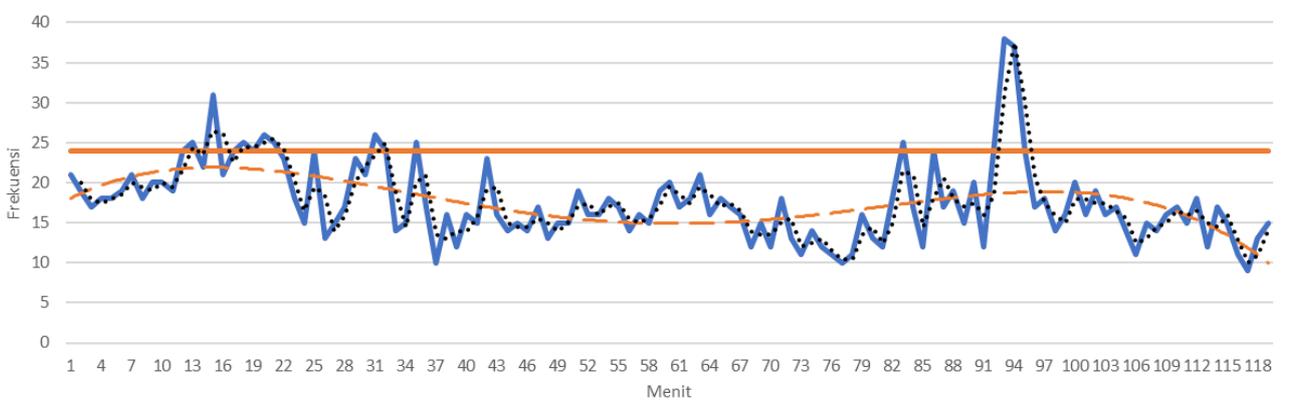
(a) Frekuensi kedipan mata responden satu pengamatan pertama.



(b) Frekuensi kedipan mata responden satu pengamatan kedua.



(c) Frekuensi kedipan mata responden dua.

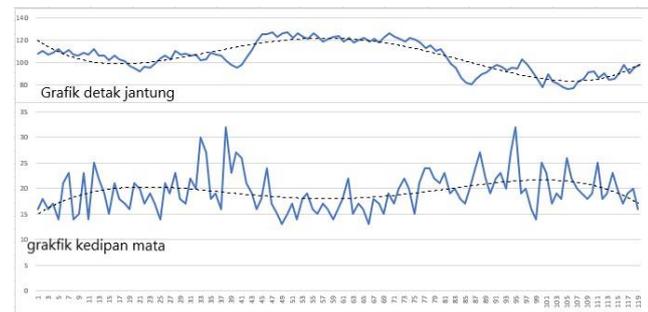


(d) Frekuensi kedipan mata responden tiga.

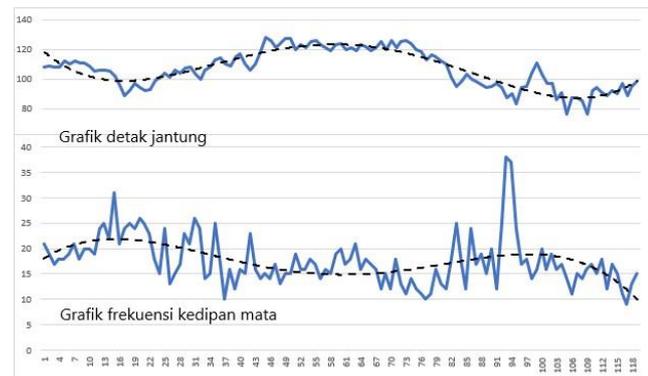
Gambar 7 Frekuensi kedipan mata terhadap ambang batas 24 kedipan mata sebagai gejala *drowsiness*. Gejala *drowsiness* akan muncul pada 10-30 menit pertama serta setelah mengemudi selama 90 menit.

Dari keempat pengamatan tersebut juga dapat disimpulkan *drowsiness* mulai kembali muncul setelah mengemudi lebih dari satu jam, dengan puncaknya saat memasuki waktu satu jam 30 menit. Untuk itu ketika telah mengemudi lebih dari satu jam, ada baiknya pengemudi mulai mengambil tindakan untuk mencegah semakin buruknya rasa kantuk yang dialami, seperti mengonsumsi kafein atau berhenti di *rest area* terdekat. Namun jika lokasi *rest area* terdekat masih jauh, bisa melakukan tindakan jangka pendek dengan membuka jendela untuk menghirup udara segar, atau mengunyah permen karet guna memberikan aktivitas pada otot rahang. Selain itu memutar musik dengan lebih keras juga mampu menjadi langkah jangka pendek yang efektif untuk menanggulangi *drowsiness* yang muncul saat berkendara [14].

D. Analisis Hubungan Detak Jantung dan Drowsiness



(a) Perbandingan grafik kedipan mata dan detak jantung responden dua



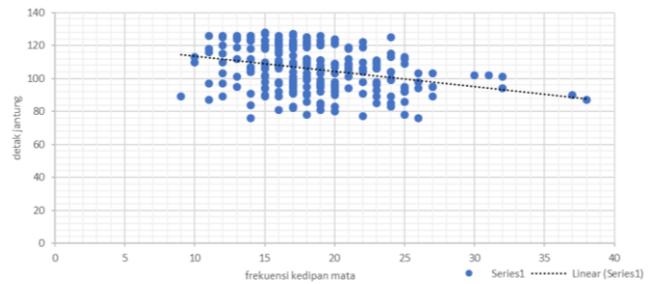
(b) Perbandingan grafik kedipan mata dan detak jantung responden tiga

Gambar 8. Hasil trendline dari grafik detak jantung dan frekuensi kedipan mata menunjukkan kedua jenis data tersebut memiliki hubungan yang berbanding terbalik.

Dilihat dari perbandingan grafik detak jantung dan frekuensi kedipan mata yang telah ditambahkan *trendline*, kedua jenis data tersebut memiliki pola yang berlawanan. Hubungan antara frekuensi kedipan mata dan detak jantung kemudian diuji secara statistik menggunakan uji korelasi dengan SPSS 17. Sebelumnya data frekuensi kedipan mata responden 2 dan responden 3 digabungkan terlebih dahulu. Hasil uji korelasi antara frekuensi kedipan mata dan detak jantung menunjukkan angka signifikansi di bawah 0,05, tepatnya 0,000 yang berarti menunjukkan kedua data ini memiliki hubungan korelasi. Kemudian hasil *pearson correlation* menunjukkan angka negatif, yakni -0,316. Angka tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara frekuensi kedipan mata dan detak jantung berbanding terbalik.

Selanjutnya dilakukan uji *pearson* dengan menggunakan *scatter diagram* untuk melihat plot dari uji korelasi antara frekuensi kedipan mata dan detak jantung responden. Hasilnya seperti yang tertera pada Gambar 9, garis *trendline* pada grafik tersebut mengarah ke arah kiri yang berarti kedua

jenis data tersebut memiliki hubungan yang negatif. Markers/plot berwarna biru yang merujuk pada frekuensi kedipan mata dan detak jantung tersebar sedikit melebar yang menunjukkan hubungan keduanya sebenarnya tidak terlalu kuat.



Gambar 9. Hasil uji *pearson* dengan menggunakan *scatter diagram* untuk melihat plot uji korelasi. *Trend line* mengarah ke arah kiri menunjukkan kedua jenis data memiliki hubungan berbanding terbalik.

Penelitian ini menunjukkan pola detak jantung akan meningkat atau lebih tinggi seiring dengan hilangnya indikasi *drowsiness* yakni dengan ditandai dengan frekuensi kedipan mata yang normal, dan cenderung rendah atau menurun saat indikasi *drowsiness* muncul atau ketika frekuensi kedipan mata tinggi. Pola ini sesuai dengan penelitian [14] yang menunjukkan detak jantung akan cenderung menurun/rendah seiring dengan munculnya *drowsiness* pada saat berkendara. Namun pada dua sampel ini detak jantung memang cenderung tinggi dengan nilai terendah yang tercatat saja mencapai 80 bpm. Hal ini bisa dipengaruhi beberapa hal, seperti kegiatan yang dilakukan responden sebelum mulai berkendara, maupun faktor kedua responden tersebut beberapa kali merokok selama perjalanan.

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan keandalan pengendara mobil di jalan tol mengalami penurunan secara konstan selama delapan jam berkendara. Selain itu detak jantung memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan frekuensi kedipan mata, dimana detak jantung cenderung lemah ketika indikasi *drowsiness* berupa frekuensi kedipan mata yang tinggi terjadi.

*Drowsiness* akan mulai dirasakan pengendara mobil setelah 30 menit berkendara di jalan tol. Kondisi pengendara akan cenderung membaik lalu kemudian kembali merasakan gejala *drowsiness* setelah berkendara selama satu jam 30 menit. Sebagai langkah preventif pengendara harus mengambil tindakan preventif seperti mengunyah permen karet, memutar musik dengan keras, atau mengonsumsi kafein setelah setidaknya 30 menit setelah berkendara agar terhindar dari kecelakaan akibat mengalami *drowsiness*, atau berinisiatif berhenti di *rest area*.

Pengendara mobil dari gerbang tol Surabaya menuju gerbang Sragen memiliki keandalan 0,7 apabila terus berkendara tanpa berhenti di *rest area*. Dengan penempatan lima *rest area* seperti saat ini, pengendara ada baiknya berhenti di *rest area* KM 575 B sebagai *rest area* terakhir sebelum sampai di gerbang keluar di Sragen sebagai langkah preventif terhadap gejala *drwosiness* yang muncul.

DAFTAR PUSTAKA

[1] World Health Organization (WHO), "Global Status Report on Road Safety 2018," 2018.  
 [2] Badan Pusat Statistik (BPS), "Jumlah Kecelakaan, Korban Mati, Luka Berat, Luka Ringan, dan Kerugian Materi yang Diderita

- Tahun 1992-2017,” *Badan Pusat Statistik (BPS)*, 2017. .
- [3] H. Nabi, A. Guéguen, M. Chiron, S. Lafont, M. Zins, and E. Lagarde, “Awareness of driving while sleepy and road traffic accidents: Prospective study in GAZEL cohort,” *Br. Med. J.*, vol. 333, no. 7558, pp. 75–77, 2006.
- [4] H. Patmadjaja, “Mencari penyebab kecelakaan di jalan tol Surabaya-Gempol dengan analisa frekuensi dan crosstabulation,” *Civ. Eng. Dimens.*, vol. 1, no. 2, pp. 81–91, 1999.
- [5] M. Philippart, “Human reliability analysis methods and tools,” in *Space Safety and Human Performance*, Elsevier, 2018, pp. 501–568.
- [6] B. Kirwan, *A Guide to Practical Human Reliability Assessment*. London, United Kingdom: Taylor & Francis, 1994.
- [7] “Drowsiness | definition of drowsiness by Medical dictionary.” [Online]. Available: <https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/drowsiness>. [Accessed: 24-Jul-2019].
- [8] T. Åkerstedt and M. Gillberg, “Subjective and objective sleepiness in the active individual,” *Int. J. Neurosci.*, vol. 52, no. 1–2, pp. 29–37, 1990.
- [9] A. Benoit and A. Caplier, “Hypovigilance analysis: Open or closed eye or mouth? Blinking or yawning frequency?,” in *IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance - Proceedings of AVSS 2005*, 2005, vol. 2005, pp. 207–212.
- [10] J. Chen and Q. Ji, “Drowsy driver posture, facial, and eye monitoring methods,” in *Handbook of Intelligent Vehicles*, vol. 2–2, A. Eskandarian, Ed. Washington DC, USA: Springer London, 2012, pp. 914–940.
- [11] P. P. Caffier, U. Erdmann, and P. Ullsperger, “Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure,” *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol. 89, no. 3–4, pp. 319–325, 2003.
- [12] M. Mahachandra, I. Z. Sitalaksana, and K. Suryadi, “Sleepiness pattern of Indonesian professional driver based on subjective scale and eye closure activity,” *Int. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 11, no. 6, pp. 87–96, 2011.
- [13] G. Borghini, L. Astolfi, G. Vecchiato, D. Mattia, and F. Babiloni, “Measuring neurophysiological signals in aircraft pilots and car drivers for the assessment of mental workload, fatigue and drowsiness,” *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 44. Elsevier Ltd, pp. 58–75, 2014.
- [14] J. E. Meseguer, C. T. Calafate, and J. C. Cano, “On the correlation between heart rate and driving style in real driving scenarios,” *Mob. Networks Appl.*, vol. 23, no. 1, pp. 128–135, 2018.